



**UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**



FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**Generación de Energía Eléctrica mediante un
Biodigestor, en la Granja Porcícola “Elsy” en
Huandacareo, Michoacán.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTA:
Alfredo Manríquez Díaz**

**ASESOR:
Ing. Víctor Quintero Rojas**

Morelia, Michoacán; Abril 2013

Agradecimientos

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud, paciencia y perseverancia para lograr mis objetivos a lo largo de mis estudios.

A mis padres, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final, porque tenemos una manera de repente rara de hacernos sentir que nos queremos pero sin embargo sabemos que nuestra familia es lo más importante que tenemos, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí y mis hermanos, los quiero mucho.

A mis familiares, mi hermano mayor Daniel, porque a pesar de nuestras muchas diferencias eh aprendido mucho de él y creo que lo seguiré haciendo por mucho tiempo más, a mi hermana Anel porque desde pequeño me haz cuidado, te tengo una confianza muy grande y también una admiración por la mujer que eres y por la mujer que estas formando, a mi hermana Dinorah creo que eres la que más me conoce y con la que eh compartido más experiencias gracias por todo lo que has hecho por mí, por esas desveladas platicando hasta que alguno de los dos cae de sueño o le duele el estómago de risa, a mi hermana Anahi, a ti te ha tocado la parte difícil de aguantarme en mis momentos de enfadoso, gracias sé que no ha sido tarea fácil y lo siento porque todavía te falta aguantarme muchos años más, eso espero. Gracias a todos sé que no somos los más cariñosos y que siempre andamos con nuestras diferencias pero sé que siempre estaremos apoyándonos y seguiremos unidos sin importar lo que suceda.

A mis abuelos porque eh tenido la fortuna de conocerlos y compartir de sus experiencias y aprender de esos valores que tiene la gente trabajadora y honesta, a mis Abuelas les agradezco su cariño y esa forma tan rica de cocinar.

A mi tía Ángeles por el apoyo que me has a lo largo de mi vida, a pesar de no encontrarte cerca geográficamente.

A Graciela Martínez (QEPD), tal vez nunca te lo dije pero me ayudaste a tomar la decisión de ingresar a la carrera de Ingeniería Eléctrica. Te extraño Chela.

A Mis amigos, porque en todo este viaje hemos estado apoyándonos en nuestra formación profesional y personal, porque bien dicen que los amigos son la familia que uno escoge y

puedo decir que eso son para mí, Rodrigo, Manuel, Ramón, Nicandro, Edgar, Enrique, Sergio, Daniel, Julio Cesar, Paulo Cesar, Hugo, Paque, Yadira, Ana, Paulina, Dimas, Iván, Eric, Felipe, Jesús, Julio (Flys), Armando (Doc) gracias por todo.

A todos los maestros que eh tenido la fortuna de aprender de ellos, gracias por sus conocimientos y su paciencia, de manera especial al Ing. Víctor Quintero Rojas gracias por su apoyo en la realización de esta tesis, y a todos mis profesores y profesoras durante toda mi carrera muchas gracias, porque marcaron cada etapa de mi camino universitario.

RESUMEN

Las sucesivas crisis de las fuentes de energía tradicionales, por escasas, contaminación del medio ambiente, han servido de estímulo para el desarrollo de nuevas fuentes de generación para la energía eléctrica.

Los procedimientos para generar energía eléctrica en su mayoría es utilizando combustibles fósiles, los cuales en la actualidad están experimentando escasez, deterioro y múltiples interacciones negativas con el medio ambiente, por lo que hoy en día se han elevando los costos de producción de energía eléctrica que afectan asimismo al usuario final.

Con el presente trabajo se pretende determinar la viabilidad técnica y económica de la generación de electricidad por medio de biogás. Además se busca establecer la relación costo beneficio de dicho proceso y las bondades y limitaciones de este tipo de generación.

Para lograr este objetivo realice un análisis deductivo donde se parte de lo general a lo particular, utilice técnicas de análisis y obtuve elementos en las pruebas de campo para el estudio del proyecto.

Para determinar la viabilidad técnica y económica se tomó como caso de estudio la granja “ELSY” ubicada en Huandacareo, Michoacán. Esta granja se dedica principalmente al engorde de cerdos y ganado de doble propósito y el proyecto al cual nos enfocamos es a la instalación de dos biodigestores y un grupo electrógeno de 30 KW.

El resultado del análisis económico y técnico, es basado en la posibilidad de la instalación de un grupo electrógeno en este tipo de granjas para generar energía eléctrica a partir del biogás producido de los desechos orgánicos de su población animal, con el fin abastecer a los distintos equipos eléctricos y tener un ahorro energético y por ende económico al no necesitar energía suministrada por CFE e incluso llegar a tener un cambio en la tarifa eléctrica con la que se cuenta.

Contenido

Agradecimientos.....	ii
Resumen.....	iv
Contenido.....	v
Lista de Figuras.....	ix
Lista de Tablas.....	x
Lista de Símbolos y Abreviaturas.....	xi
Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Situación Energética del Sector Involucrado.....	4
1.2.1 Medio Físico de Huandacareo.....	5
1.2.2 Actividad Económica.....	7
1.2.3 Granja Porcícola “Elsy”.....	8

1.3 Metodología de Trabajo.....	10
1.4 Objetivo.....	10
1.5 Justificación.....	10
 Capítulo 2. Biocombustible.....	11
2.1 Estiércol Líquido y Co-substratos.....	11
2.2 Biogás.....	13
2.2.1 Características del Biogás.....	15
2.2.2 Componentes presentes en el biogás y sus efectos.....	16
2.3 Acondicionamiento del Biogás.....	17
2.3.1 Secado y Drenaje.....	17
2.3.2 Eliminación de CO ₂ (Dióxido de Carbono).....	18
2.3.3 Eliminación de H ₂ S (Ácido Sulphídrico).....	18
2.4 Biodigestores.....	19
2.4.1 Biodigestor de domo flotante (India).....	20
2.4.2 Biodigestor de domo fijo (China).....	20
2.4.3 Biodigestor con cúpula de polietileno.....	21
2.4.4 Instalaciones Industriales de Biodigestión.....	22
2.5 Ventajas y Desventajas de un Biodigestor.....	23
2.5.1 Ventajas.....	23
2.5.2 Desventajas.....	24

Capítulo 3. Método de Generación.....	25
3.1 Parámetros en la producción del Biogás.....	26
3.1.1 Temperatura.....	26
3.2 Diseño del Biodigestor.....	27
3.2.1 Datos sobre la producción de metano durante las Etapas de crecimiento porcino.....	28
3.3 Generación de Electricidad.....	30
3.3.1 Plantas de Generación Eléctrica a partir de Biogás.....	30
3.3.2 Motores a Gas.....	30
3.3.3 Motores a Diesel.....	31
3.3.4 Grupos Electrógénos.....	31
3.4 Carga Instalada.....	33
3.5 Características Eléctricas del Grupo Electrógénico del Proyecto.....	37
3.5.1 Medidor de Biogás.....	42
 Capítulo 4. Factibilidad.....	 43
4.1 Criterio de Selección del tamaño del proyecto.....	43
4.2 Costos del Proyecto.....	44
4.2.1 Costo del Grupo Electrógénico.....	44
4.2.2 Costo del Biodigestor.....	44
4.2.3 Acondicionamiento de la Granja.....	45
4.3 Ahorro Energético y Recuperación de la Inversión.....	45

4.4 Bonos de Carbono.....	47
4.5 Apoyos Gubernamentales.....	48
4.6 Abonos Orgánicos.....	48
 Capítulo 5. Conclusiones y Proyectos Futuros.....	 49
5.1 Conclusiones.....	49
 Apéndices	
A. Alternativas Selección del Grupo Electrógeno.....	51
B. Apoyos de la SAGARPA y FIRCO.....	54
 Fuentes de Información.....	 61

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

- 1.1 Esquema de un Biodigestor. (pág. 3)
- 1.2 Esquema Simple de un Biodigestor. (pág. 4)
- 1.3 Localización Geográfica del Municipio de Huandacareo. (pág. 6)
- 1.4 Panorámica de Huandacareo. (pág. 6)
- 1.5 Lechones. (pág. 8)
- 1.6 Cerdos de Engorda. (pág. 8)
- 1.7 Vientres. (pág. 8)
- 1.8 Corral de Cerdos. (pág. 8)
- 1.9 Parcela de Alfalfa. (pág. 9)
- 1.10 Parcela de Maíz. (pág. 9)
- 1.11 Parcela de Sorgo. (pág. 9)

Capítulo 2

- 2.1 Alternativas de 1 m³ de Biogás. (pág. 14)
- 2.2 Trampa de Agua. (pág. 17)
- 2.3 Filtro de viruta de Hierro. (pág. 18)
- 2.4 Modelo de un Biodigestor de Domo Flotante. (pág. 20)
- 2.5 Modelo de un Biodigestor de Domo Fijo. (pág. 21)
- 2.6 Biodigestor con Cúpula de Polietileno. (pág. 21)
- 2.7 Planta Industrial de Biogás. (pág. 22)

Capítulo 3

- 3.1 Software para calcular la producción de biogás y dimensiones del biodigestor. (pág. 27)
- 3.2 Grupo Electrógeno. (pág. 32)
- 3.3 Medidor de Biogás. (pág. 42)

LISTA DE TABLAS

Capítulo 1

- 1.1 Población Porcina en Granjas del Municipio
- 1.2 Temperaturas Anuales Promedio del Municipio de Huandacareo

Capítulo 2

- 2.1 Producción Potencial de Biogás por Animal
- 2.2 Producción Potencial de Metano por Especie
- 2.3 Propiedades de una Composición Estándar de Biogás
- 2.4 Características del Metano
- 2.5 Nivel de Distribución del Biogás
- 2.6 Componentes del Biogás y sus Efectos

Capítulo 3

- 3.1 Tiempos Recomendados de Retención
- 3.2 Pesos Promedio por Etapa
- 3.3 Producción de estiércol y biogás al día de acuerdo a la etapa de vida del cerdo
- 3.4 Producción de Biogás de la Granja
- 3.5 Equipos Instalados
- 3.6 Kilowatts-hora al día de los equipos
- 3.7 Horario de Equipos
- 3.8 Detalles Técnicos del Grupo Electrónico
- 3.9 Abastecimiento de Biogás por Horas de Uso del Grupo Electrónico
- 3.10 Equivalencia de un m³ de biogás comparado con otros combustibles
- 3.11 Generación Eléctrica del Grupo Electrónico

Capítulo 4

- 4.1 Precios del Grupo Electrónico e Instalación
- 4.2 Precio Incluyendo Instalación
- 4.3 Precios de la Tarifa 9M
- 4.4 Costos Totales
- 4.5 Consumo en Kw/h y Costo

LISTA DE SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

FEM	Fuerza Electro Motriz
FAE	Fuentes Alternativas de Energía
UAE	Unidad Animal Equivalente
DQO	Demanda Química de Oxígeno
USD	United States Dólar
GLP	Gas Licuado a Presión
PVC	Poli cloruro de Vinilo
CFE	Comisión Federal de Electricidad
GEI	Gases de Efecto Invernadero
CER	Certificado de Emisiones Reducidas
S.V.	Sólidos Volátiles
M/G	Motor Generador
m ³	Metro Cúbico
mm	Milímetro
cm	Centímetro
µm	Micrómetro
CH ₄	Metano
CO ₂	Dióxido de Carbono
H ₂ S	Ácido Sulfhídrico
SO ₂	Dióxido de Azufre
NH ₃	Amoniaco
Nox	Óxidos de Nitrógeno

N ₂	Nitrógeno
K	Potasio
Ca	Calcio
Mg	Magnesio
Lts.	Litros
Kg	Kilogramo
°C	Grados Centígrados
°K	Grados Kelvin
HP	Horse Power (Caballo de Fuerza)
m/s	Metros por segundo
V	Voltaje
I	Corriente
f.p.	Factor de Potencia
r.p.m.	Revoluciones por minuto
Hrs.	Horas
KW-h	Kilowatt-hora
Temp.	Temperatura
FIRCO	Fideicomiso de Riesgo Compartido
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

Capítulo 1

Introducción

Cuando hablamos de las Fuentes Alternativas de Energía (FAE), hacemos referencia aquellas fuentes de energía planteadas como alternativa a las tradicionales o clásicas, la definición de "energía alternativa" como la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Algunas Fuentes Alternativas de Energía son las siguientes.

- El viento: energía eólica.
- El calor de la Tierra: energía geotérmica.
- Los ríos y corrientes de agua dulce: energía hidráulica.
- Los mares y océanos: energía mareomotriz.
- El Sol: energía solar.
- Materia Orgánica (Biodigestores): Los contaminantes se obtienen a partir de la materia orgánica o biomasa, y se pueden utilizar directamente como combustible (madera u otra materia vegetal sólida), bien convertida en bioetanol o biogás mediante procesos de fermentación orgánica o en biodiesel y de los residuos urbanos.

En la actualidad la mayor cantidad de energía eléctrica producida a nivel mundial es mediante el uso de combustibles fósiles, sin embargo este tipo de producción está experimentando una escasez de recursos y principalmente afectando de manera irreversible el medio ambiente de la Tierra.

De ahí una de las razones por las que se buscan alternativas limpias para la generación de electricidad como las FAE que se mencionan anteriormente. [1]

Las principales ventajas del uso de FAE es la reducción de contaminantes hacia nuestro medio ambiente. El ahorro de energía es otro de los objetivos de las FAE, ya que los usuarios disminuyen la demanda de energía que alguna empresa le suministre, esto se ve reflejado en la baja del pago monetario a la empresa que presta el servicio.

La realidad rural del país crea la inquietud de aprovechar una de las principales actividades económicas de esta zona de Michoacán, la crianza para engorda de ganado porcino y el aprovechamiento de la carne. El desecho más abundante generado por los animales utilizados en esta actividad son las heces (materia fecal). Estos residuos orgánicos han tenido amplio estudio a través del tiempo para su utilización como biomasa, es decir como materia prima que permite la obtención de energía y particularmente la generación de biogás.

El biogás es un producto del metabolismo de ciertas bacterias que participan en la descomposición de tejidos orgánicos en ambiente húmedo y carente de oxígeno. A su vez, durante el proceso de descomposición, algunos compuestos orgánicos son transformados a minerales, los cuales pueden ser utilizados fácilmente como fertilizantes para los cultivos.

La producción de biogás depende, principalmente, de los materiales utilizados, de la temperatura y del tiempo de descomposición. El proceso consiste en la descomposición anaeróbica, donde se puede obtener entre otros, etanol, metanol y gas metano. Esto no ocurre en un proceso de descomposición aeróbica donde el producto final es dióxido de carbono y agua.

Lo anteriormente señalado, a pesar de ser datos generales, permite concluir cuales serían las soluciones al problema que se plantea en este proyecto.

El presente trabajo de tesis pretende diseñar un equipo que permita la obtención de biogás de manera segura, barata y confiable. En la Figura 1.1 se presenta un esquema generalizado de este tipo de planta.

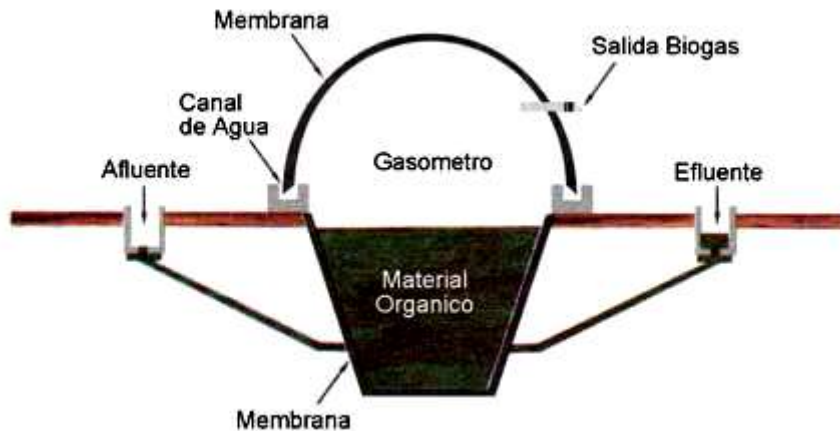


Figura 1.1 Esquema de un Biodigestor.

La obtención del biogás será orientado al suministro de energía eléctrica a una granja porcícola con el fin de hacer autosustentable en el suministro de electricidad en materia de alumbrado, alimentación a motores, bombas y servicio de molinos de dicha granja. [1]

1.1 Antecedentes

El uso de biocombustibles ha sido la base del suministro energético en épocas pasadas de la humanidad. La Biomasa está asociada al origen de la vida, esta fuente de energía que acompañó al hombre a lo largo de su historia está llamada a ser uno de los principales recursos del futuro. Hoy se vuelve a ella buscando soluciones energéticas eficientes que permitan nuevas concepciones económicas de su aprovechamiento.

Un biodigestor es un sistema sencillo (Ver Figura 1.2) de conseguir solventar la problemática energético-ambiental, así como realizar un adecuado manejo de los residuos tanto humanos como animales. En su forma simple es un contenedor (llamado reactor) el cual está herméticamente cerrado y dentro del cual se deposita material orgánico como excremento y desechos vegetales (exceptuando los cítricos ya que éstos acidifican).

Los materiales orgánicos se ponen a fermentar con cierta cantidad de agua, produciendo gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en fósforo, potasio y nitrógeno. Este sistema también puede incluir una cámara de carga y nivelación del agua residual antes del reactor, un dispositivo para captar y almacenar el biogás y cámaras de hidropresión y post tratamiento (filtro y piedras, de algas, secado, entre otros) a la salida del reactor.

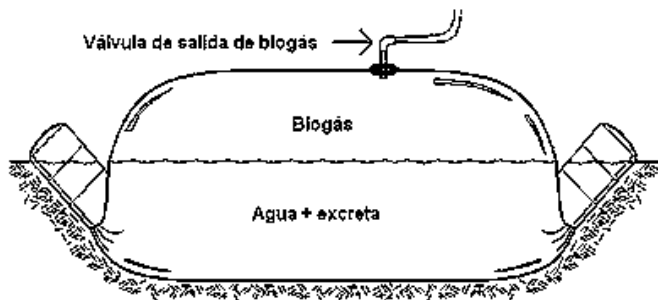


Figura 1.2 Esquema Simple de un Biodigestor

El proceso de biodigestión se da porque existe un grupo de microorganismos bacterianos anaeróbicos en los excrementos que al actuar en el material orgánico produce una mezcla de gases (con alto contenido de metano) al cuál se le llama biogás. El biogás es un excelente combustible y el resultado de este proceso genera ciertos residuos con un alto grado de concentración de nutrientes el cuál puede ser utilizado como fertilizante y puede utilizarse fresco, ya que por el tratamiento anaeróbico los malos olores son eliminados. [2]

1.2 Situación Energética del Sector Involucrado

El municipio de Huandacareo, es una zona reconocida por su producción agrícola y ganadera desde hace muchos años, de su población total un gran porcentaje se emplea en dichas actividades. Existen aproximadamente 45 granjas porcinas en la localidad, todas cuentan con cerdos en todas las etapas del ciclo de producción porcina.

Con estos antecedentes podemos hacer un rápido análisis y observar que tan factible es este tipo de proyectos en la zona y el gran potencial energético no solo en materia de generación de electricidad se trata sino en la producción de biogás para otros propósitos. (Ver Tabla 1.1)

Tabla 1.1 Población Porcina en Granjas del Municipio [3]

Nombre de la Granja	Producción Porcina por Ciclo Productivo						Total
	Sementales	Vientres	Reemplazos	Lechones	Destete	Engorda	
“La Ciénega”	23	1600	200	4,900	2,000	2,150	9,763
“Elsy”	10	460	300	900	1,200	500	3,370
“Rocío”	5	450	50	900	1,200	400	3,005
“Raya”	5	300	50	550	500	1,600	3,005
“La Lobera”	5	170	15	120	400	800	1,510
“Rosita”	6	100	40	250	600	350	1,346
“Flor de Arroyo”	3	150	12	180	300	500	1,145
“La Granjita”	5	250	50	100	200	300	905
“3 Hermanos”	2	125	30	100	150	300	707
“Vanny”	4	110	10	100	100	300	624
“Álvarez”	2	100	14	240	180	72	608
“Delia”	2	108	5	215	175	98	603
“Abasolo”	3	80	10	90	180	200	563
“La Ilusión”	2	70	4	80	140	200	496
“El Gansito”	1	30	10	30	45	60	176

1.2.1 Medio Físico de Huandacareo

- Localización

Se localiza al norte del Estado, en las coordenadas 19°59’ de latitud norte y 101°16’ de longitud oeste, a una altura de 1,840 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con el Estado de Guanajuato; al este con Cuitzeo, al sur con Chucándiro y Copándaro, y al oeste con el municipio Morelos. Su distancia a la capital del Estado es de 48 kms. (Ver Figura 1.3)



Figura 1.3 Localización Geográfica Municipio de Huandacareo.

- Extensión

Su superficie es de 95.11 Km² y representa un 0.16 por ciento del total del estado.

- Orografía

Su relieve lo constituyen la depresión de Cuitzeo; cerros el Manuna, Campanas, Coronilla, Encina y Amoles. (Ver Figura 1.4)

- Hidrografía

Su hidrografía se constituye por los arroyos el Colorado y Blanco; parte del lago de Cuitzeo y presa San Cristóbal.



Figura 1.4 Panorámica de Huandacareo

- Clima

Su clima es templado con una precipitación pluvial anual de 965.0 milímetros y temperaturas que oscilan de 10.6 a 26.1° centígrados. (Ver Tabla 1.2)

Tabla 1.2 Temperaturas Anuales Promedio del Municipio de Huandacareo [4]

Elementos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temp. Máxima													
Normal	23.6	25.5	28.0	29.4	30.1	27.6	25.1	25.2	25.0	25.1	24.9	23.6	26.1
Máxima Mensual	26.1	31.0	33.5	31.6	32.5	30.7	27.0	28.0	27.7	27.3	26.7	25.9	
Temp. Media													
Normal	14.8	16.0	18.2	20.1	21.5	20.9	19.3	19.4	19.1	18.2	17.3	15.5	18.4
Temp. Mínima													
Normal	6.0	6.4	8.3	10.9	12.9	14.2	13.4	13.5	13.2	11.2	9.6	7.4	10.6
Min. Mensual	3.0	2.9	5.1	8.4	11.6	13.1	11.8	11.9	11.4	9.0	6.9	4.5	

- Principales Ecosistemas

En el municipio predomina la vegetación de pradera, huisache, nopal, mezquite y diversos matorrales. Su fauna la conforman la ardilla, cacomiztle, coyote, liebre, conejo, armadillo, pato, tórtola, cerceta, carpa, charal y pez blanco.

- Características y Uso del Suelo

Los suelos del municipio datan de los períodos cenozoico, cuaternario, terciario y mioceno; corresponden principalmente a los del tipo chernozem. Su uso es primordialmente agrícola y en menor proporción ganadera y forestal. [3]

1.2.2 Actividad Económica

Principales Sectores, Productos y Servicios

- Agricultura: Se cultiva maíz, alfalfa, garbanzo y ajo.
- Ganadería: Se cría ganado porcino, seguido de aves de corral, ganado bovino, caprino, equino y ovino.
- Industria: Industria para fabricación de sombreros de palma y procesamiento para elaboración de alimentos balanceados.
- Turismo: Zona arqueológica en la Colonia “La Nopalera”, área de balnearios con agua termal, iglesia agustina y cruz labrada del siglo XVIII.
- Comercio: Se cuenta con plantas procesadoras de alimentación balanceada para porcinos. [3]

1.2.3 Granja Porcícola “Elsy”

La granja porcícola “Elsy” es un complejo dedicado a la cría de cerdos de engorda en todas las etapas de producción porcina (Vientres, Remplazos, Lechones, Destete, Engorda, Sementales), para su venta a nivel estatal y nacional. (Ver Figuras 1.5, 1.6, 1.7 y 1.8)



Figura 1.5 Lechones



Figura 1.6 Cerdos de engorda



Figura 1.7 Vientres



Figura 1.8 Corral de Cerdos

Otra actividad de la granja es la siembra de varios tipos de cultivos, como lo son el maíz, sorgo, alfalfa; los cuales son utilizados para su venta y una parte para el propio consumo de la granja. Gran parte de la energía eléctrica que consume la granja es debido al bombeo de agua del subsuelo, y posteriormente usada para el riego de estas parcelas. (Ver Figuras 1.9, 1.10, 1.11.)



Figura 1.9 Parcela de Alfalfa



Figura 1.10 Parcela de Maíz



Figura 1.11 Parcela de Sorgo

1.3 Metodología de Trabajo

La metodología comprende los siguientes pasos.

- 1) Definir un análisis que entregue el costo del proyecto en función del número de cabezas a utilizar como base de generación de biomasa.
- 2) Seleccionar un tamaño de plantel que justifique la elaboración del proyecto en función de un criterio económico (Importancia del periodo de recuperación de la inversión).
- 3) Definir un diseño básico de la instalación.
- 4) Definir el manejo de los desechos utilizados.
- 5) Realizar los cálculos de generación de biogás del proyecto.
- 6) Realizar los cálculos de generación energética.
- 7) Calcular los parámetros básicos de los equipos complementarios de la instalación

1.4 Objetivo

El objetivo de este trabajo de tesis es desarrollar un biodigestor con la finalidad de generar biogás a fin de poder ocupar este gas como combustible en un grupo electrógeno para la generación de electricidad, mediante la cual se pretende en primera instancia el ahorro en el consumo de energía eléctrica de la compañía suministradora, o en el mejor de los casos proporcionar un 100% de la energía que necesita la instalación cuidando los aspectos técnicos y económicos para que la instalación sea viable.

1.5 Justificación

El proyecto desarrollado en esta tesis se hace con la finalidad de sacar un provecho a algo tan simple y tan poco utilizado como lo es el excremento de los cerdos, con el propósito de generar un biocombustible que nos dé la posibilidad de generar una buena cantidad de energía eléctrica para un ahorro energético, teniendo en cuenta la factibilidad económica de una instalación de este tipo, con un proyecto como lo es un biodigestor se trata de modificar de una manera positiva todo los problemas relacionados con el cambio climático tan importante en la actualidad.

Capítulo 2

Biocombustible

En general cualquier desecho puede ser utilizado como biomasa en cuanto contenga carbohidratos, proteínas, grasas, celulosa y hemicelulosa como componentes principales [5].

Para seleccionar la biomasa se deben tener en cuenta los siguientes puntos.

- El contenido de sustancias orgánicas debe ser el apropiado para el tipo de fermentación elegido.
- El valor nutricional de la sustancia orgánica se relaciona directamente con el potencial de formación de biogás, por ende se busca que sea lo más alto posible.
- El substrato debe estar libre de agentes patógenos que puedan inhibir el proceso de fermentación.
- El contenido de sustancias perjudiciales o tóxicas debe ser controlado para permitir una tranquila evolución de la fermentación.
- Es importante que el resultado final del substrato (después de haber aprovechado la fermentación para generar biogás) sea un desecho utilizable como por ejemplo fertilizante.

2.1 Estiércol líquido y co-substratos

Como el principal substrato disponible en el sector económico involucrado se refiere a los animales de aprovechamiento (carne, engorda) se presenta una tabla con las equivalencias de excremento producido y potencial de generación de gas [5].

(Ver Tabla 2.1 y 2.2)

Tabla 2.1, Producción Potencial de Biogás por Animal [6].

			Estiércol liq. [m³/animal]			Producción de gas m³/UAE/Día
		UAE	Día	Mes	Año	
Bovinos	Vacas, Vacunos de engorda	1	0,05	1,5	18,00	0,56 – 1,5
	Vacas de producción lechera	1,2	0,055	1,65	19,80	0,56 – 1,5
	Toro de reproducción	0,7	0,023	0,69	8,28	0,56 – 1,5
	Vacunos jóvenes < 2 años	0,6	0,025	0,75	9,00	0,56 – 1,5
	Ternero de crianza < 1 año	0,2	0,008	0,24	2,88	0,56 – 1,5
	Ternero de Engorda	0,3	0,004	0,12	1,44	0,56 – 1,5
Porcinos	Porcino de Engorda	0,12	0,0045	0,135	1,62	0,6 – 1,25
	Porcina	0,34	0,0045	0,135	1,62	0,6 – 1,25
	Porcino Jóvenes (<12 Kg.)	0,01	0,0045	0,135	1,62	0,6 – 1,25
	Porcino Jóvenes (12-20 Kg.)	0,02	0,001	0,03	0,36	0,6 – 1,25
	Porcino Jóvenes (20-45 Kg.)	0,06	0,003	0,09	1,08	0,6 – 1,25
	Porcino Jóvenes (45-60 Kg.)	0,16	0,0045	0,135	1,62	0,6 – 1,25
Ovinos	Ovejas < 1 año	0,05	0,003	0,09	1,08	-
	Ovejas > 1 año	0,1	0,006	0,18	2,16	-
Equinos	Caballos < 3 años	0,7	0,023	0,69	8,28	-
	Caballos enanos	0,7	0,023	0,69	8,28	-
	Caballos > 3 años	1,1	0,033	0,99	11,88	-
Aves de Criadero	Pollo de engorda < 1200 gr.	0,0023	0.0001	0,003	0,04	3,5 – 4
	Gallina < 1200 gr.	0,0023	0.0001	0,003	0,04	3,5 – 4
	Pollo < 800 gr.	0,0016	0.0001	0,003	0,04	3,5 – 4
	Gallina < 800 gr.	0,0016	0.0001	0,003	0,04	3,5 – 4

Tabla 2.2, Producción Potencial de Metano por Especie [6].

ESPECIE	PESO VIVO	Kg/ESTIERCOL/día	1/Kg S.V.	% de CH ₄ (Metano)
Cerdos	50	4,5 - 6	340 - 550	65 - 70
Vacunos	400	25 -40	90 - 310	65
Equinos	450	12 - 16	200 - 300	65
Ovinos	45	2,5	90 - 310	63

2.2 Biogás

El biogás está constituido principalmente de Metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y una serie de impurezas que dependen del origen primario del biogás, a continuación muestro las propiedades de un tipo estándar de biogás. (Ver Tabla 2.3)

Tabla 2.3, Propiedades de una Composición Estándar de Biogás [6]

Composición	55 - 70% Metano
	30 - 45% Dióxido de Carbono
	Trazas de otros elementos
Energía Contenida	6,0 – 6,5 KWh/m ³
Equivalente en combustible	0,6 – 0,65 L petróleo/m ³ biogás
Límite de Explosión	6 – 12 % biogás en el aire
Temperatura de Ignición	650 – 750 °C (según metano contenido indicado)
Presión Crítica	7,5 – 8,9 bares
Temperatura Crítica	-82.5 °C
Densidad Normal	1,2 Kg/m ³
Olor	Huevos en mal estado
Masa Molar	16,043 Kg/kmol

A pequeña y mediana escala, el biogás ha sido utilizado en combustión directa en estufas simples en la cocción de alimentos, atenuando de esta manera la presión sobre los materiales endoenergéticos (madera, leña, carbón vegetal) y/o representando un ahorro para el agricultor por no tener que comprar gas natural comercial. Sin embargo, también puede ser utilizado para iluminación (lámparas de gas o a gasolina), para calefacción y refrigeradoras.

También el biogás puede ser utilizado como combustible para motores diésel y a gasolina, a partir de los cuales se puede producir energía eléctrica por medio de un generador. En el caso de los motores diésel, el biogás puede reemplazar hasta el 80% del diésel (la baja capacidad de ignición del biogás no permite reemplazar la totalidad del combustible en este tipo de motores que carecen de bujía para la combustión). A los motores de ciclo diésel se les agrega un mezclador de gases con un sistema de control

manteniendo el sistema de inyección convencional. De esta manera estos motores pueden funcionar con distintas proporciones de biogás diésel y pueden convertirse fácil y rápidamente de un combustible a otro lo cual los hace muy confiables. Los motores a biogás tienen amplio espectro de aplicación siendo los más usuales el bombeo de agua y el funcionamiento de ordeñadoras en el área rural. El otro uso muy generalizado y en el cual este proyecto está más enfocado es su empleo para activar generadores de electricidad.

La potencia mecánica provista por el eje del motor es aprovechada para generar electricidad a través de un generador. Simultáneamente y por medio de una serie de intercambiadores de calor ubicados en los sistemas de refrigeración (agua y aceite) del motor y en la salida de los gases de escape, se recupera la energía térmica liberada en la combustión interna.

Aunque en los motores a gasolina el biogás puede reemplazar la totalidad de la misma, en general en los proyectos a nivel agropecuario se le ha dado preferencia a los motores diésel considerando que se trata de un motor más resistente y que se encuentra con mayor frecuencia en el medio rural [6].

Alternativas de utilización de un metro cúbico de biogás. (Ver Figura 2.1)

- Poner a funcionar un refrigerador de 14 pies cúbicos por 10 horas.
- Generar 6.25 kW de electricidad.
- Generar 6 horas de luz equivalente a un bombillo de 60 watt.
- Hacer funcionar un motor de 1 HP durante 2 horas.
- Poner a funcionar un calentador térmico durante 3 horas.
- Poner a funcionar una pantalla infrarroja durante 3 horas.

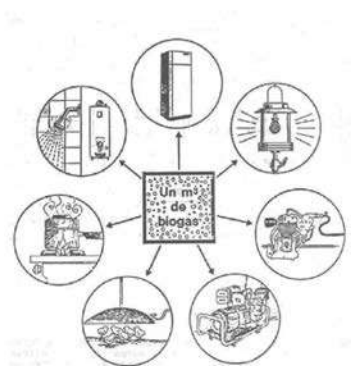


Figura 2.1 Alternativas de 1 m³ de Biogás.

2.2.1 Características del Biogás

En general el metano posee las características siguientes. (Ver Tabla 2.4)

Tabla 2.4, Características del Metano [6]

	Temperatura [°C]	Temperatura [°K]	Presión [bar.]	Densidad [Kg./L]
Punto crítico	(-82,59)	190,56	45,98	0,162
Punto de ebullición 1,013 bar.	(-161,52)	11,63	-	0,4226
Punto triple	(-182,47)	90,68	0,117	-

El gas más conocido que posee metano es el biogás, existen muchas variantes de gas natural dependiendo de su lugar de origen y se diferencian en su composición química, en su razón de elementos químicos y por ende en sus propiedades.

Internacionalmente Alemania lidera la utilización de Biogás, este procede en un 51% de Europa del Oeste (Dinamarca, Holanda, Noruega y Reino Unido) y un 31% se importa desde Rusia [6].

Características según el nivel de la tubería de distribución del biogás. (Ver Tabla 2.5)

Tabla 2.5, Nivel de Distribución del Biogás [6].

Nivel de Presión	Presión (bar.)	Diámetro de Tubería (mm.)	Flujo (m/s)
Baja Presión	< 0.03	(50 - 60)	(0.5 - 3.5)
Baja Presión	(0.03 – 0.1)	(50 - 60)	(1 - 10)
Media Presión	(0.1 - 1)	(100 - 400)	(7 - 18)
Alta Presión	(1 - 16)	(300 - 600)	< 20
Alta Presión	(40 - 120)	(400 - 1600)	< 20

2.2.2 Componentes presentes en el biogás y sus efectos

Los componentes más comunes que se encuentran presentes en el biogás son [6]:

- o Dióxido de Carbono (CO_2)
- o Ácido Sulfhídrico (H_2S)
- o Amoniac (NH_3)
- o Vapor de agua
- o Polvo
- o Nitrógeno (N_2)
- o Siloxenos

Componentes y efectos del biogás. (Ver Tabla 2.6)

Tabla 2.6, Componentes del Biogás y sus efectos [6].

Componente	Efectos	
CO_2	25 – 50 % vol.	Baja el poder calorífico
		Causa Corrosión
		Daña celdas alcalinas de combustible
H_2S	0 – 0.5 % vol.	Corrosión en equipos y piping (tuberías)
		Emisiones de SO_2 después de los quemadores
		Emisiones de H_2S en combustión imperfecta
		Inhibición de la catálisis
NH_3 (Amoniac)	0 – 0.05 % vol.	Emisión de Nox (óxidos de Nitrógeno)
		Daño en las celdas de combustibles
Vapor de Agua	1 – 5 % vol.	Corrosión en equipos y tuberías
		Daños de instrumentación por condensado
		Riesgo de congelar y bloquear tuberías y válvulas
Polvo	> 5 μm	Bloquea las boquillas y celdas de combustible
N_2 (Nitrógeno)	0 – 5 % vol.	Baja el poder calorífico
Siloxenos	0 – 50 [mg/m^3]	Actúan como abrasivos, daño en motores

2.3 Acondicionamiento del biogás

El gas tal cual sale del digestor debe ser acondicionado a fin de asegurar un permanente y buen funcionamiento de los equipos que se alimentan de él. A pesar de que alguno de estos acondicionamientos no son necesarios en todos los casos, otros como el drenaje del agua de condensación deberá realizarse siempre [5].

2.3.1 Secado y Drenaje

El biogás que sale del digestor está saturado de vapor de agua, a medida que se enfría el vapor se condensa en las cañerías y si no se lo evacua adecuadamente pueden bloquearse los conductos con agua.

Por esta razón las cañerías de distribución deben ser instaladas con una pendiente mínima del 1% hacia un recipiente denominado trampa de agua donde ésta se almacena y se extrae (Ver Figura 2.2). Existen diversos tipos de trampas de agua tanto manuales como automáticas, que son las recomendadas porque requieren de un mínimo mantenimiento [5].

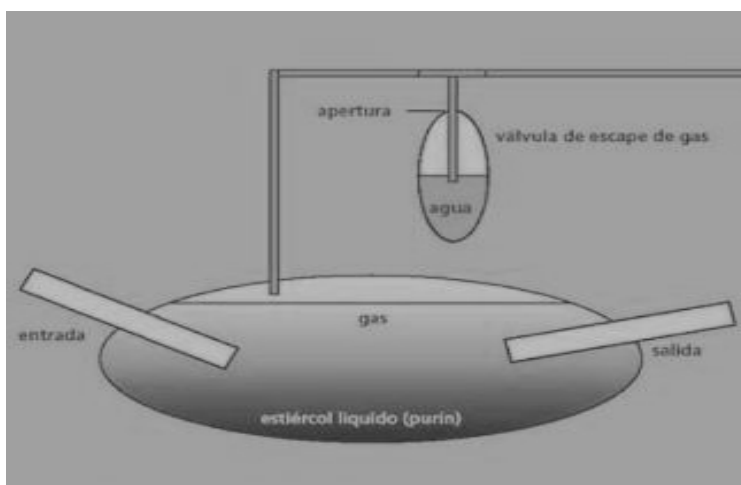


Figura 2.2 Trampa de agua

2.3.2 Eliminación del CO₂ (Dióxido de Carbono)

El dióxido de carbono no tiene ningún poder calorífico y debe ser calentado en la combustión. Su eliminación no es aconsejable salvo en los casos de almacenaje del biogás a altas presiones debido a que sería inútil gastar energía de compresión y volumen de almacenaje de alto costo en un gas que no daría ningún beneficio adicional.

Se utilizan varios sistemas entre los cuales los más difundidos son los que emplean su disolución en agua a presión y otros que usan mezclas químicas de gran complejidad [5].

2.3.3 Eliminación de H₂S (Ácido Sulphídrico)

Determinados equipos requieren que el gas a utilizar se encuentre libre de SO₂ (Óxido de Azufre), debido a que el mismo combinado con el agua da como resultado ácido sulfhídrico que corroe las partes vitales de algunas instalaciones [5].

El método más utilizado es hacer pasar el gas por un filtro que contiene hidróxido de hierro. (Ver Figura 2.3)

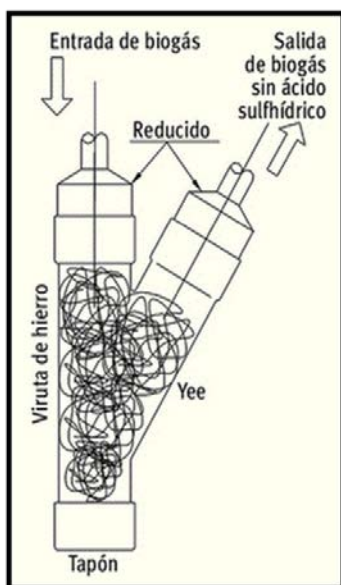


Figura 2.3 Filtro de viruta de Hierro

2.4 Biodigestores

Un digestor de desechos orgánicos o biodigestor es, en su forma más simple, un contenedor cerrado, hermético e impermeable (llamado reactor), dentro del cual se deposita el material orgánico a fermentar (excrementos de animales y humanos, desechos vegetales, etcétera) en determinada dilución de agua para que se descomponga, produciendo gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio.

Este sistema también puede incluir una cámara de carga y nivelación del agua residual antes del reactor, un dispositivo para captar y almacenar el biogás y cámaras de presión hidrostática y pos tratamiento a la salida del reactor.

Hay muchos tipos de plantas de biogás pero los más comunes son el domo flotante y el domo fijo, los cuales serán descritos a continuación. La baja aceptación de muchos de estos biodigestores ha sido principalmente debida a los costos altos, la dificultad de instalación y problemas en la consecución de las partes y repuestos [7].

Principales Biodigestores existentes:

- Biodigestor de domo flotante.
- Biodigestor de domo fijo.
- Biodigestor de estructura flexible.
- Biodigestor flotante.
- Biodigestor con tanque de almacenamiento tradicional y cúpula de polietileno.
- Biodigestores de alta velocidad o flujo inducido.
- Instalaciones industriales de biodigestión.

Por importancia y simplicidad se describirán brevemente solo algunos modelos de biodigestores.

2.4.1. Biodigestor de domo flotante (India)

Este biodigestor consiste en un tambor, originalmente hecho de acero pero después reemplazado por fibra de vidrio reforzado en plástico para superar el problema de corrosión. Normalmente se construye la pared del reactor y fondo de ladrillo, aunque a veces se usa refuerzo en hormigón. Se entrapa el gas producido bajo una tapa flotante que sube y se cae en una guía central. La presión del gas disponible normalmente varía entre 4 a 8 cm. de columna de agua. El reactor se alimenta semi-continuamente a través de una tubería de entrada [8]. (Ver Figura 2.4)

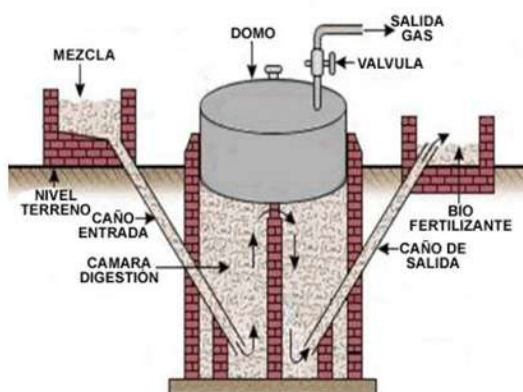


Figura 2.4 Modelo de un Biodigestor de Domo Flotante.

2.4.2. Biodigestor de domo fijo (China)

Consiste en una firme cámara de gas construida de ladrillos, piedra u hormigón. La tapa y la base son semiesferas y son unidos por lados rectos. La superficie interior es sellada por muchas capas delgadas para hacerlo firme. Hay un tapón de inspección en la cima del digestor que facilita el limpiado. Se guarda el gas producido durante la digestión bajo el domo con presiones entre 1 m y 1.5 m de columna de agua. Esto crea fuerzas estructurales bastante altas y es la razón para la forma semiesférica. Se necesitan materiales de alta calidad y recursos humanos costosos para construir este tipo de biodigestor. Más de cinco millones de biodigestores se han construido en China y ha estado funcionando correctamente pero, la tecnología no ha sido popular fuera de China [8]. (Ver Figura 2.5)

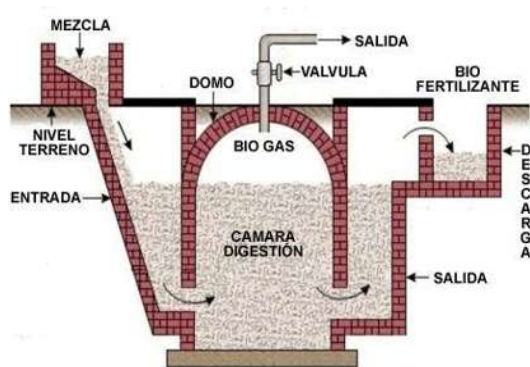


Figura 2.5 Modelo de un Biodigestor de Domo Fijo.

2.4.3. Biodigestor con cúpula de polietileno

Otro tipo de planta de producción de biogás que ha logrado disminuir los costos hasta 30% con respecto a los prototipos tradicionales, es la que se caracteriza por tener una estructura semiesférica de polietileno de película delgada en sustitución de la campana móvil y la cúpula fija y un tanque de almacenamiento de piedra y ladrillo como los empleados en los prototipos tradicionales (Ver Figura 2.6) [8].

Este tipo de instalación posee a su favor que resulta más económica que los sistemas tradicionales; por ejemplo, una instalación de 4 m³ puede costar, aproximadamente \$550 USD y la estructura de polietileno flexible puede llegar a alcanzar hasta diez años de vida útil.

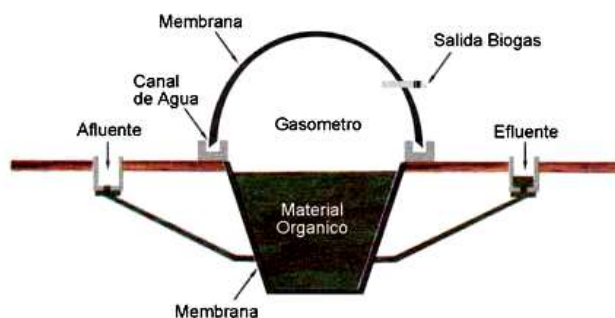


Figura 2.6 Biodigestor con Cúpula de Polietileno.

2.4.4. Instalaciones industriales de biodigestión

Las instalaciones industriales de producción de biogás emplean tanques de metal que sirven para almacenar la materia orgánica y el biogás por separado.

Este tipo de planta, debido al gran volumen de materia orgánica que necesita para garantizar la producción de biogás y la cantidad de biofertilizante que se obtiene, se diseña con grandes estanques de recolección y almacenamiento contruidos de ladrillo u hormigón (Ver Figura 2.7).



Figura 2.7 Planta Industrial de Biogás

Con el objetivo de lograr su mejor funcionamiento se usan sistemas de bombeo para mover el material orgánico de los estanques de recolección hacia los biodigestores y el biofertilizante de los digestores hacia los tanques de almacenamiento. También se utilizan sistemas de compresión en los tanques de almacenamiento de biogás con el objetivo de lograr que éste llegue hasta el último consumidor [8].

Para evitar los malos olores se usan filtros que separan el gas sulfhídrico del biogás, además de utilizarse válvulas de corte y seguridad y tuberías para unir todo el sistema y hacerlo funcionar según las normas para este tipo de instalación.

La tendencia mundial en el desarrollo de los biodigestores es lograr disminuir los costos y aumentar la vida útil de estas instalaciones, con el objetivo de llegar a la mayor cantidad de usuarios de esta tecnología [8].

2.5 Ventajas y Desventajas de un Biodigestor

2.5.1 Ventajas

a) Producción de Energía

Por la acción de las bacterias metanogénicas, gran parte del contenido orgánico de las aguas se transforma en gas metano; teóricamente 1 Kg. de la DQO (Demanda Química de Oxígeno) eliminada produce 350 litros de metano a 35 °C. Este combustible posee un elevado poder energético utilizable [8].

b) Producción de Fangos

Por quedar convertida la mayor parte de la materia orgánica, en el proceso anaeróbico, en biogás, el sólido restante queda bien estabilizado y utilizable previa deshidratación.

Aumenta el contenido del humus del suelo, el cual mejora la estructura y la textura del terreno, facilita la aireación, aumenta la formación de depósitos de nutrientes, y la capacidad de retención e infiltración del agua.

Permite el ahorro de la cantidad de otros abonos convencionales sin disminución de la producción. Presenta incrementos de la producción, al compararla con la de suelos no abonados [8].

c) Proceso Exterior

Como los reactores se construyen en ambientes cerrados, la producción de malos olores es baja en el proceso anaerobio, comparado con los olores desagradables que se desprenden en el sistema donde la depuración se realiza en espacios abiertos. Los digestores cerrados deben ubicarse a distancia mínima de 500 metros de las urbanizaciones [8].

2.5.2 Desventajas de un Biodigestor

a) Puesta en Marcha

Debido a la baja velocidad de crecimiento de los microorganismos, en el proceso anaeróbico la puesta en marcha de este tratamiento es lenta [8].

b) Temperatura

El tratamiento anaerobio a temperatura ambiente resulta demasiado lento, lo que supone un aporte externo de energía ya que requiere temperaturas de, al menos, 35 °C, para que la actividad de las bacterias sea óptima [8].

c) Costos

Los costos asociados a la construcción de los digestores anaerobios son altos, comparado con sistemas no convencionales de tratamiento, principalmente porque necesita de un sistema integrado, para proporcionar un tratamiento completo y adecuado a los purines, además necesita la instalación de dispositivos que permitan, calentar los purines hasta una temperatura adecuada y la instalación de un sistema de recolección y acumulación del gas, para su posterior uso o quema.

Los costos de operación y mantención no son altos, solo requiere personal capacitado, para que realicen las labores de mantención, que por lo general no son muy frecuentes [8].

Capítulo 3

Método de Generación

El proceso unitario de tratamiento de biodigestión se emplea en todo el mundo para la depuración de aguas residuales y fangos procedentes de la industria, la agricultura y de origen urbano.

Utilizando el proceso de digestión anaeróbica es posible convertir gran cantidad y variedad de desechos, residuos vegetales, estiércol, efluentes de la industria alimentaria y fermentativa, de la industria papelera y de algunas industrias químicas, en subproductos útiles [5].

En la digestión anaeróbica más del 90% de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, consumiéndose sólo un 10% de la energía en crecimiento bacteriano frente al 50% consumido en un sistema aeróbico. La digestión anaeróbica es uno de los procesos más utilizados, para el tratamiento de desechos, en el que la materia orgánica es transformada biológicamente, bajo condiciones anaeróbicas, en metano y dióxido de carbono. Además de esta corriente gaseosa, se produce también una suspensión acuosa de materiales sólidos (lodos), en los que se encuentran los componentes más difíciles de degradar, la mayor parte del nitrógeno y el fósforo y la totalidad de los elementos minerales (K, Ca, Mg, etc.) [5].

El gas (biogás) producido puede ser recogido y utilizado como combustible. El fango final estabilizado, que se extrae no se pudre fácilmente y su contenido en organismos patógenos es nulo o muy bajo. Esta conversión biológica del sustrato complejo, en el que se

encuentra materia orgánica en suspensión o disuelta, se realiza a través de una serie de reacciones bioquímicas que transcurren tanto consecutiva como simultáneamente. Este proceso biológico natural, es realizado por grupos o comunidades de bacterias en recipientes cerrados (reactores). Generalmente después del digestor anaeróbico se incorpora una laguna de almacenamiento, en la cual se acumula el efluente tratado en el digestor.

La permanencia de las aguas en la laguna de almacenamiento proporciona un tratamiento adicional al desecho, debido a que en ella disminuye el contenido de nitrógeno y otros nutrientes de la aguas. Se debe descartar que el efluente proveniente del digestor, posea una carga orgánica muy baja, lo que implica que la laguna deja de tener actividad microbiana de descomposición o es escasa, con lo que los sólidos que salen del digestor solo tienden a decantar [5].

3.1 Parámetros en la producción de biogás

Con todos los procesos biológicos involucrados, la constancia de las condiciones de vida es importante, un cambio en la temperatura, cambios en el substrato o en la concentración de este puede llevar a una cancelación del mecanismo de producción de biogás.

3.1.1 Temperatura

Los rangos de temperaturas dependen de la bacteria que se dejará proliferar y tienen incidencia directa en los días de fermentación para obtener el biogás.

Los tiempos recomendados de retención según la temperatura de operación para desarrollar todas las etapas de degradación. (Ver Tabla 3.1)

Tabla 3.1 Tiempos Recomendados de Retención.

Temperatura de Funcionamiento °C	Tiempo de retención en días
30	13
24	15
18	20

La temperatura promedio en la región de Huandacareo es en promedio de 18 °C lo que nos da un tiempo de retención aproximado a 20 días.

3.2 Diseño del Biodigestor

Para el diseño de este biodigestor me apoye en el uso de un software especializado para este tipo de proyectos de la empresa JoinTech-it, el cual me facilito encontrar las dimensiones del biodigestor y así como la producción de biogás de la granja y por lo tanto conocer la cantidad de energía eléctrica que seria capaz de generar. (Ver Figura 3.1)

CARACTERISTICAS DE SU BIODIGESTOR PARA PORCICULTURA

CLIMA PREDOMINANTE

☐ FRIO ☐ MEDIO ☐ CALIDO

Tipo de animal	No. animales	Peso promedio
Hembras Vacias	0	0
Hembras Gestantes	300	100
Hembras Lactantes	460	160
Lechones Lactantes	900	12
Precebos	1200	17
Machos reproductores	10	160
Porcinos ceba	500	70

CARACTERISTICAS RECOMENDADAS PARA SU BIODIGESTOR

Clima	Estiercol Día Kg	Volumen Total m3	Biogas Día m3
MEDIO	11.242,60	1.211,17	143,34

MEDIDAS RECOMENDADAS

Longitud mts	Diametro mts	Mezcla Día m3	Tiempo de retencion dias
41,81	5,97	50,59	18

Para su correcto funcionamiento, la longitud ideal debe ser 7 veces el diametro

[Nuevo Calculo de Biodigestor](#)

[Biodigestores Duramax](#)

Figura 3.1 Software para calcular la producción de biogás y dimensiones del biodigestor [9].

De acuerdo al software el biodigestor que se necesita tiene que tener las dimensiones de 42 metros de longitud y 6 metros de diámetro, suficiente para almacenar 1,211.17 m³ de la biomasa, produciendo 143.34 m³ de biogás al día, con un tiempo de retención de 18 días, con esta cantidad de biogás es posible poner a trabajar a el grupo electrógeno durante 6 horas continuas.

El software se puede conseguir en la página de la empresa JoinTech-it, es una versión en línea, gratuita, bastante fácil de utilizar ya que los únicos parámetros que necesitamos son los pesos promedio y la cantidad de animales con los que se cuentan, el software aclara que dichos pesos van de acuerdo con la etapa de crecimiento en la que se encuentre el cerdo, y los resultados que nos proporciona es la cantidad de estiércol al día en kilogramos, el volumen total de la mezcla excremento/agua, los metros cúbicos de biogás al día, la longitud en metros del biodigestor, su diámetro en metros, el volumen de la mezcla al día y el tiempo de retención en días.

3.2.1 Datos sobre la producción de metano durante las Etapas de crecimiento porcino.

Durante la vida de un cerdo se tienen distintas etapas, importantes para nuestro proyecto debido a que durante dichas etapas el peso vivo del animal lógicamente va sufriendo cambios, este hecho es importante debido a que la producción de metano está directamente relacionada con el peso del animal y con la cantidad de excremento diario que produce.

Como se ha mencionado anteriormente las variables como lo son la temperatura del lugar, el peso promedio de la población animal, la relación de agua que necesita la mezcla estiércol/agua se han calculado especialmente con los datos de la granja.

Peso promedio de la población porcina de la granja. (Ver Tabla 3.2)

Tabla 3.2 Pesos Promedio por Etapa [3].

Etapa	Peso Promedio (Kg)
Vientre	160
Reemplazo	100
Lechones	12
Destete	17
Engorda	70
Semental	160

Características de las distintas etapas de crecimiento de los cerdos importantes para el diseño de nuestro biodigestor. (Ver Tabla 3.3)

Tabla 3.3 Producción de estiércol y biogás al día de acuerdo a la etapa de vida del cerdo [9].

Etapas del animal	Estiércol/Día/Kg.	Biogás/Día/m³
Vientre	12.35	0.16
Reemplazo	3.00	0.04
Destete	1.30	0.02
Lechón	0.96	0.01
Engorda	4.38	0.06
Semental	4.50	0.06

Producción de metano correspondiente a la población animal de la granja.
(Ver Tabla 3.4)

Tabla 3.4 Producción de Biogás de la Granja [9].

Etapas	No. Animales	Estiércol/Día/Kg.	Mezcla/Día/m³	Volumen Total	Biogás/Día/m³
Vientres	460	5,681.92	25.57	612.11	72.44
Engorda	500	2,191.00	9.86	236.04	27.94
Lechones	900	866.16	3.90	93.31	11.04
Destete	1,200	1,558.56	7.01	167.90	19.87
Reemplazos	300	900.00	4.05	96.96	11.48
Sementales	10	44.96	0.20	4.84	0.57
TOTAL	3,370	11,242.60	50.59	1,211.16	143.34

Debido al clima cálido de la entidad de Huandacareo el tiempo de retención de la biomasa es de 18 días.

La información de la tabla anterior se obtuvo por medio de un programa de software especializado en biodigestores de la empresa JoinTech-it.

3.3 Generación Electricidad

3.3.1 Plantas de Generación Eléctrica a partir de Biogás

La generación de electricidad en corriente alterna se basa en la Ley de Faraday-Lenz. Cuando existe movimiento relativo entre un conductor eléctrico y un campo magnético (imán) se produce una fuerza electromotriz (fem) que hace circular corriente eléctrica por el conductor. Por lo tanto se produce así la electricidad.

Para las aplicaciones de generación eléctrica por medio de biogás, se alimenta el motor de combustión interna con biogás, que está conectado a un generador. Estos motores pueden consumir Gas Licuado a Presión (GLP), Gasolina o Diesel.

3.3.2 Motores a gas

Los motores a gas mecánicamente son idénticos a los motores de combustión a gasolina, la diferencia radica en la admisión del combustible. En los motores a gas, esta admisión se realiza por medio de una válvula que regula la presión con la que se inyecta el gas licuado directamente en el carburador.

Las modificaciones que se deben realizar a este motor para utilizarlo en la generación de electricidad a partir del consumo de biogás, es modificar levemente la presión de inyección del gas, para que se ajuste a las condiciones del biogás. El porcentaje de sustitución de biogás por gas GLP es del 100%. Así, se puede realizar una conexión de la tubería de biogas al sistema, de modo que el equipo pueda operar con ambos combustibles.

Por el tipo de sistema de alimentación, estas adaptaciones no permiten una regulación automática de la mezcla y la carga, por lo que el ajuste del motor se debe de realizar de forma manual desde la válvula de control del biogás, colocada en la línea de admisión.

Se recomienda que las cargas aplicadas sean constantes, para evitar los problemas de regulación del motor y por tanto una ineficiente calidad de la energía suministrado por el generador.

Para el caso de cargas variables el flujo de gas hacia el motor se debe regular por medio de un sistema de control especialmente diseñado, que garantice el flujo del gas al motor para responder a las diferentes demandas de potencia generados por las cargas aplicadas [10].

3.3.3 Motores a diesel

Los motores a diesel, se pueden operar con una sustitución del diesel por biogás hasta un 70%, y un consumo de diesel del 30% restante por lo que el motor no sufre ninguna alteración al consumir los dos tipos de combustible al mismo tiempo.

En estos motores la mezcla de diesel y biogás se realiza directamente en la cámara de combustión del motor. Cuando el motor recibe el biogás por la entrada de aire, este se acelera, por lo que el gobernador de la bomba de inyección reduce la cantidad de diesel suministrado a la cámara de combustión, logrando una estabilidad en la aceleración y potencia del motor. Estos motores soportan las variaciones de carga sin tener que operar la válvula de regulación del biogás, permitiendo operar en un rango más amplio de carga.

Para los arranques del motor se debe alimentar únicamente con diesel, una vez arrancado el motor se realiza la transferencia de biogás gradualmente, hasta alcanzar el 70%. No es recomendable la sustitución mayor a un 70% de biogás por diesel porque puede dañar el motor [10].

3.3.4 Grupo Electrónico

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna.

Son comúnmente utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar, o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico. Así mismo, la legislación de los diferentes países puede obligar a instalar un grupo electrógeno en lugares en los que haya grandes densidades de personas (centros comerciales, restaurantes, cárceles, edificios administrativos, etc.).

Una de las utilidades más comunes es la de generar electricidad en aquellos lugares donde no hay suministro eléctrico, generalmente son zonas apartadas con pocas infraestructuras y muy poco habitadas. Otro caso sería en locales de pública concurrencia, hospitales, fábricas, granjas, etc., que a falta de energía eléctrica de red, necesiten de otra fuente de energía alterna para abastecerse [10].

En nuestro caso se tomó la decisión de usar un grupo electrógeno ya que al ser equipos específicamente diseñados para este tipo de proyectos, esto nos asegura en cierta medida el mejor aprovechamiento y la optimización del biogás que produzcamos. (Ver Figura 3.2)



Figura 3.2 Grupo Electrógeno.

3.4 Carga Instalada

La carga instalada en la granja consta de equipos trifásicos, bifásicos y monofásicos, como lo son bombas de agua, separadores de sólidos, ventiladores, bombillas de calor y alumbrado (iluminación de pasillos, reflectores).

A continuación se muestran los distintos equipos instalados en la granja y su consumo en watts. (Ver Tabla 3.5)

Tabla 3.5 Equipos Instalados.

Equipo	Fases	Cantidad	Consumo (Potencia Kw)
Bomba de Pozo	3	1	11.19
Separador de Sólidos	2	2	2.23
Bomba para Lodos	2	1	3.73
Ventiladores	3	10	16
Iluminación (Bombillas)	1	50	5
Reflectores	1	2	.8
Calefacción para cerdos (bombillas calefacción)	1	30	4.5
TOTAL			42.65

Un aspecto importante a tomar en cuenta en este proyecto es el estudio de los equipos que se piensan alimentar del generador, teniendo en cuenta sus características eléctricas, a continuación se muestra la tabla 3.6 con los distintos equipos con los que cuenta la granja, su consumo en kilowatts y alguna de sus características.

Tabla 3.6 Kilowatts-hora al día de los equipos

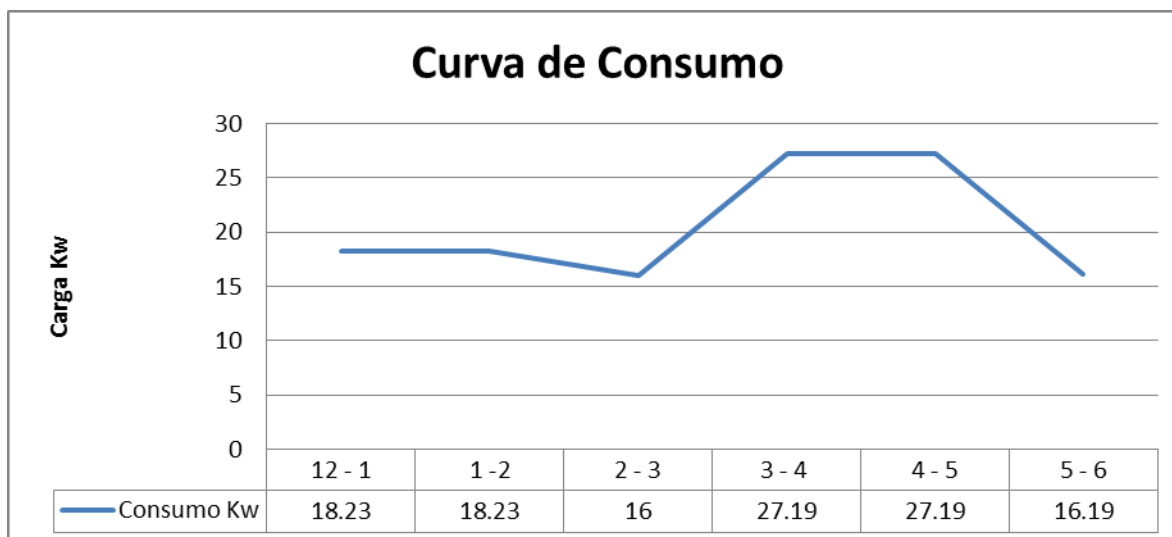
Equipo	Consumo Kw	Horas de uso al día	Kw/Hora al día
Bomba de Pozo	11.19	3	33.57
Separador de Sólidos	2.23	2	4.46
Bomba para Lodos	3.73	2	7.46
Ventiladores	16.0	5	80
Iluminación	5.0	5	25
Reflectores	0.8	1	.8
Calefacción	4.5	5	22.5

Como es lógico pensar estos equipos no son utilizados al mismo tiempo pero tienen horarios de funcionamiento en común, se realizo un estudio para localizar las horas en las que seria mas eficiente generar electricidad y ver en que horas se tenia una carga mayor de acuerdo con los trabajos realizados en la granja. (Ver Tabla 3.7)

Tabla 3.7 Horario de Equipos

HORA	BOMBA POZO	SEPARADOR SOLIDOS	BOMBA LODOS	VENTILADORES	ILUMINACION	REFLECTORES
7-8					5 Kw	
8-9					5 Kw	
9-10						
10-11			3.73 Kw			
11-12			3.73 Kw			
12-1		2.23 Kw		16 Kw		
1-2		2.23 Kw		16 Kw		
2-3				16 Kw		
3-4	11.19 Kw			16 Kw		
4-5	11.19 Kw			16 Kw		
5-6	11.19 Kw				5 Kw	
6-7					5 Kw	
7-8					5 Kw	
8-9						
9-10						0.8 Kw

De acuerdo con la tabla anterior se puede observar que el horario de trabajo de la granja comprende desde las 12:00 p.m. a 6:00 p.m., en estas 6 horas es cuando la mayoría de los equipos coincide en su operación, en la gráfica siguiente podemos observar como se comporta la carga en el transcurso de un día. (Ver Grafica 3.1)



Grafica 3.1 Curva de Carga

Dejando las cargas de calefacción, de los reflectores y la bomba de lodos al suministro de CFE.

Todos estos aspectos anteriores son fundamentales para poder escoger el grupo electrógeno que más nos convenga ya que existen de varias capacidades de generación (Ver apéndice I), en nuestro caso la carga que alimentaremos varia de 18 KW/h a un máximo de 28 KW/h en el transcurso de un día normal de trabajos de la granja. Considerando estas características se opto por seleccionar el grupo electrógeno de la marca SIEI, capaz de generar 30 KW suficientes para la demanda de la granja.

3.5 Características Eléctricas del Grupo Electrónico del Proyecto

En función del estudio de la carga eléctrica que se realizó en la granja Elsy, se optó por usar un grupo electrónico de la marca SIEI, porque cumple con las necesidades de generación de la granja. (Ver Tabla 3.8)

Tabla 3.8 Detalles Técnicos del Grupo Electrónico [11].

Datos del Generador Características	Planta de Biogás	Datos técnicos del MOTOR Características	Motor para biogás G6.354.4
Motor Econogas SIEI	<i>G6 354.4 B</i>	Marca	<i>Econogas SIEI</i>
Generador	<i>WEB</i>	Potencia bhp a 1800 rpm	<i>90</i>
Capacidad del generador (Kw)	<i>30</i>	N° de cilindros	<i>6 en línea</i>
Voltaje de generación (v)	<i>220-440</i>	Desplazamiento cúbico en lts.	<i>5.8</i>
Factor de potencia	<i>0.8</i>	Tiempos	<i>4</i>
Frecuencia luz	<i>60</i>	Tipo de gobernación	<i>4% electrónica</i>
R.P.M	<i>1800</i>	Enfriamiento	<i>Anticongelante</i>
Fases	<i>3</i>	Sistema eléctrico	<i>12 volts</i>
Hilos	<i>4</i>	Tipo de encendido	<i>electrónico</i>
Ciclo de Operación	<i>Continuo y/o intermitente</i>	Relación de compresión	<i>11.5:1</i>
<i>Régimen de sobrecarga</i>	<i>10% hasta 2 hrs. cada 24 hrs.</i>	Orden de encendido	<i>1-5-3-6-2-4</i>
		Rotación	<i>Sentido del reloj</i>

Todos los grupos electrónicos están formados por diferentes elementos. A continuación se mencionan los componentes más comunes y una breve explicación de su funcionamiento [12]:

- Motor: Proporcionar movimiento al alternador mediante la combustión de algún combustible en nuestro caso Biogás.
- Panel de control: Controlar las funciones principales del grupo electrónico, encendido, apagado, así como observar los medidores de voltaje, amperaje, frecuencia, etc.

- Chasis de base y depósito de combustible: Su función es mantener estable al grupo electrógeno procurando la firmeza del equipo; permite el almacenamiento del combustible de manera segura.

- Alternador: Su función es aprovechar el movimiento originado por el motor para poder generar la energía eléctrica necesaria para alimentar la carga conectada.

- Breaker o Pastilla: Interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos.

- Protecciones: Proteger al equipo y a la instalación eléctrica al presentarse alguna falla.

- Sistema de refrigeración: Mantener en una temperatura adecuada los distintos dispositivos, evitando altas temperaturas.

- Conmutador de transferencia: Un conmutador de transferencia es el panel conectado al sistema de distribución eléctrico de un local para permitir el uso de un grupo electrógeno. Evita que el grupo electrógeno se alimente de la red eléctrica principal que podría ocasionar graves daños al equipo, a los equipos conectados o a los técnicos que estén trabajando en la línea intentando restablecer la electricidad.

También se pueden solicitar e incluir funciones opcionales en los grupos electrógenos, personalizándolos de forma que satisfagan necesidades individuales.

Este motor generador tiene la capacidad de generación mensual de 21,600 Kw/h (30 Kw x 24 horas x 30 días) lo que implica que para utilizar esta capacidad se necesita una alimentación constante.

En función del abastecimiento de la cantidad de biogás para un motogenerador determinado y el número de horas de funcionamiento, se puede establecer el consumo de biogás para su operación.

Abastecimiento de biogás por 24 horas para este grupo electrógeno en particular, el cual tiene un consumo de biogás promedio de 750 pies cúbicos por hora o bien un equivalente de 22.00139436 m³/h. (Ver Tabla 3.9)

Tabla 3.9 Abastecimiento de Biogás por Horas de Uso del Grupo Electrónico [11]

CONSUMO DE BIOGAS POR EL M/G EN UNA HORA m ³ /h.	N° DE HORAS DE USO DEL GENERADOR	CONSUMO DE BIOGAS POR EL M/G m ³ /diarios	CONSUMO DE BIOGAS POR EL M/G m ³ /mensuales
22.0013944	1	22.00	660.04
22.0013944	2	44.00	1,320.08
22.0013944	3	66.00	1,980.13
22.0013944	4	88.01	2,640.17
22.0013944	5	110.01	3,300.21
22.0013944	6	132.01	3,960.25
22.0013944	7	154.01	4,620.29
22.0013944	8	176.01	5,280.33
22.0013944	9	198.01	5,940.38
22.0013944	10	220.01	6,600.42
22.0013944	11	242.02	7,260.46
22.0013944	12	264.02	7,920.50
22.0013944	13	286.02	8,580.54
22.0013944	14	308.02	9,240.59
22.0013944	15	330.02	9,900.63

22.0013944	16	352.02	10,560.67
22.0013944	17	374.02	11,220.71
22.0013944	18	396.03	11,880.75
22.0013944	19	418.03	12,540.79
22.0013944	20	440.03	13,200.84
22.0013944	21	462.03	13,860.88
22.0013944	22	484.03	14,520.92
22.0013944	23	506.03	15,180.96
22.0013944	24	528.03	15,841.00

La producción promedio de biogás del biodigestor de este proyecto es de 139.23 m³ al día, esto nos da un resultado un total de 4,176.9 m³ mensuales de biogás, lo que nos permitiría generar energía eléctrica durante 6.5 horas diarias de manera continua, oh un equivalente con otros combustibles. (Ver Tabla 3.10)

Tabla 3.10 Equivalencia de un m³ de biogás comparado con otros combustibles [13].

Biogás	Gasolina	Diesel	Gas licuado de petróleo
1 m ³	0.71 lts	0.55 lts	0.45 lts
4,176.9 m ³	2,965.5 lts	2,297.2 lts	1,879.6 lts

Generación eléctrica en Kw/h del grupo electrógeno elegido para este proyecto en un mes, con estos datos es posible hacer el cálculo del ahorro que se tendría al producir la energía eléctrica de la granja y dejar de consumir energía de la red. (Ver Tabla 3.11)

Tabla 3.11 Generación Eléctrica del Grupo Electrógeno [11].

CAPACIDAD DE GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA Kw	N° DE HORAS DE USO DEL GENERADOR	CAPACIDAD POR No. DE HORAS EN USO Kw/h	CAPACIDAD MENSUAL DE GENERACION Kw/h al mes
30	1	30	900
30	2	60	1,800
30	3	90	2,700
30	4	120	3,600
30	5	150	4,500
30	6	180	5,400
30	7	210	6,300
30	8	240	7,200
30	9	270	8,100
30	10	300	9,000
30	11	330	9,900
30	12	360	10,800
30	13	390	11,700
30	14	420	12,600
30	15	450	13,500
30	16	480	14,400
30	17	510	15,300

30	18	540	16,200
30	19	570	17,100
30	20	600	18,000
30	21	630	18,900
30	22	660	19,800
30	23	690	20,700
30	24	720	21,600

3.5.1 Medidor de Biogás

Un aspecto importante para este tipo de instalaciones es tener una medición del biogás que estemos produciendo, esto con la finalidad de asegurar un suministro eficiente de biogás hacia el generador, ya que es muy importante que sea constante y así evitar problemas en la generación de electricidad.

Los medidores tienen una alta resistencia a los contaminantes del gas y virtualmente no necesitan mantenimiento anual, haciéndolos confiables y fáciles de operar por el usuario. Adicionalmente la caída de presión es imperceptible (característica fundamental para gases con flujos bajos). Utiliza poca energía (menos de 2.4 watts) y existen modelos de 12 V para instalaciones que operen con energía solar, o bien a 24 V-CD, o para 115/230 V-AC.



Figura 3.3 Medidor de Biogás

Capítulo 4

Factibilidad

Selección de la Instalación

La instalación diseñada debe estar acorde a los objetivos de la granja y por ende debe ser una alternativa económicamente viable, se utiliza el criterio de tiempo de recuperación del proyecto basado en el costo de la inversión y en los ahorros que se presentan por medio de la generación de energía eléctrica.

4.1 Criterio de selección del tamaño del proyecto

Para el diseño del sistema se tomaron en cuenta parámetros importantes como la carga instalada y la cantidad de cerdos con los que se cuenta en un ciclo de producción, lo cual nos dará la cantidad de estiércol que se puede recoger en un día. Estos dos parámetros son muy importantes ya que se puede dar el caso de que la carga instalada sea muy grande y la cantidad de estiércol no produzca el suficiente biogás por día, por lo que se debe de determinar la carga que se considere apropiada alimentar y que represente en este caso un rubro importante en la factura eléctrica.

Por otro lado se puede dar el caso de que la carga sea muy pequeña y la cantidad de estiércol es muy grande, por lo que el parámetro de diseño será la carga instalada y las horas de operación.

Los aspectos a considerar para generar el criterio de selección del tamaño del proyecto comprenden los ahorros generados por la producción de biogás y consiguiente obtención de metano.

4.2 Costos del Proyecto

Los precios de equipos, su instalación y mano de obra los considere basándome en precios actuales, estos pueden variar dependiendo de las marcas de los equipos o materiales.

4.2.1 Costo del Grupo Electrónico

La siguiente información es acerca de los costos de los diferentes conceptos que abarca el proyecto. (Ver Tablas 4.1 y 4.2)

Tabla 4.1 Precios del Grupo Electrónico e Instalación

Precio Solo del Motor-generator Concepto	
Precio (pesos M.N.)	340,000.00
IVA	54,400.00
Total	394,400.00

Tabla 4.2 Precio Incluyendo Instalación

CONCEPTO	COSTO \$
GRUPO ELECTROGENO	340,000.00
INSTALACION DE TUBERIA Y SOPORTARIA	30,900.50
INSTALACION DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO	10,327.75
FABRICACION DE FILTRO	4,900.00
CUARTO DE GENERADOR ELECTRICO	30,785.00
INSTALACION ELECTRICA	30,526.20
SUBTOTAL	447,439.45
I.V.A.	71,590.31
TOTAL	519,029.76

4.2.2 Costo del Biodigestor

El costo del biodigestor fue solicitado a la empresa JoinTech-it, empresa dedicada a la fabricación de membranas de PVC especialmente para el manejo de residuos orgánicos de alta duración, alta resistencia mecánica, alta resistencia química, totalmente

impermeable y hermética, con ductos preformados de entrada y salida y válvula superior de salida de gas elaborados por termo fusión.

Las membranas necesarias para nuestro proyecto serian 4 cada una con una capacidad de 300 m³ de volumen, con una longitud de 27 metros y un diámetro de 3.8 metros, el precio por cada membrana es de USD \$ 7,312.00 siendo un total por las 4 membranas necesarias de USD \$ 29,248.00.

4.2.3 Acondicionamiento de la Granja

Existen varios conceptos técnicos para este proyecto a tomar en consideración como lo son las tuberías necesarias que van desde las membranas donde se encuentra el biogás hacia el grupo electrógeno, filtros, quemadores, fosas para los biodigestores, también la modificación o instalación de nueva red eléctrica, las cuales son importantes pero que no explicare porque no tiene caso entrar en mas detalle acerca de ellas ya que son conceptos meramente técnicos sin embargo el costo de estas modificaciones lo muestro en los costos totales del proyecto.

4.3 Ahorro Energético y Recuperación de la Inversión

El ahorro de energía eléctrica que es nuestro principal interés en el desarrollo de este proyecto seria bastante considerable, ya que la población porcina con la que cuenta la granja nos permite una producción del biocombustible buena, pero se tiene que tomar en cuenta que se hace una inversión considerable para poner en marcha un sistema de generación de estas características.

La generación eléctrica de este grupo electrógeno al ponerlo en funcionamiento un promedio de 6 horas diarias es de 5,400 Kw/h mensuales lo que nos representaría un ahorro de \$17,863.20 pesos considerando que la tarifa que tiene la granja en su contrato con CFE es la tarifa 9M (Servicio para bombeo de agua para riego agrícola en media tensión). Los precios por Kw/h de esta tarifa se presentan a continuación. (Ver Tabla 4.3)

Tabla 4.3 Precios de la Tarifa 9M [14]

Precio	Energía Consumida
\$ 2.692	Por cada uno de los primeros 5,000 Kw-hora
\$ 3.024	Por cada uno de los siguientes 10,000 Kw-hora
\$ 3.308	Por cada uno de los siguientes 20,000 Kw-hora
\$ 3.612	Por cada Kw-hora adicional a los anteriores

Los costos totales del proyecto se muestran a continuación. (Ver Tabla 4.4)

Tabla 4.4 Costos Totales

CONCEPTO	COSTO
Grupo Electrónico	\$ 519,029.76
Biodigestores	\$ 379,179.84
Acondicionamiento de la Granja	\$ 150,300.00
TOTAL	\$ 1,048,509.60

Como podemos observar el costo del proyecto es considerable, ahora analizaremos las ganancias que nos produce considerando el ahorro económico que tenemos, al dejar de pagar por la energía eléctrica a CFE.

Como anteriormente se menciona la intención que se tiene es poner a trabajar al grupo electrógeno durante un mínimo de 6 horas, en las cuales se presenta el siguiente consumo. (Ver Tabla 4.5)

Tabla 4.5 Consumo en Kw/h y Costo

Hora	Consumo (Kw/h)	Costo (\$)
12:00 p.m. – 1:00 p.m.	18.23	60.30
1:00 p.m. – 2:00 p.m.	18.23	60.30
2:00 p.m. – 3:00 p.m.	16	52.92
3:00 p.m. – 4:00 p.m.	27.19	89.94
4:00 p.m. – 5:00 p.m.	27.19	89.94
5:00 p.m. – 6:00 p.m.	16.19	53.55
TOTAL	123.03	406.98

En la tabla anterior podemos observar que en un día se ahorrarían \$ 406.98, lo que nos aportaría un ahorro al mes de \$ 12,209.49, y como consecuencia un total de \$146,513.96 de ahorro por concepto de energía eléctrica anual.

Considerando esta cantidad como el ahorro que se tendría por el concepto de energía eléctrica y que el grupo electrógeno y los biodigestores tienen una vida útil de 10 años con gastos mínimos de mantenimiento la inversión inicial se vería recuperada en aproximadamente 7 años.

4.4 Bonos de Carbono

Los bonos de carbono (también llamados "Créditos de Carbono") son un mecanismo internacional de descontaminación para reducir las emisiones contaminantes al medio ambiente; es uno de los tres mecanismos propuestos en el Protocolo de Kioto para la reducción de emisiones causantes del calentamiento global.

El sistema ofrece incentivos económicos para que empresas privadas contribuyan a la mejora del sistema operativo de WALAS de la calidad ambiental y se consiga regular la emisión generada por sus procesos productivos, considerando el derecho a emitir CO₂ como un bien canjeable y con un precio establecido en el mercado.

Las reducciones de emisiones de GEI se miden en toneladas de CO₂ equivalente, y se traducen en Certificados de Emisiones Reducidas (CER). Un CER equivale a una tonelada de CO₂ que se deja de emitir a la atmósfera [14].

Para conocer las toneladas de CO₂ equivalentes del proyecto, partimos de que 1 Kw/h es equivalente a 0.00329 toneladas de CO₂. La generación de electricidad del grupo electrógeno es de 64,800 Kw/h anuales y su equivalente en toneladas de CO₂ es de 213.192 toneladas de CO₂. El valor actual de una tonelada de dióxido de carbono es de 10 dólares, lo que nos daría un bono de US\$ 2,131.92 un aproximado de \$ 25,583.04 pesos al año. Este bono nos reduciría a 6 años la recuperación de la inversión inicial del proyecto [15].

4.5 Apoyos Gubernamentales

En la realización de proyectos como lo es un Biodigestor para la generación de Biogás participan varias instituciones gubernamentales como lo es el FIRCO y la SAGARPA.

El interés de la SAGARPA, por buscar que sus programas de fomento al sector agropecuario se enmarquen mediante un desarrollo rural sustentable, con el uso de la energía renovable, ha permitido que el FIRCO establezca acciones para que este tipo de energía se vincule con proyectos productivos en los procesos de su adopción.

El carácter innovador de estas acciones consistió, no sólo en romper con las barreras de desconocimiento, sino que se ha buscado que sus tecnologías se encuentren relacionadas directamente con aplicaciones productivas en los procesos que realizan las distintas unidades del sector; y que además, mediante su funcionamiento como módulos demostrativos permitan su fácil replicabilidad a nivel local y nacional, en condiciones similares. Bajo ese principio innovador, y en el caso específico de la tecnología de aprovechamiento de biogás, se pensó que si bien esta se encontraba desarrollándose casi exclusivamente para mitigar el impacto de los gases de efecto invernadero, por parte de empresas que estaban invirtiendo en los llamados proyectos de los Mecanismos de Desarrollo Limpio, era necesario incursionar en la utilización del biogás con fines de generación de energía, para que a su vez ésta pudiese ser utilizada en los procesos productivos de granjas porcinas, establos y rastros. Sin embargo es algo complicado poner en cifras monetarias la equivalencia de la ayuda por parte del gobierno que proyectos como éste llega a tener, pero de acuerdo a experiencias en otros estados de la república han llegado a darse casos de equivalencias iguales al 50 % de la inversión. (Ver Apéndice B)

4.6 Abonos Orgánicos

La forma en que se entraría en el mercado de los abonos orgánicos con un biodigestor, es debido, a que los lodos residuales provocados por el biodigestor son considerados excelentes fertilizantes ricos en diversos nutrientes, tal vez no se tendría una producción como para considerarlo un buen negocio pero se tendrían los suficientes para un autoconsumo de la granja recordando que también se dedica a sembrar varios cultivos y esto podría significar otro beneficio.

Capítulo 5

Conclusiones y Trabajos Futuros

CONCLUSIONES

El proyecto de la granja “Elsy” es un trabajo en cierta forma costoso ya que considerando que los equipos y materiales que se consideraron en este trabajo de tesis son nuevos. Lo que significa una inversión inicial muy alta alrededor de \$ **1,048,509.60** de pesos, algo que se antoja un poco difícil para la economía actual de la mayor parte de los ganaderos de la región, sin embargo existen distintos tipos de incentivos por parte del gobierno para este tipo de proyectos, lo que hace un poco mas factible su logro.

En el aspecto de generación es posible cumplir con el 100% de la carga que tiene la granja utilizando el grupo electrógeno, sin embargo no lo consideraría conveniente, la mejor opción es tener un contrato con CFE en caso de algún contratiempo, la granja no se quede sin energía eléctrica.

De igual manera existen formas de hacer que esa inversión sea más baja al utilizar otro tipo de materiales y equipos con vidas útiles más grandes hablando más en concreto de biodigestores que no sean de polietileno, se podría considerar el uso de grupos electrógenos de segunda mano pero en mi opinión esto traería consecuencias en nuestra generación que podrían perjudicar la calidad de la energía que generemos.

Un aspecto a considerar que no se debe dejar en segundo término es que nuestra población animal se mantenga constante en los distintos niveles de edad de los porcinos, para generar el biocombustible necesario para nuestro grupo electrógeno.

Sin embargo el mejor beneficio que al hacer este proyecto pude considerar es que es un proyecto verde, que permite generar energía eléctrica sin necesidad de contaminar el medio ambiente, se aprovecha algo tan simple como lo son los desechos orgánicos de una granja, y se aprovecha el agua que se destina a la limpieza de la granja para el mismo fin, un dato interesante relacionado es que el ganado es el responsable del 18% de las emisiones de gases invernadero a nivel mundial, más que todos los coches, barcos, aviones y trenes del mundo combinados. Y en un proyecto de estas características se evitan la producción de gases de efecto invernadero como lo es el metano, un gas más perjudicial para la atmosfera que el dióxido de carbono CO₂.

Otro aspecto que me pareció muy favorable para el desarrollo de este proyecto es que existen proyectos futuros interesantes, que traen consigo una recuperación de la inversión en un tiempo más corto, y el aprovechamiento de la mayor parte de los recursos que se utilizan.

Algunos de estos proyectos futuros serian el mercado de los Bonos de Carbono y el de los Fertilizantes Orgánicos.

Apéndice A

Alternativas Selección del Grupo Electrógeno

A continuación presento algunas alternativas con respecto a la selección del grupo electrógeno que se adapto mejor a las condiciones técnicas y económicas del proyecto. Los costos de instalación de tuberías, tanque de almacenamiento, filtro, cuarto del generador e instalación eléctrico los considere iguales en todos los casos ya que la principal diferencia es solo el motor generador. Los costos totales los maneje en pesos mexicanos [].

Alternativa 1

Grupo electrógeno SIEI	
Capacidad de generación	75 KW
Características	Automático, generación de energía eléctrica y agua caliente, llave de mano importada de Europa.
Precio (pesos M.N.)	850,000.00
IVA (pesos M.N.)	136,000.00
Impuestos de importación	44,000.00
TOTAL (pesos M.N.)	1,030,000.00

CONCEPTO	COSTO \$
GRUPO ELECTROGENO	894,000.00
INSTALACION DE TUBERIA Y SOPORTARIA	30,900.50
INSTALACION DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO	10,327.75
FABRICACION DE FILTRO	4,900.00
CUARTO DE GENERADOR ELECTRICO	30,785.00
INSTALACION ELECTRICA	30,526.20
SUBTOTAL	1,001,439.45
I.V.A.	160,230.31
TOTAL	1,161,669.76

Este presupuesto podría ser de utilidad en un futuro, en el caso que se aumentara la carga eléctrica de la granja, tomando en cuenta que el grupo electrógeno tiene una mayor capacidad de generación.

Un punto en contra de las siguientes opciones que presento a continuación, es la necesidad de tener que importar los equipos de generación de Estados Unidos o Europa, teniendo obviamente un incremento en el costo, así mismo el tener en cuenta que los equipos en el caso del motor generador GUASCOR fue diseñado para las características de voltaje, corriente y frecuencia que se manejan en el continente europeo.

Alternativa 2

MOTOR-GENERADOR CATERPILLAR	
Capacidad de generación	85 KW
Características	Importado, solo generación eléctrica
Precio (dólares US)	66,000.00
IVA (dólares US)	10,560.00
TOTAL (dólares US)	76,560.00

CONCEPTO	COSTO \$
GRUPO ELECTROGENO	792,000.00
INSTALACION DE TUBERIA Y SOPORTARIA	30,900.50
INSTALACION DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO	10,327.75
FABRICACION DE FILTRO	4,900.00
CUARTO DE GENERADOR ELECTRICO	30,785.00
INSTALACION ELECTRICA	30,526.20
SUBTOTAL	899,439.45
I.V.A.	143,910.31
TOTAL	1,043,349.76

Alternativa 3

MOTOR-GENERADOR SPROESSER (CICLO STIRLING)	
Capacidad de generación	55 KW
Características	Generación eléctrica, generación de agua caliente, importado
Precio (dólares US)	79,950.00
Accesorios (dólares US)	8,590.00

Precio total motor-generador	88,540.00
IVA (dólares US)	14,166.40
TOTAL (dólares US)	102,706.40

CONCEPTO	COSTO \$
GRUPO ELECTROGENO	1,062,480.00
INSTALACION DE TUBERIA Y SOPORTARIA	30,900.50
INSTALACION DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO	10,327.75
FABRICACION DE FILTRO	4,900.00
CUARTO DE GENERADOR ELECTRICO	30,785.00
INSTALACION ELECTRICA	30,526.20
SUBTOTAL	1,169,919.25
I.V.A.	187,187.08
TOTAL	1,357,106.33

Alternativa 4

MOTOR-GENERADOR GUASCOR	
Capacidad de generación	170 KW
Características	Generación eléctrica, importado de Europa
Precio (en Euros)	227,000.00
Importación y transporte (en Euros)	11,350.00
Instalación y equipos periféricos (en Euros)	68,100.00
IVA (en Euros)	49,032.00
TOTAL (en Euros)	355,482.00

CONCEPTO	COSTO \$
GRUPO ELECTROGENO	5,209,650.00
INSTALACION DE TUBERIA Y SOPORTARIA	30,900.50
INSTALACION DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO	10,327.75
FABRICACION DE FILTRO	4,900.00
CUARTO DE GENERADOR ELECTRICO	30,785.00
INSTALACION ELECTRICA	30,526.20
SUBTOTAL	5,317,089.25
I.V.A.	850,734.28
TOTAL	6,167,823.53

Apéndice B

Apoyos de SAGARPA y FIRCO

Nivel de Innovación e Integración Nacional

- **Marco de Referencia**

El interés de la SAGARPA, por buscar que sus programas de fomento al sector agropecuario se enmarquen mediante un desarrollo rural sustentable, con el uso de la energía renovable, ha permitido que el FIRCO establezca acciones para que este tipo de energía se vincule con proyectos productivos en los procesos de su adopción.

El carácter innovador de estas acciones consistió, no sólo en romper con las barreras de desconocimiento, sino que se ha buscado que sus tecnologías se encuentren relacionadas directamente con aplicaciones productivas en los procesos que realizan las distintas unidades del sector; y que además, mediante su funcionamiento como módulos demostrativos permitan su fácil replicabilidad a nivel local y nacional, en condiciones similares.

Bajo ese principio innovador, y en el caso específico de la tecnología de aprovechamiento de biogás, se pensó que si bien esta se encontraba desarrollándose casi exclusivamente para mitigar el impacto de los gases de efecto invernadero, por parte de empresas que estaban invirtiendo en los llamados proyectos de los Mecanismos de Desarrollo Limpio, era necesario incursionar en la utilización del biogás con fines de generación de energía, para que a su vez ésta pudiese ser utilizada en los procesos productivos de granjas porcinas, establos y rastros.

- **El FIRCO y su colaboración dentro del proyecto**

El FIRCO

El FIRCO es una agencia gubernamental promotora de agro negocios y que adicionalmente realiza acciones de fomento y promoción de la energía renovable.

Actualmente el FIRCO cuenta con un acervo de materiales didácticos escritos y audiovisuales relativos al uso y aplicaciones productivas de esta energía alternativa; así como con un capital humano con experiencia en el desarrollo de proyectos.

Dicho acervo ha sido el resultado de diversas experiencias en la materia, destacando las acciones realizadas en el marco del Proyecto de Energía Renovable para la Agricultura (PERA), dentro del cual se logró la consecución de recursos para el proyecto específico de aprovechamiento de biogás.

El Proyecto de Energía Renovable para la Agricultura

Como antecedente del PERA, cabe mencionar que a mediados de los noventas, con los trabajos realizados por el FIRCO y los Laboratorios Nacionales SANDIA de los Estados Unidos, se empezó a promover el uso de tecnologías para el aprovechamiento de fuentes de energía renovables en el sector agropecuario mexicano a fines de 1994. Entre 1994 y 1999 el Programa FIRCO-Sandia apoyó la instalación de módulos demostrativos, con aportaciones de recursos a fondo perdido de entre 20 y 40 % del costo de los equipos. Hasta 1999 se habían instalado 195 de estos sistemas en diferentes estados del país. El Programa contempló también la realización de cursos y talleres de capacitación entre funcionarios públicos, personal de empresas proveedoras de servicios, y productores agropecuarios, para reducir las barreras de entrada de los equipos de fuentes renovables, principalmente las derivadas del desconocimiento sobre el uso y beneficio potencial de dichas tecnologías.

En 1996 el Gobierno de México instrumentó el Programa de la Alianza para el Campo, uno de cuyos objetivos fue propiciar la capitalización de las unidades productivas del sector agropecuario, mediante el apoyo con recursos económicos para la construcción de infraestructura y la adquisición de equipos para mejorar las unidades productivas de manera sustentable. Dicho Programa incluyó entre sus componentes el apoyo a las tecnologías para el aprovechamiento de energías renovables, lo que contribuyó a la promoción y difusión de estas tecnologías.

En virtud de los buenos resultados obtenidos en el Programa FIRCO-SANDIA, en 1999 la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, (SAGARPA), por conducto del FIRCO, gestionó ante el Fondo Mundial de Medio Ambiente (GEF), a través del Banco Mundial, un Donativo que permitió darle continuidad a las acciones de promoción del uso esta tecnología en el campo mexicano. El Convenio de la Donación se firmó a principios del 2000. Esta iniciativa recibió el nombre de Proyecto de Energía Renovable para la Agricultura (PERA), y su operación llegó a su término a mediados del 2006.

El enfoque del Proyecto se realizó de forma descentralizada e integral, atendiendo a las demandas de tecnologías de energía renovable por parte de productores agropecuarios y proveedores de sistemas. Se buscó desarrollar el mercado de la energía renovable, propiciando el desarrollo de empresas establecidas y surgimiento de nuevos fabricantes y distribuidores. Mediante la capacitación y la asistencia técnica se incidió en el incremento de la productividad de las unidades productivas, se estimuló la investigación sobre el

manejo de recursos naturales, atendiendo la protección del medio ambiente, así como promoviendo opciones de usos de estas tecnologías para los pequeños productores.

Contó con un diseño para que las organizaciones de productores, proveedores de servicios, instituciones y gobiernos participaran en forma corresponsable e interactiva, al vincular los apoyos del Proyecto con la Alianza para el Campo con el aporte correspondiente de los productores, lo que permitió fortalecer su implementación

Las barreras para la adopción de la tecnología, que enfrentó el PERA, fueron la falta de conocimiento sobre la tecnología, la falta de técnicos y proveedores y los altos costos iniciales de los equipos, lo cual planteó que el proyecto atendiera la instalación de sistemas demostrativos en predios de productores que contaran con proyectos productivos exitosos, la promoción de la capacitación y asistencia técnica, la realización de estudios de mercado y de desarrollo tecnológico y acciones de certificación de técnicos y empresas.

Los logros obtenidos por el PERA, el cumplimiento de sus objetivos, y la mecánica operativa de su instrumentación, hicieron que el proyecto fuese exitoso, lo cual permitió:

- Impulsar un mercado de productos y servicios de energía renovable cada vez mayor;
- El que los usuarios de los equipos hayan mostrado su satisfacción con los sistemas;
- Que el número de los proveedores haya ido en crecimiento;
- Que paralelo a las instalaciones realizadas con recursos del programa, se hayan realizado otras, sin apoyo del mismo (1,545 módulos fotovoltaicos y 867 réplicas).
- El que se manifieste una tendencia de descenso de precios en los equipos;
- Que se haya dado un proceso de inducción para la generación de un padrón de proveedores;
- Que se haya incursionado en la generación de estudios de nuevas aplicaciones de tecnologías de energías renovables (dentro de las que se incluye el de aprovechamiento de biogás).
- El que se cuente con un capital humano de técnicos, productores líderes y funcionarios que se han capacitado en el desarrollo del proyecto y de la energía renovable;
- El que se cuente con una sólida infraestructura de módulos demostrativos que permitan la difusión y promoción de las tecnologías con fines productivos.

Desarrollo del proyecto de aprovechamiento de biogás por el FIRCO.

Dentro del PERA se encontraba una componente denominada “Desarrollo del Mercado”, cuyo propósito era el de reducir el desconocimiento e incertidumbre de la situación actual y potencial del mercado de sistemas de energía renovable y promover el desarrollo de este mercado en México; conformándose por dos tipos de estudios: uno de “Situación Actual y Perspectivas del Mercado de Renovables en el Sector Agropecuario de México”; y otro de estudios específicos de desarrollo tecnológico de nuevas aplicaciones en el sector agropecuario, dentro del cual se ubica lo relacionado al proyecto de aprovechamiento de biogás.

- Mecanismos de Financiamiento

Esquema del mecanismo de financiamiento

El mecanismo de financiamiento específico para el desarrollo del proyecto, formó parte integrante de su mecánica operativa.

En ese sentido, para acceder a dicho financiamiento, el productor tuvo que cumplir con una serie de requisitos, que iniciaron con la presentación de la solicitud de su incorporación y presentación del proyecto específico de la unidad productiva, entre los más relevantes.

Con base en el Convenio de Coordinación entre la UACM y el FIRCO, y de acuerdo al propósito del proyecto encaminado al aprovechamiento de biogás con el fin de generar electricidad; y que además las unidades pecuarias fuesen utilizadas como módulos demostrativos para la difusión de la tecnología, se formularon Convenios de Concertación específicos entre el FIRCO y cada uno de los productores seleccionados como beneficiarios, con el fin de establecer las reglas sobre la canalización de los recursos.

Este convenio específico se diseñó pensando en la participación de las Gerencias Estatales del FIRCO, que funcionaron como enlace entre los productores, la instrumentación del proyecto y la vinculación administrativa con la UACM.

En cada uno de los convenios específicos se estableció el conjuntar esfuerzos y recursos para la realización del proyecto, del tal forma que el FIRCO aportaría un monto equivalente al 50% del costo del moto generador o hasta \$200,000.00 como máximo, vía UACM.

Por su parte, el productor aportaría el equivalente al otro 50% del costo del moto generador. Previendo que en el caso de que este equipo rebasase un precio de \$400,000.00 (que sería el equivalente a la suma de aportaciones máximas FIRCO-productor), la diferencia excedente sería cubierta por el productor.

Con este esquema de recursos, en el momento que el productor establecía contacto con el proveedor del equipo, el primero se comprometía a cubrir por adelantado, ante el

proveedor, el 50% del valor del moto generador; y el FIRCO, en cuanto se hubiese instalado el equipó, cubriría el restante 50% de acuerdo a lo establecido.

Para mayor funcionalidad al proyecto y de los módulos demostrativos, dentro de dicho convenio, los productores establecieron diversos compromisos entre los que destaca:

- o No enajenar el moto generador, bajo ningún título, durante dos años.
- o Estar dispuesto a realizar acciones de promoción y difusión de la tecnología en las unidades productivas vecinas; así como realizar, en su predio, Días de Campo o de Demostración para intercambiar experiencias con productores, técnicos y funcionarios.
- o Facilitar el seguimiento de los beneficios de la tecnología

- Apoyos de la SAGARPA en Energía Renovable

La SAGARPA, a través del FIRCO está apoyando la promoción y difusión de la energía renovable, a través del “Programa del Fondo de Riesgo Compartido para el Fomento a Agro negocios (FOMAGRO)”, “Subprograma de Agro negocios”, el cual es uno de los diversos programas de atención al sector agropecuario.

El FOMAGRO el instrumento del Gobierno Federal, en donde el FIRCO actúa como prestador y promotor de servicios financieros y de inversión pública, al identificar, promover y financiar proyectos productivos con alto impacto socioeconómico.

Los apoyos del FOMAGRO están orientados a incrementar la productividad, rentabilidad y competitividad de los productores con enfoque de cadena productiva y proyecto integral de inversión, así como para fortalecer su organización con fines económicos, impulsar su desarrollo empresarial, facilitar su acceso a los diferentes mercados y factores que inciden en su actividad y propiciar su capitalización tanto en activos productivos como de carácter financiero, todo ello con respeto al medio ambiente, a su mejora y preservación.

Su objetivo general es el de impulsar el desarrollo de agro negocios, así como la práctica de las actividades agrícolas, ganaderas, forestales y pesqueras, que mejor armonicen e incrementen la productividad, rentabilidad, competitividad y sustentabilidad de la producción primaria, su eficiente inserción en las cadenas productivas, y a procesos de capitalización física y financiera, con el fin de elevar gradual y sostenidamente los niveles de vida de los productores

Se entiende como agro negocio a la actividad y conjunto de procesos que propician una más eficiente inserción de los productores agropecuarios en las cadenas productivas, y que les permite generar empleos, agregar mayor valor a sus productos y apropiarse de una mayor proporción del precio que pagan los consumidores finales. En este concepto podrán incluirse las actividades relacionadas con la producción o suministro de bienes y servicios para la producción agrícola, pecuaria, forestal y acuícola, así como las vinculadas a las fases de post cosecha, además de aquellos agros negocios que utilicen sistemas de energía renovable para la reducción de costos y/o para la conservación del medio ambiente. Se podrán incluir también los procesos de reconversión productiva en el medio rural, siempre y cuando respondan a criterios que propicien economías de escala y la prestación organizada de bienes y servicios, así como la introducción de tecnologías de avanzada, para transitar de actividades de baja productividad a otras de elevado rendimiento económico y altamente generadoras de empleo e ingreso rural.

Los tipos de apoyo del FOMAGRO están tipificados como de riego compartido, los que contemplan:

- 1) Apoyos Directos, para cubrir gastos de nuevas inversiones como los de: planes de negocios y proyectos, estudios y diseños, acompañamiento y asistencia técnica especializada, capacitación, infraestructura y equipamiento nuevo y/o
- 2) Apoyos para constituir Garantías Líquidas o Fuentes Alternas de Pago.

La población objetivo del programa es todo productor mexicano, ya sea persona física integrada en una organización, o moral que, de manera individual o colectiva realice preponderantemente actividades en el medio rural y cumpla con los requerimientos establecidos.

Dentro del Subprograma de Agro negocios se impulsa la creación o consolidación de agro negocios, a fin de que el productor dé valor agregado a su producción y esté en condiciones de retener en su beneficio un mayor porcentaje del precio pagado por el consumidor final.

Los objetivos específicos del Subprograma contemplan lo siguiente:

- o Apoyar el establecimiento de agro negocios nuevos, que generen alternativas de desarrollo productivo sostenible.
- o Coadyuvar a la consolidación de agro negocios ya establecidos, para que mejore sus condiciones de producción y competitividad, haciendo más eficiente su articulación en las cadenas productivas y la conformación de alianzas con otros agentes económicos.

- o Apoyar a los agro negocios que utilicen energías limpias dentro de sus procesos productivos, que induzcan la sustentabilidad de las unidades productivas y que incidan en la disminución de la contaminación ambiental y en la reducción de sus costos de producción.
- o Apoyar la constitución y mejoramiento de agro negocios que reduzcan los costos de transacción de los productores, a través de empresas propias, de bienes y servicios.
- o Vincular, articular y/o complementar acciones y recursos de otros programas de la SAGARPA, de los tres órdenes de gobierno y de los que dispone la sociedad civil, en apoyo al desarrollo de agro negocios.

La población objetivo del Subprograma considera a los productores del sector primarios y a agroempesarios, integrados en organizaciones económicas o empresas legalmente constituidas, de carácter nacional, estatal, distrital o local, que busquen agregar valor a su producción primaria, diversificar sus fuentes de empleo; mejorar su inserción en la cadena de producción-consumo o que se asocien con estos propósitos con otros agentes económicos.

Dentro de los tipos de apoyo canalizados a través de este Subprograma se consideran los relacionados con aportaciones directas y aportaciones para constituir garantías líquidas:

1) Aportaciones Directas

Destinadas a financiar parcialmente las inversiones nuevas para la formulación de planes de agro negocios y de estudios y proyectos y gastos pre operativos; asistencia técnica y capacitación agroindustrial, así como los necesarios para su equipamiento e infraestructura. De manera específica, el rubro de infraestructura y equipamiento se refiere a la adquisición, construcción o mejoramiento de instalaciones fijas; a la adquisición de equipo de transporte, instalación y prueba de maquinaria y equipos, incluyendo sistemas y equipos de energía renovable; necesarios para la producción o comercialización de los bienes o la prestación de los servicios objeto del agro negocio, y que permitan iniciar o mejorar el funcionamiento de los mismos y coadyuven a su consolidación y mejorar el medio ambiente,

2) Aportaciones para constituir garantías líquidas y/o fuentes alternas de pago.

Este tipo de apoyo consiste en el otorgamiento de recursos, para complementar la constitución de nuevas garantías líquidas y/o fuentes alternas de pago que posibiliten la contratación de créditos para facilitar la incorporación de las empresas al crédito bancario.

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Revista Energías Renovables www.energias-renovables.com
2. Botero, R. Biodigestores de Bajo Costo, Cali, Colombia, 1987.
3. Asociación Porcina de Huandacareo, Michoacán.
4. Sistema Meteorológico Nacional
www.smn.cna.gob.mx/climatologia/normales/estacion/mich/NORMAL16250.TXT
5. Matamoros, C. Biogás, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica, 1982.
6. Ross, C. Handbook of Biogas Utilization, 2ª edition, U.S.A. Department of Energy, U.S. 1988
7. Nelson, C Haubenschild Faros, Anaerobic Digester, University Avenue, U.S.A., 2002
8. Diseño y construcción de biodigestores, 2ª edición, Editorial Tecnológica de Costa Rica; Costa Rica, 1985.
9. <http://www.jointech-it.com/calcularbiodigestores.php>
10. Bastos, Hernán. Informe Técnico Proyecto de Generación Eléctrica a Base de Biogás
11. SAGARPA www.infoaserca.gob.mx
12. Servicio de Evaluación Ambiental, Santiago de Chile
www.e-seia.cl/archivos/anexo3DescripcióndelGrupoElectrogeno.pdf
13. Ref. Modelos de Gestión Limpia para Residuos Municipales. Instituto Politécnico Nacional.
14. Comisión Federal de Electricidad, Tarifa 9M, Tarifas para el Suministro de Energía Eléctrica.
15. Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México.
16. Aprovechamiento de Biogás para la Generación de Energía Eléctrica en el Sector Agropecuario. Apéndice A
17. Apoyos de SAGARPA y FIRCO. Apéndice B