

**Estudio de pre factibilidad para el
aprovechamiento del biogás con fines energéticos a
partir del estiércol de ganado bovino en la Unidad
de Ganado Lechero de Zamorano, Honduras**

**Zilhgian Ivania Medina Izaguirre
José Alejandro Luna Vega**

Zamorano, Honduras

Diciembre; 2009

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Estudio de pre factibilidad para el
aprovechamiento del biogás con fines energéticos a
partir del estiércol de ganado bovino en la Unidad
de Ganado Lechero de Zamorano, Honduras**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Zilhgian Ivania Medina Izaguirre
José Alejandro Luna Vega**

Zamorano, Honduras
Diciembre; 2009

Estudio de pre factibilidad para el aprovechamiento del biogás con fines energéticos a partir del estiércol de ganado bovino en la Unidad de Ganado Lechero de Zamorano, Honduras

Presentado por:

Zilhgian Ivania Medina Izaguirre
José Alejandro Luna Vega

Aprobado:

Carlos Quiroz, M.Sc.
Asesor Principal

Miguel Vélez, Ph.D.
Director Carrera de Ciencia y
Producción Agropecuaria

Miguel Vélez, Ph.D.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Marcos Vega, M.B.A.
Asesor

John Jairo Hincapié, Ph.D.
Coordinador Área de Zootecnia

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

RESUMEN

Medina, Z; Luna, A. 2009. Estudio de pre factibilidad para el aprovechamiento del biogás con fines energéticos a partir del estiércol de ganado bovino en la Unidad de Ganado Lechero de Zamorano, Honduras. Proyecto Especial del programa de Ingeniero Agrónomo Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras.

Se evaluó la rentabilidad de un proyecto de recuperación de biogás con fines energéticos utilizando los desechos fecales de la unidad de ganado lechero en Zamorano. En el sistema experimental que se implementó en Zamorano se usaron dos diluciones agua: estiércol, 70:30 y 80:20, y un tiempo de retención hidráulica de 30 días, presentando reducción de la demanda química de oxígeno a los 20 días de 84.4% y 54.2%, respectivamente. Se proyectó una producción de 3.12 y 2.56 m³/día para las diluciones 70:30 y 80:20, respectivamente, con la utilización de los desechos de la sala de espera y de comederos de la unidad. Con un volumen de fase líquida de 50.48 m³ para los biodigestores proyectados, se obtiene ahorros en energía de 5,931 y 4,856 kWh/año, equivalente a US \$ 872 y US \$ 714/año, para las relaciones 70:30 y 80:20, respectivamente. El sistema suplirá el 6.11% y 5% de los requerimientos anuales de energía. El proyecto tiene una inversión inicial de US \$ 5,018 para la relación 70:30 y US \$ 4,358 para la relación 80:20. Debido a que el ingreso por ahorro de energía eléctrica es muy bajo, la inversión en ambos biodigestores es muy alta y el consumo de energía de la Unidad de Ganado Lechero es muy elevado, ninguno de los dos proyectos es rentable según los flujos de efectivo y evaluación de los indicadores.

Palabras clave: biodigestor, relación, rentabilidad, tiempo de retención hidráulica.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
4. CONCLUSIONES.....	19
5. RECOMENDACIONES	20
6. LITERATURA CITADA	21
7. ANEXOS	23

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Composición del biogás procedente de la digestión anaerobia.....	2
2. Cantidad de agua y de estiércol suministrada diariamente con un tiempo de retención hidráulica de 30 días y un volumen de la fase líquida de 13.81 m ³	9
3. Producción de biogás en los biodigestores experimentales Tipo Taiwán.....	12
4. Análisis de DQO a la entrada y salida a los 20 y 30 días, y eficiencia de depuración de los biodigestores.....	13
5. Tiempo de operación y consumo de energía eléctrica del equipo de la Unidad de Ganado Lechero.....	13
6. Beneficios económicos en US \$ que se obtienen por concepto de energía eléctrica de un biodigestor de 50.48 m ³	15
7. Inversión inicial para la instalación del sistema con una relación 80:20.....	16
8. Inversión inicial para la instalación del sistema con una relación 70:30.....	16
9. Inversión inicial para la instalación del sistema con una relación 80:20 con infraestructura donada.....	16
10. Inversión inicial para la instalación del sistema con una relación 70:30 con infraestructura donada.....	16
11. Inversión inicial para la instalación del sistema con una relación 80:20 con equipo donado.....	17
12. Inversión inicial para la instalación del sistema con una relación 70:30 con equipo donado.....	17
13. Ingresos por ahorro en facturación de energía eléctrica para la relación 80:20.....	17
14. Ingresos por ahorro en facturación de energía eléctrica para la relación 70:30.....	17
15. Costos fijos anuales del biodigestor.....	18
16. Costos fijos anuales del biodigestor sin mano de obra.....	18
17. Índices financieros para determinar la rentabilidad del proyecto en tres escenarios de inversión.....	18

Figura	Página
1. Localización de los biodigestores experimentales Tipo Taiwán en la Unidad de Ganado Lechero de Zamorano	5
2. Diseño de las fosas de alojamiento de los biodigestores experimentales Tipo Taiwán	5
3. Diseño de las alcantarillas ubicadas a los extremos de los biodigestores	6
4. Construcción de la estructura de protección de los biodigestores Tipo Taiwán	6
5. Partes de una válvula de salida de biogás de un biodigestor	7
6. Válvulas de seguridad, transporte y medición del biogás producido en los biodigestores	7
7. Instalación del tubular de polietileno en la fosa	8
8. Formación de los canales de conducción de los efluentes de los biodigestores a la caja de pasaje de aguas	9

Anexo

1. Instalación de un biodigestor tipo "Taiwán" del proyecto "Instalación de 6 biodigestores en comunidades rurales". Limón, CR. 2009	23
2. Capacidad total y alimentación diaria de los biodigestores experimentales Tipo Taiwán	23
3. Análisis de laboratorio de DQO	24
4. Consumo eléctrico de la Unidad de Ganado Lechero a un costo de L. 2.77/kW	27
5. Cálculos de proyección para la generación y ahorro de energía eléctrica en la Unidad de Ganado Lechero	28
6. Flujo de efectivo para la inversión de un biodigestor de 50.48 m ³ con relación 70:30	29
7. Flujo de efectivo para la inversión de un biodigestor de 50.48 m ³ con relación 80:20	30
8. Flujo de efectivo para la inversión del biodigestor con una relación de 70:30 con infraestructura donada y sin mano de obra estudiantil	31
9. Flujo de efectivo para la inversión del biodigestor con una relación de 80:20 con infraestructura donada y sin mano de obra estudiantil	32
10. Flujo de efectivo para la inversión del biodigestor con una relación de 70:30 con donación de equipo y sin mano de obra estudiantil	33
11. Flujo de efectivo para la inversión del biodigestor con una relación de 80:20 con donación de equipo y sin mano de obra estudiantil	34
12. Constancia de participación en el entrenamiento para la instalación y mantenimiento de biodigestores	35

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental y el calentamiento global hacen que las condiciones climáticas de todas las regiones del mundo cambien, y en la mayoría de casos de manera perjudicial y alarmante.

El calentamiento global es causado por el aumento en la concentración de gases de efecto invernadero. Estos gases son una parte natural de la atmósfera de la tierra, pero en los últimos 150 años su cantidad se ha incrementado, debido a un aumento en la cantidad de emisiones de vehículos, fábricas y centrales eléctricas (Gardiner 2008).

Dentro de los gases de este grupo, uno de los más importantes es el metano. Una gran parte del metano emitido es por la actividad humana; del 22% al 27% de las emisiones mundiales de metano proceden del ganado (FAO 2001).

El metano tiene una gran capacidad combustible, además es de 20 a 30 veces más eficaz, que el dióxido de carbono para retener calor en la atmósfera terrestre (Hill y Kolb 1999). Una de las alternativas para la captura de metano es la construcción de biodigestores, con los cuales se consigue un mejor manejo de los desechos orgánicos, captura de biogás y su aprovechamiento para actividades de producción. Desde el siglo pasado se conocía en la India y China el uso de procesos fermentativos para producir el biogás y tratar las excretas de animales de forma artesanal. En los biodigestores, que son las instalaciones donde ocurren estos procesos, se obtiene además un efluente líquido cuyo valor económico como fertilizante es equivalente al del biogás (Sosa *et al.* 2007).

McInerney y Bryant (citados por Guevara 1996) hacen mención de tres etapas en las que se lleva a cabo la producción de biogás:

Etapa I: La materia orgánica es atacada por grupos de bacterias fermentativas proteolíticas y celulolíticas, que la degradan hasta ácidos grasos y compuestos neutros.

Etapa II: Los ácidos grasos son atacados por bacterias reductoras obligadas de hidrógeno, que llevan los ácidos de acetato, a H_2 y CO_2 .

Etapa III: Las bacterias metanogénicas utilizan tanto el acetato como el H_2 y el CO_2 para producir metano.

El estiércol fresco de ganado vacuno contiene 16% de material sólido y 84% de agua. El estiércol de vacuno es mezclado con agua en una proporción de 1:1 (Álvarez *et al.* 2009). Son muchas las recomendaciones existentes en cuanto al tiempo de retención hidráulica óptimo, para que la fermentación anaeróbica se realice de manera satisfactoria y haya la

máxima producción de biogás posible. Botero y Preston (1987) recomiendan un tiempo de retención de agua entre los 30 y 50 días para las regiones tropicales y subtropicales.

Muchos investigadores e instituciones como la Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC 2002), Botero y Preston (1987) coinciden en sus investigaciones a cerca de la composición del biogás y su poder calórico como fuente de energía (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición del biogás procedente de la digestión anaerobia.

Componente	Porcentaje (%)
CH ₄	54-70
CO ₂	27-45
N ₂	0.3-3
H ₂	01-10
CO	0.1
O ₂	0.1
H ₂ S	Trazas

Fuente: Sociedad de Agricultores de Colombia (2002).

Aliaga (2006) analizó la producción de biogás a partir de desechos porcícola en Zamorano, y estimó un ahorro en energía eléctrica de US \$ 1484/año y de US \$ 1474 por disminución de las emisiones de CO₂.

El objetivo general de este estudio fue determinar la pre factibilidad de implementar un sistema de aprovechamiento de biogás con fines energéticos a partir del estiércol de la Unidad de Ganado Lechero de Zamorano; los objetivos específicos fueron:

- Cuantificar la producción de biogás a partir de las excretas de la Unidad de Ganado Lechero.
- Comparar dos relaciones sólido-líquido para determinar la óptima para generar la máxima producción de biogás.
- Caracterizar la eficiencia en la remoción de materia orgánica contaminante del agua residual a través del biodigestor.
- Identificar la demanda energética de la unidad de ganado lechero.
- Determinar la infraestructura e inversión necesaria para implementar el sistema de aprovechamiento de biogás con fines energéticos.
- Determinar la rentabilidad del proyecto a través de los indicadores financieros: TIR, VAN, C/B y PRI.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar el potencial de biogás a producir a partir de los desechos sólidos (excretas bovinas) y aguas servidas de la unidad de Ganado Lechero se instalaron dos biodigestores “Tipo Taiwán” de polietileno doble de 7 mils (0.178 mm) de grosor, con un volumen de 18.42 m³ c/u, de los cuales el 75% (13.81 m³) estaban representados por la fase líquida y el 25% (4.61 m³) fueron usados como campana para el almacenamiento de biogás.

MATERIALES

Se trabajó con el modelo Tipo Taiwán, que es el más adaptado a las condiciones y presupuesto de las familias de las áreas rurales.

Los materiales utilizados para la instalación de los dos biodigestores Tipo Taiwán fueron:

- Bolsa de polietileno de 50 m de largo, calibre 7 de 6 m de circunferencia.
- 75 baldes de plástico (Donación Unidad de Reciclaje).
- Ocho metros de manguera plástica transparente de 3.13 cm de diámetro.
- Dos metros de manguera plástica transparente de 1.88 cm de diámetro.
- Siete Tee sanitaria de PVC de 2.5 cm de diámetro.
- Dos Tee sanitarias de PVC de 5 cm de diámetro.
- Dos adaptadores macho de PVC de 2.5 cm.
- Dos adaptadores hembra de PVC de 2.5 cm.
- 11 codos de PVC de 90° de 2.5 cm.
- 48 m de tubería de presión de PVC de 2.5 cm.
- 15 m de tubería de presión de PVC de 5 cm.
- Cuatro tapones lisos de PVC de 2.5 cm.
- Tres válvulas lisas de bola de PVC de 2.5 cm.
- Dos válvulas lisas de bola de PVC de 5 cm.
- Seis arandelas de plástico o acrílico de 20 cm de diámetro, con un orificio central de 2.5 cm.
- Dos frascos o envases de plástico con capacidad para 3 L.
- Seis neumáticos usados de automóvil.
- 70 sacos plásticos usados.
- Dos tubos de pegamento para PVC.

- 86 m² de tela metálica.
- 30 láminas de zinc de 5 × 1 m.
- Dos alambrinas metálicas de lavar ollas.
- Hierro galvanizado de 4-5 cm de largo.
- 57 cuartones (10 × 10 cm) de madera.

METODLOGÍA

Construcción de los biodigestores experimentales tipo Taiwán

Selección del área. La fosa debe de situarse a inmediaciones de donde se producen las excretas así como a una fuente permanente de agua para que las excretas puedan ser conducidas por gravedad hacia el biodigestor (Botero y Preston 1987). Para efectos de este estudio los biodigestores se instalaron cerca de la sala de ordeño y los comederos (Figura 1).

Preparación de la bolsa. La bolsa utilizada para este estudio, fue donada por el Grupo Olefinas. Se usaron 50 m de plástico tubular de polietileno de 6 m de circunferencia, calibre 7. Los biodigestores tenían 6 m de longitud, de bolsa doble y con alcantarillas a los extremos. Se dividió el tubular de la siguiente manera:

- Cuatro piezas de 10 m, para los biodigestores.
- Dos piezas de 5 m, para el reservorio.

El reservorio también contó con bolsa doble de polietileno. Se extendió la bolsa dividida en una superficie plana y libre de objetos cortopunzantes, introduciendo una dentro de la otra, de manera que cada parte quedara de bolsa doble. Siendo de polietileno, la persona que prepara la bolsa no debe tener objetos cortopunzantes en su ropa y cuerpo, ya que puede dañar el plástico.

Preparación de las fosas. Previo a la instalación de los biodigestores se cavaron dos fosas de forma trapezoidal, con la que se pierde solamente el 8% de la capacidad de la bolsa. Las dimensiones de las fosas fueron: 6 m de longitud, base mayor de 1.7 m, base menor de 1.5 m y la altura de 1.5 m (Figura 2).

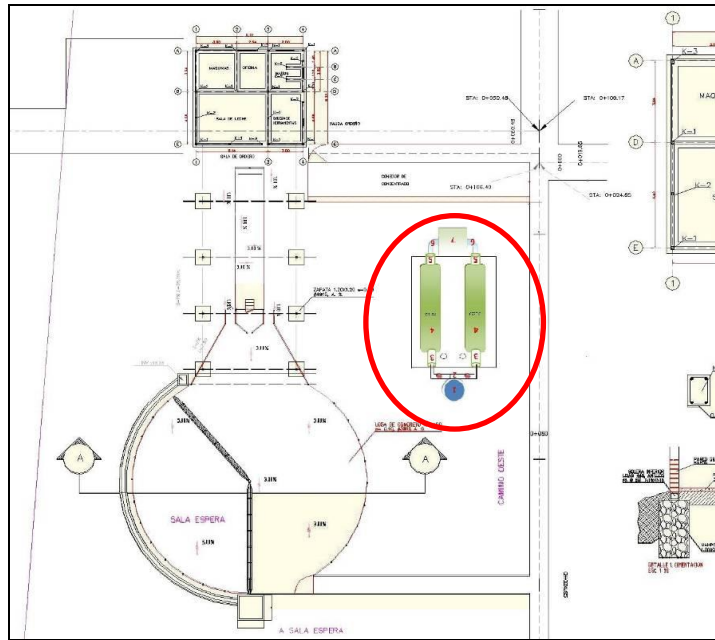


Figura 1. Localización de los biodigestores experimentales Tipo Taiwán en la Unidad de Ganado Lechero de Zamorano.

Fuente: Colección de planos arquitectónicos de Zamorano.

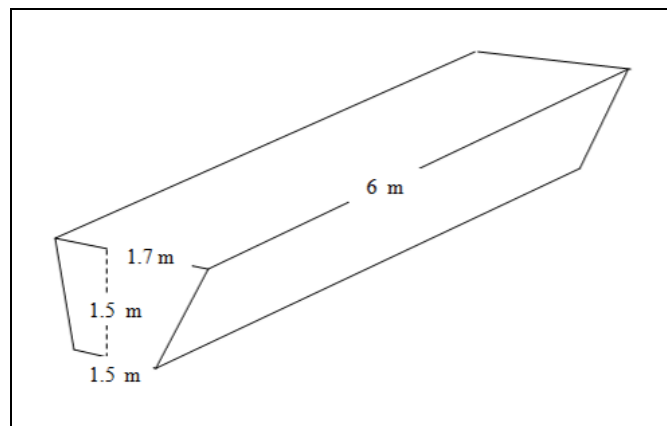


Figura 2. Diseño de las fosa de alojamiento de los biodigestores experimentales Tipo Taiwán.

En los extremos de las fosas se cavaron dos zanjas inclinadas hasta el fondo y con el diámetro de los baldes de plástico utilizados (Figura 3).

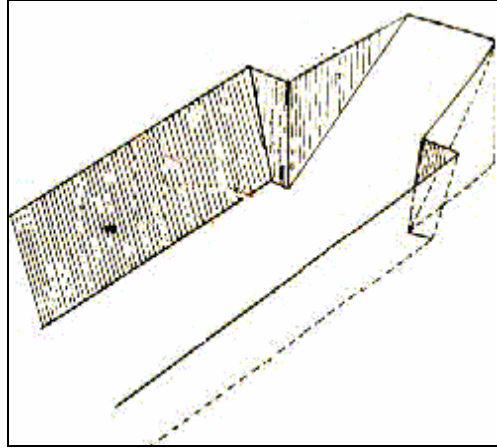


Figura 3. Diseño de las alcantarillas ubicadas a los extremos de los biodigestores.
Fuente: Biodigestor de polietileno: construcción y diseño. CEDEPAC. 2007.

Construcción de la estructura de protección. La bolsa del biodigestor debe tener un techo para reducir la condensación interna de humedad e impedir la entrada directa del agua lluvia y de los rayos ultravioleta del sol, que dañan el polietileno. Además debe ser cercada para evitar la caída accidental de personas o animales sobre la bolsa (Botero y Preston 1987). La fosa se cercó con malla para evitar la entrada de pájaros. El techo se construyó con láminas de zinc (Figura 4).



Figura 4. Construcción de la estructura de protección de los biodigestores Tipo Taiwán.

Preparación de la válvula de salida de biogás. La salida del biogás se da a través de una válvula instalada en la parte superior (quiebre de la bolsa) y a dos metros del extremo más cercano al lugar donde se utilizará el biogás (Figura 5). Se hizo un corte circular de 2.5 cm de diámetro, por donde pasa en adaptador macho de PVC. Una vez instalada la válvula de salida, se colocó la bolsa dentro de la fosa.

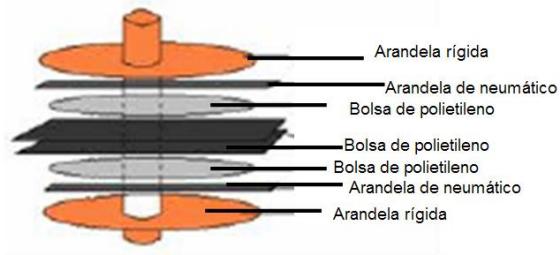


Figura 5. Partes de una válvula de salida de biogás de un biodigestor.

Fuente: Biodigestor de polietileno: construcción y diseño CEDEPAC (2007). Adaptado por los autores.

Preparación de la válvula de seguridad. Se diseñó una válvula de seguridad para cada biodigestor, las cuales permitieron la conducción del biogás al reservorio, y a la vez llevar a cabo la medición en tiempos distintos (Figura 6).



Figura 6. Válvulas de seguridad, transporte y medición del biogás producidos en los biodigestores.

Se introdujo una Tee de PVC de 2.5 cm con un niple de 20 cm en el cual se colocó una esponja metálica que filtra el H_2SO_4 (tóxico) y lo convierte en Fe_2SO_4 (no tóxico). El niple debe quedar suelto con el fin de que esta esponja metálica pueda ser cambiada cada seis meses.

La válvula de seguridad se conectó a la válvula de salida del biogás por medio de una manguera plástica transparente introducida a presión. Instaladas las válvulas de salida y de seguridad con su respectiva conexión, se inflaron las bolsas con un compresor y un ventilador colocado en una de las alcantarillas (Figura 7).



Figura 7. Instalación del tubular de polietileno en la fosa.

Canales de conducción de los efluentes de los biodigestores. En las alcantarillas de salida se cavaron dos canales de conducción de los efluentes de los biodigestores a una de las cajas del sistema de sedimentación de partículas (Figura 8).

Proporción sólido-líquido. Se trabajó con dos relaciones de agua: excretas de 70:30 (70% agua, 30% excretas) y 80:20 (80% agua, 20% excretas) (Cuadro 2).



Figura 8. Formación de los canales de conducción de los efluentes de los biodigestores a la caja de pasaje de aguas.

Determinación de la Materia Seca (MS) de las excretas bovinas. Se tomaron tres muestras de excretas bovinas en la Unidad de Ganado Lechero, las cuales se secaron a 60 °C durante 72 horas.

Tiempo de retención hidráulica del sistema. La mayoría de las recomendaciones para el tiempo de retención hidráulica para biodigestores de tipo Taiwán, coinciden en el rango de 30 a 50 días, por lo que la cantidad diaria de excretas para alimentar al biodigestor se calcula dividiendo el volumen de su fase líquida (75% de su capacidad total) entre los días de retención (Botero y Preston 1987).

En el presente estudio se trabajó con un tiempo de retención hidráulica de 30 días, y la cantidad de aguas servidas a introducir diariamente se calculó en 460 L/día (Anexo 2). El material se adicionó a los biodigestores por la mañana durante 60 días.

Cuadro 2. Cantidad de agua y de estiércol suministrada diariamente con un tiempo de retención hidráulica de 30 días y un volumen de la fase líquida de 13.81 m³.

Proporción Sólido: Líquido	Agua (L/día)	Estiércol (kg/día)
70:30	322	138
80:20	368	92

Remoción de contaminantes de las aguas servidas. Para evaluar la remoción de los contaminantes se realizaron análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en los laboratorios de UNITEC, Tegucigalpa, que indica el contenido de materia orgánica en el agua natural (Greenberg *et al.* 1992). Se tomaron muestras el primer día a la entrada, y a los 20 y 30 días a la salida de los biodigestores, para determinar la remoción de agentes contaminantes (Anexo 3).

Toma de temperatura a la entrada y salida de los biodigestores. Se midió la temperatura a la entrada y a la salida de los biodigestores, para calcular el efecto de la fermentación. Las mediciones se realizaron del día 10 al 60 por la mañana en la entrada y en la salida cuando se vertía la cantidad diaria estipulada, y por la tarde solamente en la salida.

Medición de la producción de biogás. La producción de biogás en ambos biodigestores se llevó a cabo por volumen. La medición volumétrica se realizó con una bolsa de 40 × 25 cm y se tomó el tiempo de llenado de la bolsa con el gas, y se hizo la relación de la producción diaria de acuerdo al promedio de las mediciones tomadas. Las mediciones se realizaron diariamente entre las 3 y 3:30 p.m. durante los 60 días.

Estimación teórica de metano en el biogás. La cantidad de metano se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$V_{CH_4} = BO \times VS \times \left(1 - \frac{K}{U \times RT - 1 + K} \right)$$

Donde,

V_{CH_4} : Producción de metano (m³/día).

BO: Potencial de producción de metano.

VS: Sólidos volátiles.

K: descomposición de los sólidos volátiles en el tiempo.

U: Crecimiento de producción de metano con el cambio de temperatura por día.

RT: Días de retención del lodo.

Sánchez (2003) establece que cada m³ de CH₄ equivale a 10.55 kWh de energía.

Proyección de los datos de producción de biogás de un sistema para el manejo de las excretas del área de ordeño de la Unidad de Ganado Lechero. Con los datos obtenidos de las unidades experimentales, se estimó la producción de biogás en un sistema de manejo de todas las excretas de la Unidad de Ganado Lechero.

Identificación de la demanda energética. Para estimar la demanda de energía de la Unidad de Ganado Lechero se hizo un inventario de todas máquinas que requieren energía eléctrica, su voltaje y tiempo de uso diario en la unidad. Se recolectaron los datos de consumo de energía eléctrica en la Unidad de Ganado Lechero entre enero y septiembre del presente año (Anexo 4).

Análisis de la inversión necesaria para la implementación del sistema en la Unidad de Ganado Lechero. Para determinar la inversión necesaria para manejar las aguas residuales de la unidad se identificó la infraestructura y los equipos electromecánicos, tales como motores y generadores requeridos para la producción de energía eléctrica. Para ello se trabajó con datos de una investigación realizada por Martínez y Víquez (2007) en la Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda y de INNOVAGRO (2009).

Análisis financiero. Se elaboró un flujo de efectivo, y definieron los ingresos por concepto de ahorros en la factura energética, y los costos de operación (mantenimiento de equipo y limpieza). Con base en esto se obtuvo el saldo neto efectivo por período, y con la ayuda de una hoja electrónica de Excel, se trajo a valor presente para calcular los diferentes indicadores.

Tasa Interna de Retorno (TIR). Es la tasa de interés con la cual el Valor Actual Neto o Valor Presente Neto (VAN o VPN) es igual a cero. El VAN o VPN es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente. Es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, a mayor TIR, mayor rentabilidad.

Valor Actual Neto (VAN). El Valor Actual Neto de una inversión es la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial.

Relación Costo/Beneficio (C/B). Con la relación costo-beneficio se busca la ganancia por cada unidad que se invierte.

Período de Recuperación de la Inversión (PRI). Es el tiempo promedio en que la inversión inicial es recuperada con los beneficios obtenidos en ahorros de facturación energética y manejo de los desechos provenientes de la actividad.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CUANTIFICACIÓN DE LAS EXCRETAS Y PRODUCCION DE BIOGAS

En la unidad se ordeñan 220 vacas dos veces al día. En el área de espera previo al ordeño, la cantidad de excretas es de aproximadamente 380 kg/día, con 17% de materia seca. Se recomienda una relación agua: excretas entre 80:20 (4:1) (Botero y Preston 1987) y 50:50 (1:1) (Sánchez 2003). El presente estudio se trabajó con dos relaciones de 80:20 (4:1) y 70:30 (2.3:1). Se encontró que la relación 70:30 produjo una mayor cantidad de biogás (Cuadro 3).

La producción de biogás inició de manera significativa a partir del día 10. Se observó un aumento de temperatura de 1 a 1.4 °C en el biodigestor I (70:30) y de 0.7 a 0.8 °C en el biodigestor II (80:20) los que se mantuvieron dentro del rango a lo largo del estudio. La diferencia de temperaturas se atribuye a la mayor cantidad de material fermentable en el biodigestor I.

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA CONTAMINANTE

En el Anexo 3 se detalla los resultados de los análisis de laboratorio realizados a la entrada y salida de las unidades experimentales. Se encontró una alta eficiencia de depuración en los biodigestores con base en la DQO (Cuadro 4).

Cuadro 3. Producción de biogás en los biodigestores experimentales Tipo Taiwán.

Dosis	Días						
	0	10	20	30	40	50	60
	Producción de biogás (m ³ /día)						
(70:30)	0	0.374	0.802	0.924	0.995	1.043	1.074
(80:20)	0	0.760	0.653	0.716	0.821	0.876	0.920

Cuadro 4. Análisis de DQO a la entrada y salida a los 20 y 30 días, y eficiencia de depuración de los biodigestores.

Biodigestor	Entrada (mg/L)	Salida (mg/L) ¹		Eficiencia de remoción (%)	
		20 días	30 días	20 días	30 días
70:30	25110.40	3921.34	5925.00	84.38	76.40
80:20	5727.57	2621.57	3412.80	54.23	40.41

¹ La norma máxima permisible de DQO en aguas es de 150-200 mg/L.

Con un tiempo de retención hidráulica de 20 días se encontró una mayor depuración de las aguas. A los 30 días se redujo, lo que se atribuye a la acumulación de fibra poco degradada en el interior de los biodigestores. Se debe considerar que solo se realizó una medición para cada punto.

CONSUMO ELÉCTRICO DE LA UNIDAD DE GANADO LECHERO

En la unidad hay un consumo mensual promedio de 8091 kWh, lo que representa un costo mensual promedio de US \$ 1187 (Anexo 4). El consumo de energía eléctrica de los diferentes equipos se detalla en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Tiempo de operación y consumo de energía eléctrica del equipo de la Unidad de Ganado Lechero.

Equipo Eléctrico	Tiempo (min)	Watts
Luces	190	1040
Bomba de 1 Hp	17	1900
Bomba de 3 Hp	370	4000
Bomba de 7.5 Hp	370	8740
Motor de 4 Hp	370	4000
Lavado de tanque	7	4000
Calentador	10	4500
Radio	240	105
Computadora	600	65
Cafetera	480	1000
Microondas	10	1050
Enfriadores	370	4485
Tanque	370	nd

nd dato no disponible

PROYECCIÓN DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS CON LOS DESECHOS PROCEDENTES DEL ORDEÑO.

Para determinar la producción de biogás y el beneficio que traería un sistema para el manejo del total de desechos procedentes de la limpieza del área de producción, se hizo una proyección de la producción de biogás (Cuadro 6).

Utilizando todas las excretas se tendría un ahorro mensual por facturación de energía eléctrica de US \$ 291 con la relación 70:30 y de US \$ 198.13 con la mezcla de 80:20. Con las unidades experimentales, se observó un ahorro mensual de US \$ 72.65 y US \$ 59.48, con las relaciones 70:30 y 80:20, respectivamente.

Al equipo de se le debe brindar mantenimiento por lo menos cada seis meses para garantizar su funcionamiento. Además se debe tener a una persona encargada de velar diariamente por el funcionamiento del sistema (Cuadro 15).

El Aprender Haciendo (AH) en Zamorano es una herramienta de vital importancia en el aprendizaje y desarrollo de sus alumnos; mediante esta metodología los estudiantes realizan en el campo toda la teoría que se imparte en los salones de clases. Debido a estas actividades realizadas por lo estudiantes en las diversas unidades o módulos de trabajo se logra reducir los costos por mano de obra dentro de la escuela. Por lo que se hace necesario tomar en consideración, que para efectos de aprendizaje, la mano de obra a utilizarse para el mantenimiento y cuidado del sistema de producción de biogás será la estudiantil, con lo cual los costos fijos anuales de producción se reducen (Cuadro 16).

Según los análisis financieros realizados a partir de los datos experimentales, la implementación del sistema no es rentable, debido a que la proyección basada en los datos experimentales no resulta rentable, los índices TIR y PRI son indeterminados (Cuadro 17). Bajo condiciones de Zamorano, al no existir costos fijos por concepto de mano de obra, se logra hacer más rentable el proyecto. Se observa que con los datos teóricos se logra tener la máxima rentabilidad con un TIR mayor que la tasa de interés impuesta (10%).

Cuadro 6. Beneficios económicos en US \$ que se obtienen por concepto de energía eléctrica de un biodigestor de 50.48 m³

Proporción Sólido: Líquido	Estiércol (kg/día)	Agua (m ³ /día)	Potencial (m ³ /día)	Prod. eléctrica (kWh)	Prod. eléctrica (kWh/día)	Prod. eléctrica (kWh/mes)	Consumo eléctrico mensual (kWh/mes)	Ahorro (%)	Ahorro (US\$/mes)
70:30	0.38	0.88	1.56	0.69	16.47	494.10	8090.78	6.11	72.65
80:20	0.38	1.51	1.28	0.56	13.49	404.70	8090.78	5.00	59.48

Cuadro 7. Inversión inicial para la instalación del sistema con una relación 80:20.

Descripción	Cantidad	Unidad	US \$
Bolsa de polietileno	1.00	Rollo 60 m	264
Construcción para biodigestores	76.00	m ²	1000
Equipo para generación eléctrica	0.36	kWh	720
Construcción para equipo eléctrico	10.00	m ²	430
Instalación eléctrica			1600
Total Inversión			4014

Cuadro 8. Inversión inicial para la instalación del sistema con una relación 70:30.

Descripción	Cantidad	Unidad	US \$
Bolsa de polietileno	1.00	Rollo 60 m	264
Construcción para biodigestores	76.00	m ²	1000
Equipo para generación eléctrica	0.69	kWh	1380
Construcción para equipo eléctrico	10.00	m ²	430
Instalación eléctrica			1600
Total Inversión			4674

Cuadro 9. Inversión inicial para la instalación del sistema con una relación 80:20, con infraestructura donada.

Descripción	Cantidad	Unidad	US \$
Bolsa de polietileno	1.00	Rollo 60 m	264
Construcción para biodigestores	76.00	m ²	0
Equipo para generación eléctrica	0.36	kW	720
Construcción para equipo eléctrico	10.00	m ²	430
Instalación eléctrica			1600
Total Inversión			3014

Cuadro 10. Inversión inicial para la instalación del sistema con una relación 70:30, con infraestructura donada.

Descripción	Cantidad	Unidad	US \$
Bolsa de polietileno	1.00	Rollo 60 m	264
Construcción para biodigestores	76.00	m ²	0
Equipo para generación eléctrica	0.69	kWh	1380
Construcción para equipo eléctrico	10.00	m ²	430
Instalación eléctrica			1600
Total Inversión			3674

Cuadro 11. Inversión inicial para la instalación del sistema con una relación 80:20, con equipo donado.

Descripción	Cantidad	Unidad	US \$
Bolsa de polietileno	1.00	Rollo 60 m	264
Construcción para biodigestores	76.00	m ²	1000
Equipo para generación eléctrica	0.36	kW	0
Construcción para equipo eléctrico	10.00	m ²	430
Instalación eléctrica			1600
Total Inversión			3294

Cuadro 12. Inversión inicial para la instalación del sistema con una relación 70:30, con equipo donado.

Descripción	Cantidad	Unidad	US \$
Bolsa de polietileno	1.00	Rollo 60 m	264
Construcción para biodigestores	76.00	m ²	1000
Equipo para generación eléctrica	0.36	kW	0
Construcción para equipo eléctrico	10.00	m ²	430
Instalación eléctrica			1600
Total Inversión			3294

Cuadro 13. Ingresos por ahorro en facturación de energía eléctrica para la relación 80:20

Descripción	Cantidad	Unidad
Potencial energético del biogás	4855.56	kWh/año
Precio de venta de servicios	0.15	US \$/kWh.
Ingresos anuales	728.33	US \$/año

Cuadro 14. Ingresos por ahorro en facturación de energía eléctrica para la relación 70:30

Descripción	Cantidad	Unidad
Potencial energético del biogás	5930.72	kWh/año
Precio de venta de servicios	0.15	US \$/kWh.
Ingresos anuales	871.82	US \$/año

Cuadro 15. Costos fijos anuales del biodigestor.

Descripción	Costo (US \$)
Materiales de trabajo	150
Mantenimiento máquinas	167
Mano de Obra	871
Costo fijo	1188

Cuadro 16. Costos fijos anuales del biodigestor, sin mano de obra.

Descripción	Costo (US \$)
Materiales de trabajo	150
Mantenimiento máquinas	167
Costo fijo	317

Cuadro 17. Índices financieros para determinar la rentabilidad del proyecto en tres escenarios de inversión.

TRT	Escenario	Indicadores económicos		
		VAN 10% (US \$)	TIR (%)	PRI (años)
70:30	Normal	-6,096	ind	ind
	Infraestructura donada	64	10	6.83
	Donación completa	371	12	6.15
80:20	Normal	-6,534	ind	ind
	Infraestructura donada	-374	7	7.89
	Donación completa	-600	6	8.59

ind datos indeterminados

4. CONCLUSIONES

- Con la relación agua: excretas 70:30 se alcanzó una producción de biogás 20% mayor que con la relación 80:20.
- Se observó una alta eficiencia de depuración de las aguas servidas de el 84.4% (70:30) y 54.2% (80:20) en un tiempo de retención hidráulica de 20 días. A los 30 días la remoción fue menor con 76.40% y 40.41%.
- Con la implementación de un sistema de depuración de aguas y producción de biogás se obtienen beneficios económicos y ambientales, tales como el ahorro de energía eléctrica.
- La unidad de ganado lechero podría suplir alrededor de 5% y 6% de su requerimiento de energía eléctrica, con las relaciones 80:20 y 70:30, respectivamente.

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar proporciones (agua: excretas) de mayor contenido de materia orgánica como 60:40 y 50:50.
- Evaluar las propiedades de las aguas residuales como biofertilizante.
- Incrementar los tiempos de retención hidráulica con el fin de propiciar una fermentación anaerobia completa de los desechos presentes en el biodigestor.
- Al aumentar los tiempos de retención hidráulica, es conveniente medir la DQO a la salida de los biodigestores para observar la variación en descontaminación al final del sistema.
- Medir la DQO por lo menos 3 veces por cada punto (entrada, salida a los 20 y salida a los 30 días de retención).
- Evaluar indicadores como: Coliformes fecales, nitrógeno, metales pesados y huevos de helmintos, para determinar la calidad del agua para riego.
- Evaluar los beneficios económicos por reducción de emisiones de carbono y producción de biofertilizante.

6. LITERATURA CITADA

Aliaga, L. 2006. Evaluación de producción de biogás utilizando desechos porcícolas de Zamorano. Tesis Lic. Ing. Agr. Valle del Yeguaré, Hn, Escuela Agrícola Panamericana. 50 p.

Álvarez, J; Caneta, L; Moyano, C. 2006. Maquinas térmicas II: biomasa y biogás. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. 32 p.

Botero, R; Preston, T. 1987. Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas: Manual para su instalación y utilización. Colombia. 20 p.

CEDECAP (Centro de demostración y capacitación en tecnologías apropiadas). 2007. Biodigestor de polietileno: construcción y diseño. Cajamarca, Perú. 15 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2001. La agricultura, víctima y villano del cambio climático, es la clave del debate sobre cómo entenderlo. (en línea). Consultado el 30 de septiembre de 2009. Disponible en: <http://www.fao.org/noticias/2001/011109-S.htm>

Gardiner, L. 2008. Contaminación atmosférica y cambios climáticos (en línea). Washington, US. Consultado el 30 de septiembre de 2009. Disponible en: http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/Atmosphere/pollution_climate_change.sp.html&edu=high

Guevara, A. 1996. Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaeróbicos rurales: Producción de gas y saneamiento de efluentes. Lima, Perú. 80 p.

Hill, J; Kolb, D. 1999. Química para el nuevo milenio. 8. ed. México. Prentice Hall. 702 p.

INNOVAGRO. 2009. Propuesta y cotización del establecimiento de dos biodigestores para tratar las aguas servidas en dos módulos (cría y precebos) de la granja La Unión. Colombia. 4 p.

Martínez, H; Víquez, J. 2007. Evaluación de la sostenibilidad de la biogeneración de electricidad, por medio del sistema de fermentación anaeróbica, en una combinación de dos biodigestores Tipo Taiwán, alimentados con excretas porcinas y bovinas. Tesis Lic. Ing. Agr. Limón, CR. EARTH. 82 p.

SAC (Sociedad de Agricultores de Colombia). 2002. Guía ambiental para el subsector porcícola. Colombia. 102 p.

Sánchez, S. 2003. Energías renovables: conceptos y aplicaciones. WWF- Fundación Natura. Quito, Ecuador, 146 p.

Sociedad Latinoamericana para la Calidad. 2000. Análisis Costo/Beneficio. 11 p.

Sosa, R; Chao, R; Cruz, E. 2007. Boletín técnico porcino: biodigestores. Instituto de Investigación Porcina. Colombia. 14 p.

7. ANEXOS


Anexo 1 Instalación de un biodigestor tipo “Taiwán” del proyecto “Instalación de 6 biodigestores en comunidades rurales”. Limón, CR. 2009.




Anexo 2. Capacidad total y alimentación diaria de los biodigestores experimentales Tipo Taiwán.

TRT	Capacidad de los biodigestores		Alimentación diaria	
	Volumen agua (m ³)	Volumen excretas (m ³)	Agua (L/día)	Estiércol (kg/día)
70:30	9.67	4.14	322.3	138.1
80:20	11.05	2.76	368.4	92.1

Anexo 3. Análisis de laboratorio de DQO: 1. Entrada del sistema (mezcla agua: excretas).
2. Salida del sistema a los 20 días. 3. Salida del sistema a los 30 días.



unilab
Industria y ambiente
de unitec



unitec
La universidad global de Honduras

Código: RT-02
Quinta versión

INFORME DE RESULTADOS No. 3657

Identificación de muestra: ANÁLISIS MEZCLAS: DIGESTOR GANADO LECHERO
 Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL Cantidad: 2000 mL
 Procedencia: ESCUELA AGRÍCOLA PANAMERICANA EL ZAMORANO
 Dirección: EL ZAMORANO, VALLE DEL YEGUARE, CARRETERA DE ORIENTE
 Solicitado por: ING. CARLOS QUIROZ
 Responsable toma de muestra: EMPRESA DE PROCEDENCIA

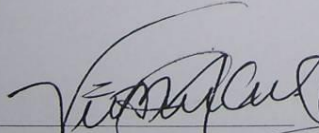
Lote N°: _____ Elaboración: _____ Vencimiento: _____
 Toma de muestra: 27/07/2009 Fecha ingreso: 27/07/09; 4:30 PM
 Fecha de análisis: 06/07/09 Fecha entrega: 10/09/09


Análisis	Resultado	Incertidumbre expandida*	Valor Normal**
MEZCLA 70/30 27/07/09			
DQO	25 110,40 mg/L	N/A	
MEZCLA 80/20 27/07/09			
DQO	5 727,57 mg/L	N/A	
----- ULTIMA LINEA -----			

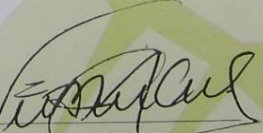
Descripción de la muestra: Líquido turbio, color café oscuro, con abundantes partículas en suspensión.

Condiciones de la muestra: La muestra se recibió en frasco plástico, sin refrigeración y sin preservación con Acido sulfurico

Observaciones: * k=2 Límite de confianza 95% ** Referencia de valores normales al reverso.
N/A = No aplica.


 JEFÉ AREA FISICO-QUIMICA
Ing. Victoria Cortés




 DIRECCION TECNICA
Ing. Victoria Cortés

Página 1 de 2

CAMPUS TEGUCIGALPA
Zona Amalapa
Tel: (504) 291-3900 Ext. 342
Fax: (504) 291-3841 P.O. Box 291-3838
E-mail: unilab@unitec.edu

La universidad global de Honduras | www.unitec.edu

Anexo 3.1. Salida del sistema a los 20 días.



Industria y ambiente
de unitec



Laureate International Universities

Código: RT-02
 Quinta versión

INFORME DE RESULTADOS No. 3658

Identificación de muestra: ANÁLISIS MEZCLAS: DIGESTOR GANADO LECHERO

Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL Cantidad: 2000 mL

Procedencia: ESCUELA AGRÍCOLA PANAMERICANA EL ZAMORANO

Dirección: EL ZAMORANO, VALLE DEL YEGUARE, CARRETERA DE ORIENTE

Solicitado por: ING. CARLOS QUIROZ

Responsable toma de muestra: EMPRESA DE PROCEDENCIA

Lote N°: Elaboración: Vencimiento:

Toma de muestra: 07/08/2009 Fecha ingreso: 07/08/09; 6:00 PM

Fecha de análisis: 11/08/09 Fecha entrega: 10/09/09

Análisis	Resultado	Incertidumbre expandida*	Valor Normal**
MEZCLA 70/30 07/08/09 SALIDA			
DQO	3 921,34 mg/L	N/A	-----
MEZCLA 80/20 07/08/09 SALIDA			
DQO	2 621,57 mg/L	N/A	-----
----- ULTIMA LINEA -----			

Descripción de la muestra: Líquido turbio, color café oscuro, con abundantes partículas en suspensión.

Condiciones de la muestra: La muestra se recibió en frasco plástico, sin refrigeración y sin preservación con Acido sulfurico

Observaciones: * k=2 Limite de confianza 95% ** Referencia de valores normales al reverso.
N/A = No aplica.



JEFE AREA FISICO-QUIMICA
Ing. Victoria Cortés





DIRECCION TECNICA
Ing. Victoria Cortés

CAMPUS YEGUCIGALPA
 Zona Jacaleapa
 Tel: 504 291-3900 Ext. 142
 Fax: 293 3843, 293 291 1838
 E-mail: unilab@unitec.edu

Página 1 de 2

La universidad global de Honduras | www.unitec.edu

Anexo 3.2. Salida del sistema a los 30 días.

unilab
industria y ambiente
de unitec

unitec
Laureate International Universities

Código: RT-02
Quinta versión

INFORME DE RESULTADOS No. 3659

Identificación de muestra: ANÁLISIS MEZCLAS: DIGESTOR GANADO LECHERO
 Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL Cantidad: 2000 mL
 Procedencia: ESCUELA AGRÍCOLA PANAMERICANA EL ZAMORANO
 Dirección: EL ZAMORANO, VALLE DEL YEGUARE, CARRETERA DE ORIENTE
 Solicitado por: ING. CARLOS QUIROZ
 Responsable toma de muestra: EMPRESA DE PROCEDENCIA
 Lote N°: Elaboración: Vencimiento:
 Toma de muestra: 21/08/2009 Fecha ingreso: 21/08/09; 5:00 PM
 Fecha de análisis: 27/08/09 Fecha entrega: 10/09/09

Análisis	Resultado	Incertidumbre expandida*	Valor Normal**
MEZCLA 70/30 21/08/09			
DQO	5 925,00 mg/L	N/A	
MEZCLA 80/20 21/08/09			
DQO	3 412,80 mg/L	N/A	

ULTIMA LINEA

Descripción de la muestra: Líquido turbio, color café oscuro, con abundantes partículas en suspensión.

Condiciones de la muestra: La muestra se recibió en frasco plástico, sin refrigeración y sin preservación con Acido sulfurico

Observaciones: * k=2 Límite de confianza 95% ** Referencia de valores normales al reverso.
N/A = No aplica.

Victoria Cortés
JEFE AREA FISICO-QUIMICA
Ing. Victoria Cortés

Victoria Cortés
DIRECCION TECNICA
Ing. Victoria Cortés

CAMPUS TEGUCIGALPA
Zona Itzamalpa
Tel: (504) 291-3950 Ext. 342
Fax: 291-3841 PRX: 291-3838
E-mail: unilab@unitec.edu

Página 1 de 2

La universidad global de Honduras | www.unitec.edu

Anexo 4. Consumo eléctrico de la Unidad de Ganado Lechero a un costo de L. 2.77/kW.

Mes	Consumo (kW/mes)	Gasto Mensual (L.)	Gasto Mensual (US \$)
Enero	9090	25179.30	1332.94
Febrero	6800	18836.00	997.14
Marzo	8530	23628.10	1250.83
Abril	7782	21556.14	1141.14
Mayo	8281	22938.37	1214.31
Junio	8002	22165.54	1173.40
Julio	8786	24337.22	1288.37
Agosto	8200	22714.00	1202.44
Septiembre	7346	20348.42	1077.21

Anexo 5. Cálculos de proyección para la generación y ahorro de energía eléctrica en la Unidad de Ganado Lechero.

Proyección			
Relación 70:30		Relación 80:20	
Largo Biodigestor	16.44 m	Largo Biodigestor	16.44 m
Circunferencia	6.00 m	Circunferencia	6.00 m
Radio	0.95 m	Radio	0.95 m
Área	3.07 m ²	Área	3.07 m ²
Volumen Total	50.48 m ³	Volumen Total	50.48 m ³
Volumen Gaseoso	12.62 m ³	Volumen Gaseoso	12.62 m ³
Volumen Líquido	37.86 m ³	Volumen Líquido	37.86 m ³
Total de Estiércol	0.38 m ³	Total de Estiércol	0.25 m ³
Total de Agua	0.88 m ³	Total de Agua	1.01 m ³
Total de Mezcla	1.26 m ³	Total de Mezcla	1.26 m ³
K	0.73	K	0.62
U	0.183	U	0.183
VCH ₄	7.81 m ³ /día	VCH ₄	5.32 m ³ /día
VCO ₂	5.21 m ³ /día	VCO ₂	3.55 m ³ /día
Vol. Biogás	13.02 m ³ /día	Vol. Biogás	8.87 m ³ /día
Potencial CH ₄	296.83 MJ/m ³ /día	Potencial CH ₄	202.18 MJ/m ³ /día
70% de Pérdidas de CH ₄	207.78 MJ/m ³ /día	70% de Pérdidas de CH ₄	141.52 MJ/m ³ /día
Producción eléctrico Biogás	58.18 kWh/día	Producción eléctrico Biogás	39.63 kWh/día
Producción eléctrico Biogás	1745.38 kWh/mes	Producción eléctrico Biogás	1188.80 kWh/mes
Consumo eléctrico Mensual		Consumo eléctrico Mensual	
Promedio	8090.78 kWh/mes	Promedio	8090.78 kWh/mes
Ahorro (%)	21.57 %	Ahorro en Porcentaje	14.69 %
Ahorro (US \$/mes)	256.57 US \$	Ahorro en Dólares Mensuales	174.75 US \$
Ahorro (US \$/año)	7697.12 US \$	Ahorro en Dólares Anuales	5242.62 US \$
Producción eléctrico Biogás	20944.54 kWh/año	Producción eléctrico Biogás	14265.64 kWh/año
Producción Energética por Hora	2.42 US \$/kW	Producción Energética por Hora	1.65 \$/kW
Costo del Equipo Especializado	4848.27 US \$	Costo del Equipo Especializado	3302.23 US \$
Meses de recuperación de inversión		Meses de recuperación de inversión	
equipo especializado	18.90 Meses	equipo especializado	18.90 meses

Anexo 6. Flujo de efectivo para la inversión de un biodigestor de 50.48 m³ con relación 70:30.

Descripción	Años										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		\$871.82	\$871.82	\$871.82	\$871.82	\$871.82	\$871.82	\$871.82	\$871.82	\$871.82	\$871.82
Costos Fijos		-\$1,187.87	-\$1,187.87	-\$1,187.87	-\$1,187.87	-\$1,187.87	-\$1,187.87	-\$1,187.87	-\$1,187.87	-\$1,187.87	-\$1,187.87
Depreciación		-\$313.70	-\$313.70	-\$313.70	-\$313.70	-\$313.70	-\$313.70	-\$313.70	-\$313.70	-\$313.70	-\$313.70
UNDII		-\$629.75	-\$629.75	-\$629.75	-\$629.75	-\$629.75	-\$629.75	-\$629.75	-\$629.75	-\$629.75	-\$629.75
Inversión	-\$4,674.00										
Capital de trabajo	-\$118.00										\$118.00
Depreciación		\$313.70	\$313.70	\$313.70	\$313.70	\$313.70	\$313.70	\$313.70	\$313.70	\$313.70	\$313.70
Valor de rescate											\$1,537.00
Flujo de efectivo	-\$4,792.00	-\$316.05	-\$316.05	-\$316.05	-\$316.05	-\$316.05	-\$316.05	-\$316.05	-\$316.05	-\$316.05	\$1,338.95
VAN 10%	-\$6,095.94										
TIR	ind										
PRI	ind										

ind dato indefinido

Anexo 7. Flujo de efectivo para la inversión de un biodigestor de 50.48 m³ con relación 80:20.

Descripción	Años										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		\$713.77	\$713.77	\$713.77	\$713.77	\$713.77	\$713.77	\$713.77	\$713.77	\$713.77	\$713.77
Costos Fijos		-\$1,187.87	-\$1,187.87	-\$1,187.87	-\$1,187.87	-\$1,187.87	-\$1,187.87	-\$1,187.87	-\$1,187.87	-\$1,187.87	-\$1,187.87
Depreciación		-\$280.70	-\$280.70	-\$280.70	-\$280.70	-\$280.70	-\$280.70	-\$280.70	-\$280.70	-\$280.70	-\$280.70
UNDII		-\$754.80	-\$754.80	-\$754.80	-\$754.80	-\$754.80	-\$754.80	-\$754.80	-\$754.80	-\$754.80	-\$754.80
Inversión	-\$4,014.00										
Capital de trabajo	-\$118.00										\$118.00
Depreciación		\$280.70	\$280.70	\$280.70	\$280.70	\$280.70	\$280.70	\$280.70	\$280.70	\$280.70	\$280.70
Valor de rescate											\$1,207.00
Flujo de efectivo	-\$4,132.00	-\$474.10	-\$474.10	-\$474.10	-\$474.10	-\$474.10	-\$474.10	-\$474.10	-\$474.10	-\$474.10	\$850.90
VAN 10%	-\$6,534.31										
TIR	ind										
PRI	ind										

ind dato indefinido.

Anexo 12. Constancia de participación en el entrenamiento para la instalación y mantenimiento de biodigestores.



A QUIEN INTERESE:

Mediante la presente hago constar que *Zilhgian Ivania Medina Izaguirre*, portadora del pasaporte C534270, de nacionalidad hondureña, participó como estudiante oyente en el curso Sistemas Agropecuarios Sostenibles PRA301 en la Universidad EARTH, ubicada en la provincia de Limón, Costa Rica.

Esta clase se enseña por 7 semanas, 7 horas semanales de laboratorio/campo y 3 horas de teoría.

Además, la estudiante Medina participó en entrenamientos para la instalación y mantenimiento de biodigestores.

Se extiende la presente certificación a los veintisiete días del mes de abril del año dos mil nueve.

Atentamente,

Raúl Botero
Profesor, Universidad EARTH