



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECANICA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN BIODIGESTOR PARA EL
FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR TERMICO”**

TUPIZA NOTE SEGUNDO JULIAN

VELASQUEZ CONDE DAVID ALEJANDRO

DIRECTOR: Msc. RAYMOND SUAREZ R.

QUITO, MAYO 2013

CERTIFICACIÓN

Nosotros, TUPIZA NOTE SEGUNDO JULIAN y VELASQUEZ CONDE DAVID ALEJANDRO, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



TUPIZA NOTE SEGUNDO JULIAN

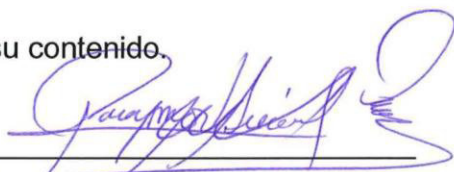
CI: 1717550014



VELASQUEZ CONDE DAVID ALEJANDRO

CI: 1718239955

Yo, Msc. RAYMOND SUAREZ R., certifico que conozco a los autores del presente trabajo siendo él responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Msc. RAYMOND SUAREZ R.

Director

DEDICATORIA

A nuestros queridos padres por todo el sacrificio brindado durante tantos años, la confianza y el amor que nos dieron para emprender nuevos retos si logramos conseguir este y todos los triunfos que conseguiremos a futuro será gracias a ellos.

AGRADECIMIENTO

Los autores presentan su más sincera gratitud a la Universidad Internacional del Ecuador, por habernos dado la oportunidad de crecer y alimentar nuestros conocimientos, formándonos como líderes y profesionales deseosos de formar parte activa en el desarrollo del Ecuador.

INDICE

	Pág.
CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 Definición del problema	4
1.3 Objetivo	5
1.3.1 General.....	5
1.3.2 Específicos	5
CAPITULO II	6
MARCO TEORICO	6
2.1 Biomasa	6
2.2 La Biomasa Recurso Renovable.....	6
2.3 Fuentes de Biomasa	7
2.3.1 Desechos Urbanos.....	7
2.3.2 Desechos Industriales.....	8
2.3.3 Desechos Forestales	8
2.3.4 Plantaciones Energéticas.....	8
2.3.5 Desechos Agrícolas	9
2.4 Procesos de Conversión de la Biomasa en Energía	9
2.4.1 Procesos Termo-Químicos	10
2.5 Procesos Bioquímicos	12
2.5.1 Combustibles Alcohólicos	12
2.5.2 Gas de Rellenos Sanitarios.....	13
2.5.3 Digestión Anaeróbica.....	13
2.6 El Biogás.....	14
2.6.1 Composición, Propiedades y Características	14
2.6.2 Usos del Biogás	15

2.6.3	Producción de Biogás a Partir de Desechos Animales	16
2.6.4	Principios de la Combustión	17
2.6.5	Diferentes Aplicaciones	18
2.6.6	Principales Parámetros que Influyen en la Producción de Biogás	20
2.7	Etapas de Digestión	27
2.7.1	Hidrólisis.....	28
2.7.2	Acidificación.....	28
2.7.3	Metanogénesis.....	29
2.8	Metano	30
2.9	Análisis Estequiométrico	30
CAPITULO III		32
BIODIGESTORES		32
3.1	Concepto de Biodigestor	32
3.2	Aplicaciones de Biogás.....	33
3.3	Clasificación de los Biodigestores	34
3.3.1	Sistema Batch o Discontinuo.....	35
3.3.2	Sistemas Semi-Continuos.....	36
3.3.2.1	Diseño Hindú.....	36
3.3.3	Sistemas Continuos	38
3.4	Ventajas del Uso de Biodigestores.....	39
3.5	Beneficios de la Digestión Anaeróbica.....	40
3.6	Bioabono.....	41
CAPITULO IV		42
DISEÑO DEL BIODIGESTOR		42
4.1	Criterios Generales para el Diseño del Biodigestor	42
4.2	Matriz de Decisión.....	43
4.3	Construcción del Biodigestor	44
4.3.1	Primera Prueba de Construcción.....	45
4.3.2	Segunda Prueba de Construcción.....	55
4.3.3	Tercera Prueba de Construcción.....	62
4.4	Ventajas del Uso de Combustibles Gaseosos.....	83

4.5	Características Técnicas del Motor Térmico	83
4.5.1	Recomendaciones Para la Operación del Motor Térmico	85
4.6	Control de Parámetros para la Generación de Biogás.....	85
4.6.1	Hoja de Control de Parámetros para el Biodigestor	86
4.6.2	Hoja de control de parámetros para el biodigestor	88
4.6.3	Control de PH.....	94
4.6.4	Resultados.....	95
4.6.5	Mantenimiento.....	97
4.6.6	Plan de Mantenimiento Motor Térmico	99
CAPITULO V		105
COSTOS		105
5.1	Análisis Económico	105
5.2	Materiales Directos.....	105
5.3	Materiales Indirectos	106
5.4	Costo Total del Proyecto	110
CAPITULO VI		111
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		111
6.1	Conclusiones y Recomendaciones.....	111
GLOSARIO		120
BIBLIOGRAFIA		130

INDICE TABLAS

	Pág.
Tabla 2. 1 Propiedades físicas, químicas del Metano, composición y características del biogás.....	14
Tabla 2. 2 Usos del biogás	16
Tabla 2. 3 Producción de biogás a partir de desechos animales.....	17
Tabla 2. 4 Diferentes aplicaciones.....	18
Tabla 2. 5 Clasificación de bacterias en función de la temperatura	22
Tabla 2. 6 Efectos del pH en la producción de biogás	24
Tabla 2. 7 Etapas de la Digestión Anaeróbica.....	29
Tabla 2. 8 Composición química del biogás	30
Tabla 2. 9 Ecuación química obtención del metano	31
Tabla 3. 1 Composición del Biol.....	41
Tabla 4. 1 Matriz de decisión.....	43
Tabla 4. 2 Materiales primera prueba	49
Tabla 4. 3 Materiales segunda prueba.....	60
Tabla 4. 4 Grado de eficiencia de un motor OTTO.....	63
Tabla 4. 5 Materiales tercera prueba	71
Tabla 4. 6 Datos técnicos válvula de tres vías	81
Tabla 4. 7 Características técnicas del motor térmico.....	84
Tabla 4. 8 Hoja de control de parámetros para el biodigestor	87
Tabla 4. 9 Hoja de control de parámetros para el biodigestor (Hecho en el valle de Tumbaco)	88
Tabla 4. 10 Hoja de control de mantenimiento de equipos.	102
Tabla 4. 11 Hoja de inspección.....	104
Tabla 5. 1 Costos totales de materiales directos utilizados en el Biodigestor.	106
Tabla 5. 2 Costo de materiales Indirectos primera prueba.....	107
Tabla 5. 3 Costo de materiales Indirectos segunda prueba.....	108
Tabla 5. 4 Costo de materiales Indirectos tercera prueba.	109
Tabla 5. 5 Costo total.....	110

INDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 3. 1 Biodigestor cilíndrico.....	33
Figura 3. 2 <i>Sistema Batch o discontinuo</i>	36
Figura 3. 3 <i>Sistemas semi-continuos</i>	38
Figura 4. 1 Biodigestor tipo Bach y motor térmico	44
Figura 4. 2 Primera prueba	46
Figura 4. 3 Materia prima	47
Figura 4. 4 Manómetro	48
Figura 4. 5 Materiales para el Filtro de H ₂ S	49
Figura 4. 6 Filtro DE H ₂ S.....	50
Figura 4. 7 Filtro DE H ₂ S (sellado con malla)	51
Figura 4. 8 Filtro DE H ₂ S (Recolección de polvo de acido)	51
Figura 4. 9 Válvula de salida del gas	52
Figura 4. 10 Filtro DE H ₂ S (construcción lista)	52
Figura 4. 11 Filtro DE CO ₂	54
Figura 4. 12 Biodigestor plástico (Tomas roscadas de 70mm).....	55
Figura 4. 13 Biodigestor plástico.....	56
Figura 4. 14 Biodigestor segundo diseño	57
Figura 4. 15 Biodigestor (Perforaciones).....	58
Figura 4. 16 Tapón de salida.....	58
Figura 4. 17 Materia machacada	59
Figura 4. 18 Filtros de segunda prueba.....	60
Figura 4. 19 Conexiones	61
Figura 4. 20 Válvulas de biol y control de gasómetro.....	72
Figura 4. 21 INGRESO DE MATERIA PRIMA.....	73
Figura 4. 22 SALIDA DE METANO	75
Figura 4. 23 Filtro de H ₂ S.....	76
Figura 4. 24 Filtro de CO ₂ (canister).....	78
Figura 4. 25 Trampa de agua.....	79
Figura 4. 26 Válvula de tres vías.....	80
Figura 4. 27 Datos técnicos Bronce Dulce	81
Figura 4. 28 Datos técnicos Acero AISI 1045.....	82

Figura 4. 29 Adecuación de motor térmico	84
Figura 4. 30 Análisis de PH por medio del papel reactivo	94
Figura 4. 31 Resultados	96

ANEXOS

	Pág
Anexo 1	115
Anexo 2	116
Anexo 3	117
Anexo 4	118
Anexo 5	119

SÍNTESIS

Esta investigación fue consolidada en el estudio de varios casos reales que fueron diseñados e implementados al término de la segunda guerra mundial. En efecto, los primeros biodigestores fueron construidos en 1890 en la India y en 1896 en Exeter, Inglaterra. Hoy en día, existen varios modelos de biodigestores alrededor del mundo de los cuales se ha logrado obtener un gran potencial ya que su producto final puede ser usado para varias aplicaciones. Financieramente hablando, de acuerdo con algunos estudios económicos, el uso de biodigestores es factible ya que solamente necesita de desechos orgánicos para su funcionamiento, estos desechos pueden ser encontrados en cualquier lugar y son gratuitos. Asimismo, debido a la necesidad de desarrollar métodos eficientes y de bajo costo para la producción de energía en el país, se propone usar biodigestores para obtener biogás a partir de desechos orgánicos como por ejemplo, el estiércol de algunos animales. También se ha comprobado que con el uso de biodigestores es posible conseguir abono natural o el llamado biol. Es importante mencionar que con esta nueva tecnología se logrará reducir la contaminación que generan los desechos orgánicos en el ambiente agropecuario y doméstico al momento de descomponerse al ambiente. Para concluir, el gas metano tiene propiedades parecidas a las del GLP por lo que es necesario desarrollar esta tecnología para poder generarlo y aprovecharlo al 100%.

ABSTRACT

This investigation was consolidated on real cases that were designed and implemented at the end of the World War II. Indeed, the first biodigesters were built in 1890 in India and in 1896 at Exeter England. Nowadays there are several models of biodigesters around the world which have gained a great potential because their final product can be used for various applications. Financially speaking, according to economic studies, the use of biodigesters is feasible because they only need organic wastes to operate; these wastes can be found anywhere and are costless. Also, due to the need to develop efficient and low price methods for energy production in the country, it is proposed to use biodigesters to produce biogas from organic wastes, such as, manure from some animals. In addition, this investigation has proved that with the use of biodigesters it is possible to achieve natural fertilizer, also called biol. It is noteworthy that this new technology should help reducing pollution generated by organic wastes in agricultural and domestic environment. To conclude, methane gas has similar properties to those of LPG, so is necessary to develop this technology in order to take a 100% advantage of it.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Las emisiones a la atmósfera de gases con efecto invernadero, como consecuencia de la actividad agropecuaria (quema de maleza para la agricultura) y la dependencia de los derivados del petróleo para la obtención de energía son cada vez más perjudiciales para todos, el metano, el dióxido de carbono, son gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global. En general los gases producidos en el sector agropecuario contribuyen con más de un 30% de dicho efecto (descomposición libre de la materia orgánica y animal).

La implementación de prácticas amigables con el ambiente y el aprovechamiento de los recursos disponibles, crea un clima favorable para la promoción e implementación de la tecnología de biodigestores, obteniendo como beneficio la producción de biogás. Por tanto, aprovechar de manera eficiente este combustible es de importancia para sustituir las tradicionales fuentes energéticas no renovables, escasas y costosas convirtiendo la producción de metano en una actividad económica más rentable y menos contaminante.

En la mayoría de los países latinoamericanos, el biogás ha tenido un uso limitado como la cocción de alimentos y calefacción de animales de granja. A pesar de esto el uso del biogás en la sustitución de combustibles fósiles para la generación de electricidad en motores de combustión interna ha cobrado importancia en los últimos años. El biogás puede ser utilizado para reemplazar la gasolina hasta en un 100%, mientras que en motores diesel sólo se logra un máximo de 80% debido a que la baja ignición del biogás no permite que haya explosión en este tipo de motores que carecen de bujía.

Biogás en motores es indispensable eliminar el ácido sulfhídrico (H_2S) ya que éste al reaccionar con agua forma ácido sulfúrico (H_2SO_4) que es altamente corrosivo y puede ocasionar graves daños internos al motor.

Con el presente proyecto se pretende aprovechar todos los recursos que en nuestro entorno nos rodea como por ejemplo los desechos domésticos (basura orgánica) y los desechos animales que se encuentran en las fincas, haciendas o en pequeñas propiedades.

1.1 Antecedentes

En busca de conservar y preservar el medio ambiente se han buscado alternativas para generar energía limpia, es por esto que actualmente se han implementado biodigestores generadores de biogás a partir de desechos orgánicos y animal, que tienen un bajo costo y son fáciles de construir.

El desarrollo de la tecnología para la producción del biogás tuvo mucha acogida terminada la segunda guerra mundial, tanto así que este sirvió de combustible en automóviles y tractores. Su utilización fue muy difundida en Europa, China e India los cuales eran países líderes en el uso de esta tecnología.

Lamentablemente su uso y desarrollo se interrumpió y quedó en segundo plano por el descubrimiento de los combustibles fósiles que desarrollaron un elevado poder económico.

En la década de los 70`s China impulsó la construcción de los biodigestores mediante programas nacionales, hoy en día existen muchos países que han desarrollado esta tecnología de los cuales los más importantes podemos mencionar: China, India, Francia, USA, Holanda, Gran Bretaña, Suiza, Filipinas y Alemania.

Actualmente en Ecuador este tipo de tecnología es muy poco explotada debido al poco conocimiento y la falta de políticas estatales en capacitación para este tipo de tecnología. Este tipo de tecnología resulta económico ya que la materia prima usada tiene un bajo costo y existe gran disponibilidad.

Lamentablemente en Ecuador no existe una investigación seria en este ámbito que permita desarrollar proyectos los cuales ayuden a disminuir el impacto que producen los combustibles fósiles.

1.2 Definición del problema

Actualmente Ecuador solo dispone de combustibles fósiles los cuales al ser quemados emanan demasiados contaminantes al medio ambiente, estos contaminantes pueden ser disminuidos buscando combustibles alternativos que pueden ser obtenidos a bajo costo.

Los desechos orgánicos al descomponerse en el medio ambiente emanan gases que producen efectos invernaderos y vienen a contaminar de igual manera el medio ambiente.

Al desarrollar la tecnología de los biodigestores, podemos obtener varios beneficios ya que obtenemos un combustible (biogás) más limpio que puede ser usado para generar energía eléctrica, cocinar alimentos, calentador de agua, etc. Y al tratar los desechos orgánicos en el biodigestor también se obtiene un buen fertilizante (biol) que puede ser usado en la agricultura.

Este proyecto se orienta a la generación de un combustible más limpio que pueda reemplazar los combustibles fósiles y de esta manera pueda ser usado para encender un motor de combustión interna, el cual podría ser usado en diferentes aplicaciones a futuro, de este modo disminuir los contaminantes en los gases de escape.

1.3 Objetivo

1.3.1 General

Producir un combustible a partir de desechos orgánicos y estiércol animal el cual sirva de fuente de alimentación para el funcionamiento de un motor térmico.

1.3.2 Específicos

- Diseñar un biodigestor anaeróbico para generar biogás a través de la descomposición de desechos orgánicos del hogar y estiércol animal.
- Hacer trabajar un motor de combustión interna con biogás.
- Obtener biogás para su aprovechamiento como fuente de energía renovable.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Biomasa

La biomasa es producida por organismos vivos que descomponen la materia orgánica la cual puede ser convertida en energía, esta puede provenir ya sea de árboles, plantas o desechos de animales. La biomasa es el resultado de la energía solar convertida en materia orgánica por la vegetación, esta energía se puede recuperar transformando la materia orgánica en otros combustibles o por combustión directa.

La biomasa ha sido utilizada desde que se descubrió el secreto del fuego por lo tanto es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano.

2.2 La Biomasa Recurso Renovable

La Biomasa en términos energéticos es una fuente de energía renovable que puede ser usada como en el caso de la leña, biodiesel, bioalcohol, biogás, etc. Esta energía puede ser producida partiendo de subproductos o residuos orgánicos. Existen muchos argumentos que intentan desacreditar este tipo de energía los cuales dicen que para producirla se necesitaría grandes extensiones de plantaciones quitando de este modo cultivos para alimentos, o deforestando las zonas protegidas.

La energía de biomasa que procede de la madera, residuos agrícolas y estiércol, continúa siendo la fuente principal de energía de las zonas en desarrollo. En algunos casos también es el recurso económico más importante como en Brasil, donde la caña de azúcar se transforma en etanol y en la provincia de Sichuán en China donde se obtiene gas a partir de estiércol.

2.3 Fuentes de Biomasa

Existe un amplio rango de materiales de biomasa que pueden ser usados para la producción de energía, entre los más comunes se tiene: Desechos urbanos, desechos industriales, residuos forestales, desechos agrícolas como la leña que han sido usado en procesos tradicionales a pequeña escala como por ejemplo cocción de alimentos.

2.3.1 Desechos Urbanos

El Ecuador al ser un país subdesarrollado carece de un sistema adecuado para el procesamiento de sus desechos orgánicos, generando grandes problemas de contaminación en cuencas, quebradas y suelos, sobre todo por los altos costos de operación en la recolección y el tratamiento de la basura. Esto resulta ser un gran desperdicio ya que los centros urbanos generan gran cantidad de biomasa en muchas formas, por ejemplo residuos alimenticios, aguas negras, etc.

Los compuestos volátiles que produce la materia orgánica en descomposición (metano, dióxido de carbono, entre otros) tienen un alto valor energético que puede ser utilizado para la generación de energía limpia. Alrededor del 80% de la basura

orgánica urbana puede ser convertida en energía por ello la planificación de sectores urbanos debe incluir sistemas de tratamiento de desechos que disminuyan eficazmente las emanaciones nocivas al ambiente y de esta manera pueda ser aprovechado su valor energético.

2.3.2 Desechos Industriales

En la industria alimenticia se puede encontrar una gran cantidad de residuos y subproductos provenientes de todo tipo de vegetales pulpas, cascaras y carnes de animales (avícolas, vacunos, porcinos, etc.) que pueden ser usados como fuentes de energía ya que estos residuos tienen un alto nivel de azúcar y carbohidratos los cuales pueden ser transformados en combustibles gaseosos.

2.3.3 Desechos Forestales

La mayoría de los residuos forestales son usados como fuente de energía por comunidades aledañas para la generación de calor por combustión directa, en algunas industrias es usado para la generación de vapor. Pero esta importante fuente de biomasa es poco explotada por el alto costo de transportación.

2.3.4 Plantaciones Energéticas

Son grandes plantaciones de cultivos que tienen un solo fin producir energía. Para esto son usadas tierras de bajo valor productivo y se cultivan arboles (que puedan ser podados varias veces para aumentar la capacidad de cosecha) y plantas de bajo mantenimiento y crecimiento rápido.

Este tipo de plantaciones es rentable cuando se desarrolla algún tipo de producción agrícola paralela como por ejemplo: maíz, caña de azúcar, palma de aceite, etc. Ya que su principal limitante es la extensión de tierra para lograr una gran producción de energía. También existen muchos cultivos agrícolas como: caña de azúcar, sorgo y trigo. De igual manera se puede utilizar plantas oleaginosas como girasol, soya o palma de aceite y algunas plantas acuáticas como algas son utilizadas para la generación de combustibles líquidos como etanol y biodiesel.

2.3.5 Desechos Agrícolas

En la agricultura muchos residuos son dejados en el campo al igual que en la industria forestal. Muchos de estos residuos pueden ser recolectados para la producción de energía y un porcentaje puede ser dejado para evitar la erosión y mantener el nivel de nutrientes. Los residuos más comunes son del arroz, el café, la caña de azúcar, etc. Al igual en las granjas se produce un elevado volumen de residuos húmedos como el estiércol de animales. La forma más común de tratar estos residuos es esparciéndolos por los campos para abonar las tierras, pero esta práctica genera una sobre fertilización de los suelos y la contaminación de las cuencas hidrográficas.

2.4 Procesos de Conversión de la Biomasa en Energía

La utilización de la biomasa a menudo es convertida en formas derivadas, tales como, carbón vegetal, etanol, biogás, electricidad. Su tecnología de conversión puede variar desde procesos simples y tradicionales hasta procesos de alta eficiencia.

Los procesos de conversión más relevantes son:

- Procesos termo-químicos
- Procesos bioquímicos.

2.4.1 Procesos Termo-Químicos

Este es un proceso mucho más eficiente que transforma la biomasa en un producto de alto valor calórico y una densidad mejor haciendo más conveniente su utilización y transporte. Este proceso se basa en la utilización de calor como fuente de transformación de la biomasa, se adapta mejor al caso de biomasa seca, existen tres tipos de procesos termo-químicos:

- a. Proceso de combustión directa.
- b. Proceso de Pirolisis
- c. Proceso de gasificación

2.4.1.1 Procesos de Combustión Directa

Se trata de biomasa bruta, árboles, plantas que crecen naturalmente, producción agrícola y materiales acuáticas como las algas, este es uno de los procesos más comunes y más antiguos usados hasta hoy en día para extraer la energía de la biomasa. La combustión no es nada más que la oxidación de la biomasa por el oxígeno del aire liberando al ambiente H_2O y CO_2 . El proceso de combustión directa tiene el objetivo de generar calor el cual puede ser utilizado para cocción de alimentos o el secar productos agrícolas. Por otro lado también puede ser

aprovechado para generar vapor en procesos industriales y generación de electricidad. Estos procesos tradicionales son muy ineficientes debido a que mucha de la energía liberada se desperdicia y también causa contaminación si no es controlada eficientemente.

2.4.1.2 Procesos de Pirólisis

La Pirólisis consiste en una combustión incompleta de la biomasa a una temperatura aproximada de 450 °C a 500 °C en ausencia de oxígeno este proceso es muy usado desde la antigüedad para la producción de carbón vegetal el cual tiene mayor densidad energética que la biomasa original.

2.4.1.3 Proceso de Gasificación

El proceso de gasificación viene a ser una variante de la Pirolisis en este proceso la biomasa es llevada a una temperatura aproximada de 1000°C en menos de un segundo y con una mayor proporción de oxígeno con la ventaja de asegurar una gasificación casi total de la biomasa y optimizar la producción del denominado “gas pobre”, está constituido de monóxido de carbono, hidrógeno, metano y en una pequeña proporción de dióxido de carbono y nitrógeno.

Sus ventajas son algunas, se puede utilizar para generar calor y electricidad.

- El gas producido tiene varias aplicaciones, se puede usar para los mismos propósitos que el gas natural.
- Puede ser quemado para producir calor y vapor o puede ser usado en motores de combustión interna o turbinas para generar electricidad.

- Este gas produce menos problemas de contaminación al quemarse
- Tanto el poder calórico del gas como su composición depende de la biomasa utilizada para su producción, ejemplo madera, desechos agrícolas, cáscaras de coco, etc.

2.5 Procesos Bioquímicos

Mediante el proceso bioquímico se puede producir combustibles líquidos y gaseosos, con la ayuda de las características bioquímicas y la acción metabólica de microorganismos. Este proceso permite con mayor facilidad la conversión de la biomasa húmeda que procesos termo-químicos, los más importantes son:

- a. Combustibles alcohólicos
- b. Gas de rellenos sanitarios
- c. Digestión anaeróbica

2.5.1 Combustibles Alcohólicos

Mediante el proceso de la fermentación alcohólica se puede producir combustibles líquidos como el etanol y metanol. El etanol se lo obtiene a partir de la fermentación de azúcares y el metanol por la destilación destructiva de la madera. Estas técnicas han sido muy usadas desde la antigüedad para la producción de bebidas alcohólicas, hoy en día es usada particularmente en Brasil para la generación de combustibles sustitutos de los combustibles fósiles. Una de las principales razones por las cuales no se transforman los vehículos a consumidores

de alcohol es debido al bajo poder calórico de estos combustibles frente a la gasolina.

2.5.2 Gas de Rellenos Sanitarios

El relleno sanitario es cualquier lugar donde se reciben desechos sólidos domiciliarios, industriales o comerciales. Los cuales son degradados anaeróbicamente a diferentes tasas, por ejemplo, los desechos orgánicos como alimentos se descomponen más rápidamente que los productos de papel, algunos productos como la goma, el cuero y ciertos plásticos también son materias orgánicas pero se resisten a la biodegradación, debido a esta falta de uniformidad es difícil obtener un dato exacto de cuanto gas metano se produce y dióxido de carbono se puede obtener en un determinado tiempo.

2.5.3 Digestión Anaeróbica

Es uno de los procesos más antiguos, en este proceso se produce la descomposición de la materia orgánica e inorgánica en ausencia de oxígeno molecular que nos da como resultado una mezcla de gases conocido como “biogás” (principalmente metano y dióxido de carbono) y la materia sobrante es un buen fertilizante orgánico.

2.6 El Biogás

2.6.1 Composición, Propiedades y Características

Es un gas combustible producto de la descomposición natural de desechos orgánicos en ambientes herméticamente cerrados. La ausencia de oxígeno permite la acción de microorganismos y bacterias para generar un gas similar al derivado de petróleo GLP. Está constituido por metano CH₄ en una proporción que oscila entre un 50% a un 70%, dióxido de carbono y el contenido en pequeñas proporciones de otros gases como hidrógeno, nitrógeno y sulfuro de hidrógeno. Sus características y propiedades se resumen a continuación en los siguientes cuadros.

Tabla 2. 1 Propiedades físicas, químicas del Metano, composición y características del biogás

Fuente: (Moreta & Loayssa, 1984).

BIOGAS	
Formula química	CH ₄
Peso molecular	16.042
Punto de ebullición (a 1 atm)	-161.49 °C
Punto de solidificación (a 1 atm)	- 182.48 °C
Presión crítica	47.363 Kg/cm ²
Temperatura crítica	- 82.5 °C

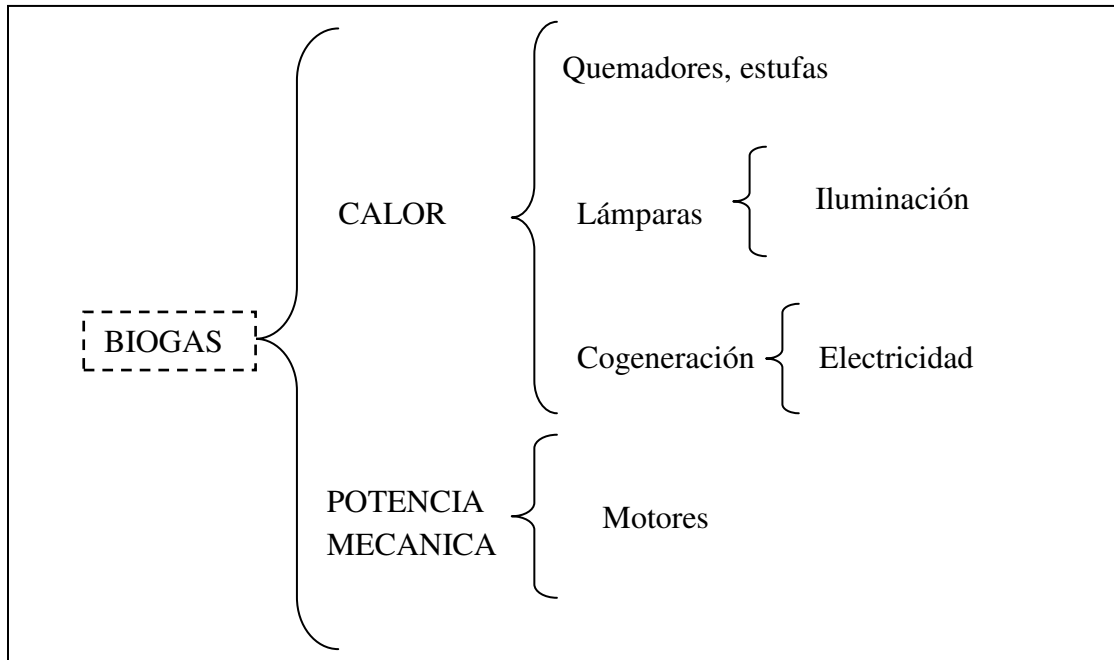
Gravedad especifica	
Liquido (a – 164 °C)	0.415
Gas (a 25 °C y 1 atm)	0,000658
Volumen especifico (a 15,5 °C y 1 atm)	1.47 lt/gm
Calor especifico (a 15.5 °C y 1 atm)	38,130.71 Kj/ m ³
Aire requerido para combustión (ft ³ / ft ³)	9.53
Rango de octanaje	130
Temperatura de ignición °C	650
Ecuación de combustión	CH ₄ +2O ₂ -CO ₂ +2H ₂ O
% volumen CO ₂	27-44
% volumen CH ₄	55-70
Valor calórico CH ₄	
MJ/m ³	35.8
Kcal/m ³	8600

2.6.2 Usos del Biogás

En principio el biogás puede ser utilizado en cualquier tipo de equipo conocido que trabaje con gas o pueda ser adaptado para su trabajo con gas, el siguiente cuadro podrá determinar los usos.

Tabla 2. 2 Usos del biogás

Fuente: (Hilbert, 1998)



2.6.3 Producción de Biogás a Partir de Desechos Animales

A continuación se detalla la producción de biogás a partir de desechos animales considerando que los desechos mencionados en la tabla N° 3 son los desechos que mayor producción de biogás se puede obtener para el objetivo que se requiera dependiendo de cantidad de desechos, temperatura, lugar y tiempo de retención.

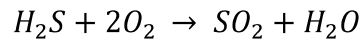
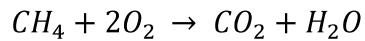
Tabla 2. 3 Producción de biogás a partir de desechos animales

Fuente: (Moreta & Loayssa, 1984).

MATERIA PRIMA	BIOGAS m³/Kg	TEMPERATURA °C	TIEMPO (DIAS)	METANO	REFERENCIA
Estiércol vacuno	0.58-0.67	21-29	-	60-65	Won Chong Hawai 1975
Estiércol vacuno	0.131	15	30	60	Olade india 1978
Estiércol vacuno	0.236	Ambiente	49	60-65	Alfonso Félix, ILE México 1073
Estiércol vacuno	0.31	21-24	45	60	Olade india 1978
Estiércol puercos	0.650	Ambiente	-	-	Lee, Yong Bing Corea 1970
Estiércol aves	0.930	35	19	70	Howes Harton Inglaterra 1970
Estiércol aves	0.640	29	19	70	Howes Harton Inglaterra 1970

2.6.4 Principios de la Combustión

El biogás puede ser usado en una amplia variedad de artefactos, al ser mezclado con aire se descompone principalmente en CO₂ y H₂O. La combustión completa del biogás considerando oxígeno puro y sin exceso de aire se podría representar por las siguientes ecuaciones químicas:



El porcentaje mínimo de aire requerido debería ser del 21% para la combustión pero para lograr la combustión completa se debe aumentar esta cifra. Aumentando la apertura en la válvula dosificadora de gas se aumenta la presión de aire y de este modo se puede ajustar la relación aire gas (el biogás demanda una apertura de 2 a 3 veces mayor a la que necesita el metano puro).

Se debe tener especial cuidado en la presión correcta del gas (7 a 20 mbar) debido a que se debe calcular la pérdida de presión a la salida del gasómetro.

2.6.5 Diferentes Aplicaciones

A continuación se muestra un cuadro con los principales artefactos que utilizan biogás juntamente a su consumo medio y su eficiencia.

Tabla 2. 4 Diferentes aplicaciones

Fuente: (Hilbert, 1998).

ARTEFACTO	CONSUMO	EFICIENCIA TÉRMICA %
Quemador de cocina	300-600 l/h	50-60
Lámpara a mantilla (60W)	120-170 l/h	30-50
Heladera de 100L	30-75 l/h	20-30

Motor a gas	0.5 m³ / KWh o Hph	25-30
Quemador de 10 Kw	2 m ³ /h	80-90
Infrarrojo de 200 W	30 l/h	95-99

Los calentadores y cocinas pueden ser modificados agrandando el paso de gas de los quemadores, las lámparas de gas tienen una baja eficiencia y deben ser utilizadas en un ambiente adecuado para disipar el calor que generan.

Los motores de combustión interna, tanto diesel como gasolina pueden ser alimentados con biogás. El gas obtenido por la fermentación de los desechos orgánicos puede llegar a tener un octanaje que oscila entre 100 y 110 lo cual lo hace adecuado para su uso en motores con una relación volumétrica de compresión alta, pero tienen una desventaja la cual es su baja velocidad de encendido. Los motores de Ciclo Otto con carburador tradicionales pueden ser reemplazados por un mezclador de gases. Estos motores son arrancados con gasolina hasta llegar a una temperatura óptima de funcionamiento y luego siguen trabajando al 100% con biogás presentando una pérdida de potencia máxima del 20% al 30%. En los motores a Diesel el proceso es diferente, se agrega un mezclador de gases incorporado un sistema de control, de esta forma se mantiene el sistema de inyección convencional. Así de esta manera los motores Diesel pueden trabajar con distintas proporciones de biogás diesel y pueden convertirse fácil y rápido de un combustible a otro lo cual los hace muy confiables. Un inconveniente del biogás es la proporción de H₂S, este

causa deterioros acelerados en las válvulas de admisión y de escape de determinados motores obligando a realizar un cambio más frecuente de los aceites lubricantes, mediante ciertos filtros se puede reducir notablemente el porcentaje de H₂S en el biogás. Los motores a biogás tienen amplias aplicaciones siendo los más comunes el bombeo de agua y su empleo para activar generadores de electricidad.

2.6.6 Principales Parámetros que Influyen en la Producción de Biogás

Entre los factores más importantes a tenerse en cuenta para el proceso de obtención de metano y cada grupo de bacterias que intervienen, corresponde a diferentes cambios en las etapas del proceso de producción de gas, se consideraran los siguientes:

2.6.6.1 Tipo de Materia Prima

Dentro de las materias primas fermentables se encuentran: excrementos animales, humanos, aguas residuales orgánicas, desecho de frutas, verduras, lácteos, carnes, restos de cosechas y basura. Las sales minerales (azufre, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, cobalto, selenio, tungsteno, níquel y otros menores) también deben estar presentes con un determinado equilibrio en el proceso microbiológico ya que no solo requiere de fuentes de carbono y nitrógeno. Normalmente los estiércoles presentan este tipo de elementos en proporciones adecuadas.

2.6.6.2 Temperatura

Para generar biogás las bacterias tienen que trabajar en forma óptima para esto es necesario mantener una temperatura adecuada que oscila entre los 30 y 65°C. Se puede distinguir dos rangos de temperatura: Mesofílico, va de 30 a 40 °C y Termofílico, va de 55 a 65 °C. En zonas rurales de clima cálido y digestores pequeños, es posible encontrar digestores que trabajan con operaciones de temperatura ambiente (psicrofílica: 15 a 25°C). La producción de biogás es directamente proporcional a la temperatura, en el rango termofílico se produce mayor cantidad de gas que en el mesofílico, al existir una variación de temperatura, esta influye directamente en la estabilidad del proceso. Las bacterias metanogénicas son las más sensibles a los cambios de temperatura, debido a que su velocidad de crecimiento es más lenta, contraria a los otros grupos bacterianos que es mayor. Los microorganismos que están presentes en el biodigestor son capaces de resistir a cambios variables de temperatura por un lapso de dos horas aproximadamente y rápidamente pueden retornar a su ritmo normal en la producción de biogás al restablecerse la temperatura, sin embargo si la temperatura cae numerosas veces o por tiempos prolongados podría conducir a un desbalance con la proporción de microorganismos y por ultimo esto conllevaría a bajos niveles de pH.

Tabla 2. 5 Clasificación de bacterias en función de la temperatura

Fuente: Fundación Pesenca.

TIPO DE BACTERIA	Mínimo	Optimo	Máximo	Tiempo de retención
Psicrofílica	4 – 10°C	15 - 18 °C	25 - 30 °C	Más de 100 días
Mesofílica	15 - 20°C	28 - 33 °C	35 - 45 °C	30 - 60 días
Termofílica	25 - 45°C	50 - 60 °C	75 - 80 °C	10 - 16 días

2.6.6.3 Relación Carbono-Nitrógeno

Los desechos orgánicos utilizados en un proceso de digestión anaerobio dependen directamente en la calidad y cantidad del biogás que se produce, por ellos estos desechos deben generar una buena cantidad de carbono y nitrógeno que son los principales nutrientes de las bacterias metanogénicas.

El carbón es la fuente de energía de las bacterias metanogénicas mientras que el nitrógeno contribuye a la formación de células nuevas durante el proceso. La relación ideal que debe existir dentro del sistema de estos elementos es de 30:1 hasta 20:1. Cuando la presencia de nitrógeno es menor al necesario la velocidad para la producción del biogás disminuye en cambio cuando existe el exceso de nitrógeno se produce más amoníaco del necesario el cual es tóxico e inhibidor en el proceso de producción del biogás.

2.6.6.4 Valor de Acidez (PH)

El valor del PH normal en un digestor fluctúa de 7 a 7.2. Las bacterias son sensibles a las variaciones del PH por ello lo satisfactorio seria que se encuentre de 6.2 a 7.6.

Los valores del PH indican las condiciones que presenta la mezcla dentro del biodigestor pudiendo determinar de este modo si la producción de biogás se genera de forma efectiva. El aumento del PH indica la presencia de exceso de amoníaco por lo contrario la disminución del PH indica el aumento de ácidos grasos volátiles, esto genera una baja producción de biogás y podría ocasionar que las bacterias desaparezcan y por ende se paralice la digestión.

Los iones de metales pesados (Cu, Zn y Ni) son tóxicos en concentraciones bajas y provocan que se detenga la digestión. En cambio las sales de metales alcalinos y alcalinotérreos (Na, K, Ca y Mg) son estimuladoras para la digestión.

La forma práctica de corregir problemas del PH es la siguiente:

- Sacar efluente y colocar la misma cantidad de desechos frescos simultáneamente.
- PH Bajo: agregar hidróxido de amonio en baja concentración, agua amoniacal diluida o una mezcla de ambos con licor fermentado, cenizas.
- PH Alto: aplicar menor cantidad de agua a la mezcla.

Tabla 2. 6 Efectos del pH en la producción de biogás

Fuente: Fundación Pesenca.

VALOR PH	EFEECTO
7 – 7.2	Optimo
≤ 6.2	Retarda la acidificación
≥ 7.6	Retarda la amonización

2.6.6.5 Agitación – Mezclado

La agitación es muy importante para la producción del biogás, en una buena digestión debe existir un buen contacto entre microorganismos y la materia prima, motivo por el cual se debe agitar a menudo la materia del biodigestor.

Los objetivos en mezclar la materia prima son: mezclar toda la población de bacterias con la materia, remover y distribuir los metabolitos que producen bacterias metanógenas, evitar la formación de natas y costras que obstruyen la salida del biogás al gasómetro, evitar espacios muertos sin actividad biológica manteniendo uniforme la densidad de bacterias.

2.6.6.6 Humedad

La humedad tiene un papel importante en el crecimiento celular, el 80% del tejido celular está compuesto de agua. Este es el medio de movimiento de los microorganismos hacia la materia prima.

2.6.6.7 Concentración de AVG

Los ácidos grasos volátiles son generados cuando las bacterias degradan el material orgánico. En este momento se produce un cambio en el PH lo que puede causar problemas en el digestor cuando la acumulación de AVG es alta. Posiblemente el problema es mayor cuando los digestores están alimentados con material fresco, lo cual se ha vuelto un punto controversial de estudio, ya que algunos científicos afirman que la concentración toxica es de 2000mg AVG/litro otros afirman que la acides asociada a ello es la causa de la toxicidad.

2.6.6.8 Disponibilidad de Nutrientes

Dependiendo de la materia prima con la que se alimentará el biodigestor, la proporción de nutrientes disponibles para las bacterias serán diferentes.

Si se usan aguas estancadas el material se comportará como líquido, si se usan desechos de animales se comportará como semi-sólido, y si se usan desechos vegetales es considerado sólido.

En cuanto a los nutrientes propiamente dicho es de gran importancia tener en cuenta la relación C: N (relación carbono – nitrógeno) lo óptimo es de 25:1. Si hay

exceso de carbono y la carencia de nitrógeno, las bacterias no pueden utilizar todo el carbono presente y la degradación de la materia será ineficiente.

Si la presencia del nitrógeno es alta se acumulará en forma de amoníaco (NH_3) que puede impedir el crecimiento de las bacterias o producir su muerte especialmente en las que producen metano.

La presencia de fosfatos también es necesaria y aunque su exceso no es grave su carencia si puede impedir el proceso de generación de bacterias. La relación C: P (carbono – fosforo) ideal es de 150:1. El azufre es otro elemento necesario pero se requiere menos que los fosfatos, sin embargo los desechos contienen azufre en forma de ácido sulfúrico (H_2S) y al quemar el biogás se presentan problemas de corrosión.

También es necesario otros elementos en pequeñas proporciones como: calcio, magnesio, potasio, zinc. El monóxido de carbono es importante en la reacción de la metanogénesis. Las vitaminas que las bacterias necesitan para su crecimiento las sintetizan ellas mismo y en caso de que no haya disponible habrá alguien que las facilite en la población.

2.6.6.9 Materiales Tóxicos

Los materiales sintéticos tóxicos que causan dificultades en la producción de bacterias son los detergentes en concentraciones de 15 mg/l o hidrocarburos clorados como cloroformo. Los antibióticos, desinfectantes y pesticidas también son materiales tóxicos.

2.6.6.10 Tiempo de Retención

El tiempo de retención está relacionado con la temperatura, a mayor temperatura menor tiempo de retención y viceversa, ya que es el tiempo que tarda el material en ser degradado dentro de biodigestor. El tiempo que tardan las bacterias en reproducirse es de 2 a 4 días que es lo considerado como el tiempo mínimo de retención pero tiempo óptimo de retención es de 20 a 30 días.

2.6.6.11 Calentamiento

Los cambios de temperatura afectan la población microbiana por lo tanto es importante mantener la temperatura en el digestor, puede calentarse utilizando su misma energía de la siguiente forma.

- Vapor directo
- Llama directa
- Calentamiento externo por intercambiadores de calor.
- Calentamiento interno por tubos internos en el biodigestor y haciendo pasar agua caliente por ellos.

2.7 Etapas de Digestión

Es importante la digestión de la materia orgánica para devolver al ambiente sus elementos básicos necesarios para reiniciar su ciclo, por ello cierto grupo de bacterias se encargan de digerir la materia orgánica, de las cuales las bacterias metanogénicas son el último eslabón en la cadena de estos microorganismos.

Se estima que cada año es liberado al ambiente entre 590 a 880 millones de toneladas de metano generado por actividades microbiológicas.

El biogás está compuesto por metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), bajas cantidades de: hidrógeno (H), sulfuro de hidrógeno (SH_2) y nitrógeno (N) que son parte del proceso vital en el ciclo de la materia orgánica.

2.7.1 Hidrólisis

Durante esta etapa las bacterias rompen las largas y grandes cadenas de estructuras carbonadas de la materia orgánica en bruto y son transformadas en cadenas cortas y simples denominados ácidos orgánicos, este proceso libera al ambiente hidrogeno y dióxido de carbono. Este trabajo lo llevan a cabo microorganismos anaerobios facultativos.

2.7.2 Acidificación

En esta etapa los ácidos orgánicos son degradados por las bacterias acetogénicas y convertidos en el grupo acético $\text{CH}_3\text{-COOH}$. Este proceso libera al ambiente hidrogeno y dióxido de carbono.

Esta reacción demanda una cantidad de energía que es proporcionada gracias a la relación simbiótica con las bacterias metanogénicas que se encargan de substraer el producto final del medio minimizando la concertación de este cerca de las bacterias acetogénicas lo cual hace posible activar la reacción de estas bacterias para degradar la materia manteniendo el equilibrio energético.

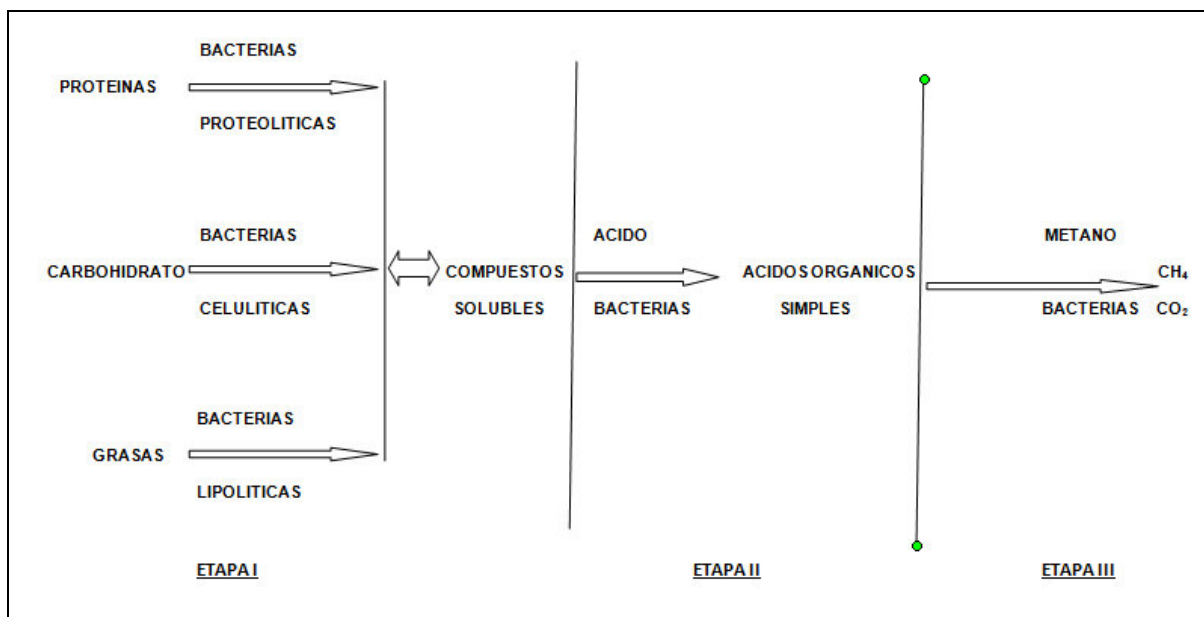
2.7.3 Metanogénesis

Las bacterias que intervienen en esta etapa posiblemente es el género más primitivo de la vida en el planeta Tierra, estas bacterias poseen características únicas a comparación del resto de bacterias.

El producto final que se obtiene en esta etapa es el biogás y el dióxido de carbono y otros substratos como el ácido acético y algunos ácidos orgánicos los cuales pueden ser usados como abono natural (biol).

Tabla 2. 7 Etapas de la Digestión Anaeróbica

Fuente: (Moreta & Loayssa, 1984)



2.8 Metano

El gas metano está compuesto únicamente por átomos de carbono e hidrógeno unido por un enlace covalente de ahí se dice que es el gas más sencillo de los hidrocarburos alcanos.

El metano es un gas incoloro, inodoro, inflamable, no soluble en agua y más ligero que el aire. Se produce en la naturaleza debido a la putrefacción anaeróbica de la materia orgánica.

Tabla 2. 8 Composición química del biogás

Fuente: (Moreta & Loayssa, 1984).

COMPONENTES	FORMULAS QUIMICAS	PORCENTAJES
Metano	CH ₄	60-70
Gas carbónico	CO ₂	30-40
Hidrógeno	H ₂	1.0
Nitrógeno	N ₂	0.5
Monóxido de carbono	CO	0.1
Oxígeno	O ₂	0.1
Ácido sulfhídrico	H ₂ S	0.1

2.9 Análisis Estequiométrico

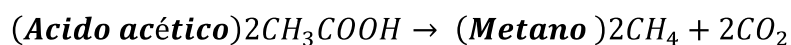
Para llevar a cabo la degradación anaeróbica es fundamental que sea en un ambiente herméticamente cerrado, donde la materia orgánica es descompuesta

gracias a la cooperación de algunos tipos de microorganismos: Las Polisacararas, Proteasas y Lipasas se encargan de digerir los compuestos macromoleculares y generar componentes solubles que son fermentados y como resultado se obtiene ácidos grasos H_2 y CO_2 , los cuales serán fermentados a acetatos H_2 y CO_2 este producto lo usan las bacterias metanogénicas como sustrato para llevar a cabo la reacción que produce gas metano y CO_2 .

El gas metano únicamente puede ser producido a partir del ácido acético. La glucosa es el producto final resultado de los polímeros hidrolizados y gracias a esta es posible que se den las etapas de acidogénesis y metanogénesis.

Tabla 2. 9 Ecuación química obtención del metano

FUENTE: (Sanchez & Pazmiño, 2007).



Esta ecuación muestra que por un mol de glucosa se generan tres moles de gas metano, de estos se puede observar que dos se generan del ácido acético y una de la reacción entre el dióxido de carbono y el agua.

CAPITULO III

BIODIGESTORES

3.1 Concepto de Biodigestor

El diseño del recipiente al que se llama biodigestor deberá cumplir ciertos requisitos para que pueda funcionar de acuerdo a las exigencias que se requieren, deberá ser hermético, duradero y funcional con la finalidad que pueda resistir las reacciones químicas (digestión anaeróbicas en ausencia de oxígeno) que se produzcan en su interior por la descomposición de desechos orgánicos y los excrementos. Se deberá tomar en cuenta tres aspectos fundamentales para que funcione como es la temperatura, humedad y pH, el resultado final será la producción de metano y un eficaz fertilizante es decir nada se desperdiciará cuando la producción de metano termine.

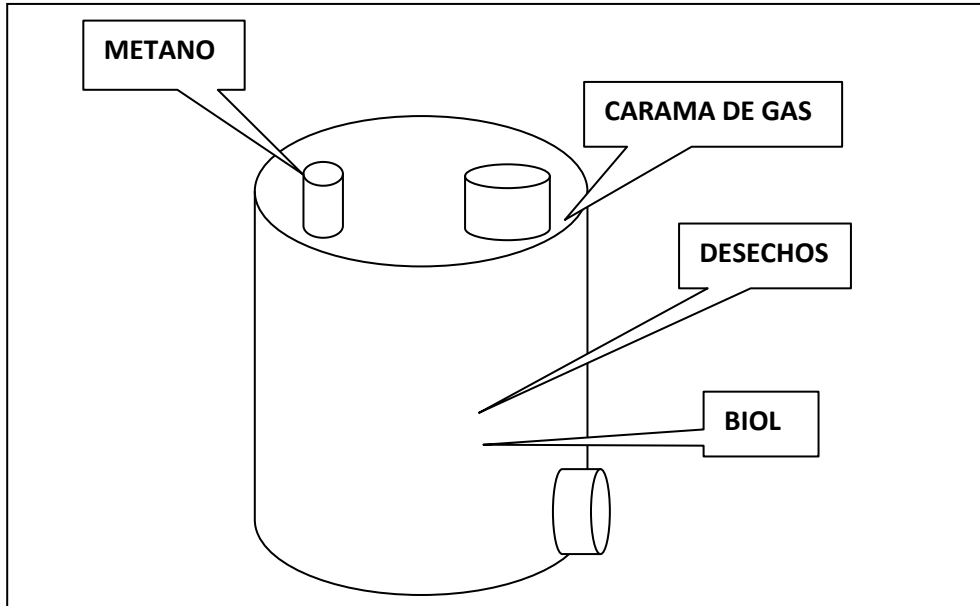


Figura 3. 1 Biodigestor cilíndrico

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez

3.2 Aplicaciones de Biogás

El biogás o metano puede ser utilizado en todo tipo de máquinas y equipos domésticos o industriales por un tiempo determinado siempre dependientes de la cantidad de desechos ingresados.

Térmica: Para el uso doméstico e industrial:

- Cocción de alimentos
- Calefacción
- Procesos industriales (Secado y lavado)
- Calefones
- Iluminación
- Generadores

Mecánica: Funcionamiento de motores que accionen:

- Bombas de Agua
- Piladoras
- Molinos
- Automóviles (Diesel y gasolina).

3.3 Clasificación de los Biodigestores

Los biodigestores fueron diseñados y construidos por la necesidad de las personas al sentir frío y hambre es decir el entorno de la naturaleza ayudo al diseño de los diferentes biodigestores, gracias a las diferentes experiencias sobre el control y manejo de una planta de metano se pudo encontrar nuevas aplicaciones que ayuda al medio ambiente y las personas a tener cierto equilibrio ambiental, en la actualidad se puede encontrar digestor prefabricados de materiales reciclables como es el PVC para ser instalados en muy poco tiempo y a bajo costo, si se tiene los suficientes conocimientos para la construcción y los peligros que podría causar se puede fabricar uno mismo.

Por la frecuencia de carga de los biodigestores se pueden clasificar en:

- Batch o discontinuo
- Semi continuos
- Continuos

3.3.1 Sistema Batch o Discontinuo

En el sistema Batch el ingreso de desechos se realiza una sola vez, luego del ingreso se lo tiene que sellar herméticamente para que los desechos orgánicos o excrementos puedan descomponerse en un tiempo determinado, la producción de metano dependerá de la temperatura y el tipo de desechos que se usará que a su vez determinará su acidez. Este sistema no tiene mayores cuidados durante todo el proceso por lo general se usa tanques plásticos o metálicos siendo los tanques plásticos los más recomendados y usados debido que este material no se oxida, la capacidad de estos tanques es de aproximadamente 200 litros que se lo mezclará con una cantidad ya específica de agua, se tomara en cuenta para su funcionalidad varios aspectos: poseer una entrada de desechos, salida de desechos o biol que será el mismo conducto y una salida de gas metano.

3.3.1.1 Ventajas de los Biodigestores Discontinuos

Las ventajas se pueden determinar de acuerdo al uso y las condiciones del digestor debido que puede cambiar si el ambiente cambia:

- A pesar de contener tierra u otros materiales no afecta la producción de metano.
- La materia prima como los desechos orgánicos y estiércol son de fácil acceso y se puede conseguir a precios accesibles.
- Se puede movilizar al digestor dependiendo de las necesidades que se la tenga.

- Ayudar a reducir la contaminación ambiental.

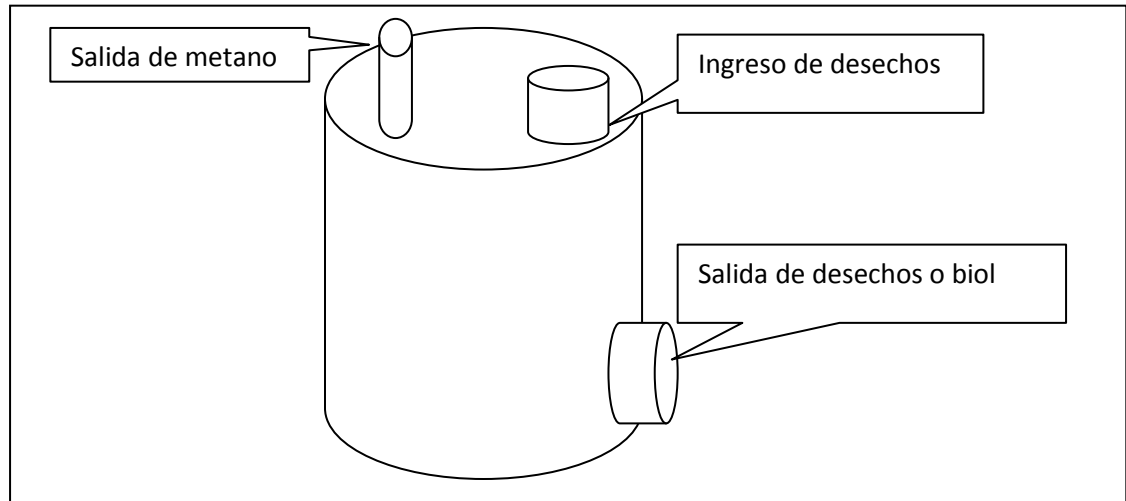


Figura 3. 2 Sistema Batch o discontinuo

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

3.3.2 Sistemas Semi-Continuos

Este tipo de digestor es más común en el medio rural cuando se trata de digestores pequeños para uso doméstico. Son cargados por gravedad diariamente produciendo una cantidad de gas constante al día. Los diseños más populares son el hindú y el chino.

3.3.2.1 Diseño Hindú

Según (Báez, 1987), estos biodigestores disponen de una campana flotante donde se almacena el biogás, la campana produce una presión baja y constante en el reactor ya que sube al producirse biogás y baja al este ser consumido.

Como su nombre lo indica son biodigestores que nacieron en la India y hoy en día los más comunes en este país. Este tipo de digestores pueden llegar a tener presiones en su interior de 0.0015 a 0.017 atm, dato que ha sido tomado experimentalmente en el pasado, algo importante en este tipo de digestores es que se puede aumentar la presión del gas aumentando el peso de la campana flotante. Pueden existir un sin número de diseños para estos digestores pero generalmente son verticales y están bajo tierra.

3.3.2.2 Diseño Chino

El digestor tipo chino está construida de una cúpula fija de diferentes tamaños son tanques cilíndricos con el techo y el piso en forma de domo que por lo general son enterrados. El biogás se almacena en la parte superior del digestor trabaja a una presión variable pero relativamente muy baja. Al aumentar el volumen del gas almacenado en el digestor aumentará la presión. Este tipo de digestor es poco eficiente y confiable para generar biogás pero es muy bueno en la producción de bioabono o biol ya que los tiempos de retención son largos, es muy utilizado en zonas rurales donde el estiércol de animales domésticos y desechos caseros son recolectados para luego ser utilizados en la fertilización de las tierras de cultivo.

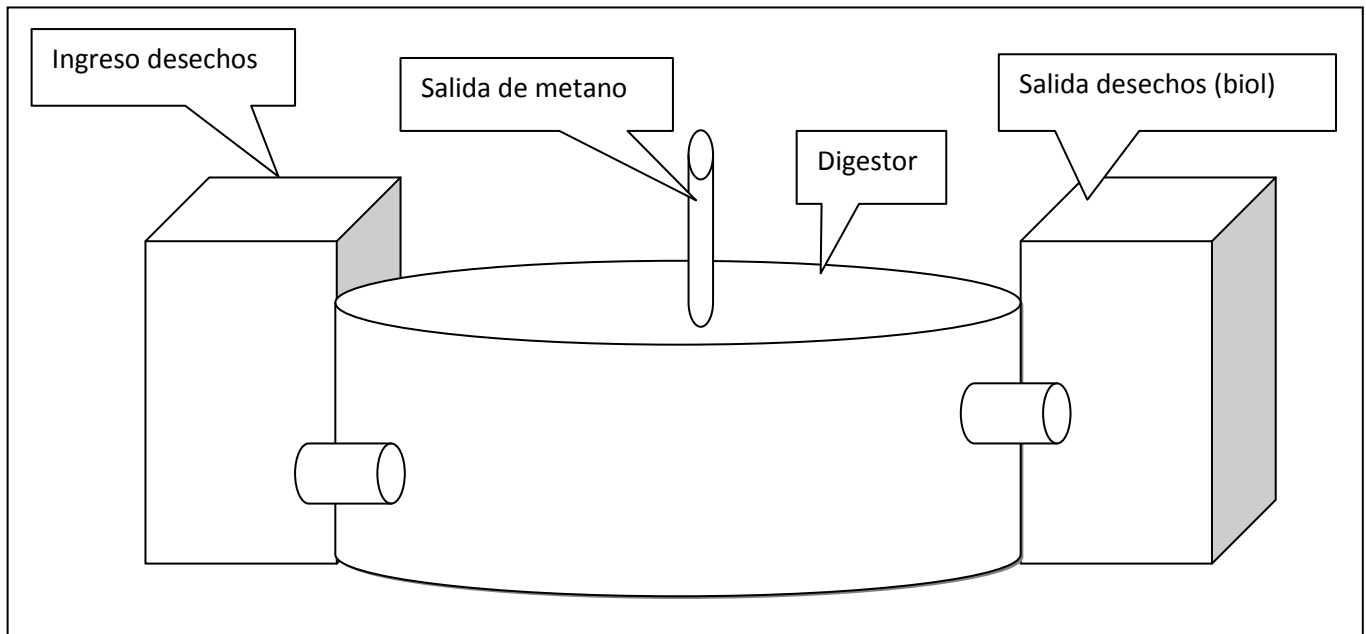


Figura 3. 3 *Sistemas semi-continuos*

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

3.3.3 Sistemas Continuos

Estos digestores son construidos principalmente para el tratamiento de aguas residuales son plantas muy grandes donde se emplean equipos especializados para alimentarlos como calefacción y sistema de agitación así como para llevar su control. Por ende estas plantas son instalaciones tipo industriales donde se generan grandes cantidades de biogás que a su vez es aprovechado en aplicaciones industriales.

3.3.3.1 Ventajas del Sistema Continuo

Se pudo determinar las ventajas más importantes:

- Permite controlar la digestión con el grado de precisión que se quiera.
- Permite corregir cualquier anomalía que se presente en el proceso.

- Permite manejar las variables relacionadas carga específica, tiempo de retención y temperatura a periodos que pueden durar 10 años.
- Las operaciones de carga y descarga de material a procesar y procesados no requieren ninguna operación especial.

3.3.3.2 Inconvenientes del Sistema Continuo

Problemas del sistema continuo:

- La baja concentración de sólidos que admiten.
- No posee un diseño apropiado para tratar materiales fibrosos o aquellos cuyo peso específico sea menor que el agua.
- Problemas de limpieza de sedimentos espuma e incrustaciones.

3.4 Ventajas del Uso de Biodigestores

Se pudo determinar las ventajas más importantes:

- Reducción de la expulsión del gas metano al ambiente, el excremento y desechos orgánicos en estado natural expulsa grandes cantidades de gas metano al espacio, este es uno de los más perjudiciales para la capa de ozono.
- Evitar los malos olores producto de la descomposición de la materia orgánica entre el 90 y 100%.
- Se evita la contaminación de los suelos y el agua, el excremento es uno de los elementos más contaminantes del medio ambiente.

- Se evita talar árboles que tienen como fin ser utilizados como combustible, los biodigestores son una gran solución para obtener un combustible gaseoso y evitar la tala desmedida de árboles.
- Se produce un fertilizante orgánico con grandes propiedades que es una opción para cambiar la agricultura tradicional por una orgánica,
- Permite un adecuado manejo de los desechos orgánicos.
- Reduce la proliferación de insectos.

3.5 Beneficios de la Digestión Anaeróbica

Se pudo determinar los beneficios más importantes:

- Evita emisiones descontroladas de metano provenientes de la producción animal y evitar el aumento de CO₂ en el medio ambiente por la quema de combustibles fósiles.
- Reduce la producción de amoníaco, óxido nitroso y mejora la absorción de nitrógeno realizada por los cultivos al aplicar el residuo de la digestión anaeróbica como fertilizante.
- La ventaja más importante es la fertilización orgánica, es su participación en el ciclo natural de los nutrientes y el amplio espectro de ellos que aportan al medio ambiente.
- El 70% de basura, estiércol, etc., con esta tecnología se puede convertir en metano y CO₂.

3.6 Bioabono

Debido a la descomposición anaeróbica de los desechos introducidos en el digester además de generar gas combustible o metano produce un residuo orgánico con excelente propiedades fertilizantes para los cultivos el cual es utilizado para abonar tierras con bajos contenidos de nutrientes como por ejemplo tierras que están en continuas cosechas. Este fertilizante (biol) no posee mal olor, no contamina, no atrae las moscas y puede ser aplicado al campo en forma líquida o deshidratada. Su composición varía de acuerdo a los desechos utilizados.

Tabla 3. 1 Composición del Biol

Fuente: Francisco Moreta y Jorge Loayssa A.

Composición del Biol	%
Materia orgánica	85,5
Nitrógeno	2.6
Fósforo	1.5
Potasio	1

CAPITULO IV

DISEÑO DEL BIODIGESTOR

4.1 Criterios Generales para el Diseño del Biodigestor

La manera de calcular, diseñar e implementar el biodigestor depende de varios factores, estos son por su aplicación, lugar donde será construido, cantidad de desechos, contaminación, economía y fuentes de energía renovable.

La calidad de la materia prima es importante, la naturaleza y composición de los desechos orgánicos determinan el rendimiento del biogás y el contenido en metano. Es importante que los desechos sean ingresados en partículas lo más pequeñas posibles para de este modo la materia orgánica se descomponga con mayor facilidad y rapidez esto en caso de materia orgánica, si se usa estiércol de animales será mucho más fácil ya que la materia prima esta lista para la producción de biogás.

Mantener una temperatura adecuada y constante ayuda a que los microorganismos trabajen de una forma eficiente y se mantenga de este modo la producción del biogás. El mezclado es importante en biodigestores grandes ya que las natas que se producen internamente bloquean la salida del biogás y de este modo disminuyen su producción.

4.2 Matriz de Decisión

Para justificar la elección del biodigestor tipo Bach o discontinuo y los motivos por la cual se designó dicho digestor se detallara una matriz para su uso.

Tabla 4. 1 Matriz de decisión
Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

		BIODIGESTOR									
		HINDU - CHINO			CONTINUOS			DISCONTINUO			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
BUENO: 3	Facilidad de movilidad	1			1						3
REGULAR: 2	Economía		2			2					3
MALO: 1	Se puede usar materiales reciclados		2			2					3
	Ingreso de materia prima una solo vez		2			2					3
	Ocupa poco espacio	1			1						3
	Presiones altas	1				2					3
	Mejor productor de biol			3			3				3
	Mejor productor de biogás		2			2					3
	Grandes dimensiones	1			1						3
	Problemas de limpieza	1			1				2		
	Mayor tiempo de construcción	1			1				2		
	TOTAL	6	6	6	5	8	6	4			27

De acuerdo al análisis que se realizó y con los datos obtenidos se eligió un digestor DISCONTINUO o llamado BACH, por las facilidades que este presenta para el desarrollo del presente proyectos la cual ayudara a realizar varias pruebas dependiendo de las circunstancias y requerimientos que se vaya necesitando a lo largo del desarrollo del proyecto.

El principal criterio o beneficio que tiene este diseño y por lo cual se eligió fue la facilidad con la que se puede transportar a cualquier lugar.



Figura 4. 1 Biodigestor tipo Bach y motor térmico

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

4.3 Construcción del Biodigestor

Una vez encontrado el diseño apropiado bajo ciertas condiciones y restricciones se procede a la construcción del digestor propio, buscando que sea lo más práctico para la construcción e implementando indicadores (medidores) que se pueden

encontrar en una ferretería o se puedan tener en el hogar, que a lo mejor esta arrinconado en alguna esquina tal vez como basura, pero la manera ingeniosa que se le dio ayudó a satisfacer todos los requerimientos pensados. Se debe recalcar que el diseño y construcción es único gracias a las múltiples pruebas que se realizó durante 8 meses aproximadamente, la demora fue más porque se tuvo que esperar durante 2 meses aproximadamente entre construcción y fermentación para que los digestores generen metano, hasta obtener los resultados esperados, se realizó tres pruebas que se detallara a continuación.

4.3.1 Primera Prueba de Construcción

Para almacenar los desechos se utilizó un tanque con las siguientes características.

- Metálico
- Capacidad de almacenamiento de 200 litros
- Dos ingresos roscados de diámetro 30mm y 70mm

Una vez asignado el tanque se encontró varios problemas uno de ellos es con la rapidez que se formó el óxido externamente al dejarle al medio ambiente por 8 días todo esto a la influencia del sol y el agua, si se formó este oxido en la parte externa de igual manera producirá oxido internamente que con el pasar del tiempo dicho tanque comenzará a tener perforaciones y a su vez fugas, debido que los desechos estarán mezclados con agua o a su vez el mismo desecho tiene humedad, la vida útil de este tanque es muy corta a diferencia de un tanque plástico.



Figura 4. 2 Primera prueba

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

El uso de tuberías galvanizadas también es un problema por la generación de óxidos que puede causar taponamiento con la salida de metano que a su vez contaminará la generación del metano.

4.3.1.1 Ingreso de la Materia Prima

El ingreso de los desechos se lo hizo manualmente por la toma roscada más grande el mismo que se usó un bushin galvanizado para el sello hermético, se introdujo dos baldes de 24 litros lleno de desechos orgánicos que previo al ingreso se mantuvo 7 días al medio ambiente para que se descomponga mezclados con dos baldes de agua, es decir 48 litros de agua se hizo una relación 1:1.

Los desechos ingresados fueron domésticos sin realizar ningún tipo de trituración previamente al ingreso, después de revisar algunos proyectos se pudo determinar que el ingreso de desechos no era la manera correcta por el tamaño de los desechos

y el tipo de desechos, hay algunos desechos que se descomponen más rápidamente que otros, se mantuvo sellado herméticamente el digestor por un lapso de dos meses que lastimosamente no se hizo ningún tipo de registro ya que no se generó biogás, se lo mantuvo a condiciones ambientales bajo el sol, lluvia y temperaturas frías.



Figura 4. 3 Materia prima

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

Durante los dos meses que se mantuvo realizando la digestión anaeróbica se obtuvo como resultado vapor de agua según la información recopilada los primeros resultados serán el vapor de agua para luego producir metano que es el gran objetivo, lastimosamente al pasar los dos meses no se pudo obtener los resultados deseados, se generó una ligera presión que se pudo visualizar con el manómetro instalado en la salida de la toma roscada del tanque que a su vez es la salida de metano.



Figura 4. 4 Manómetro

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

4.3.1.2 Filtros en la Primera Prueba

Al iniciar con la construcción del biodigestor se tuvo conocimiento de que se debe filtrar ciertos gases que se generan conjuntamente con el gas metano los cuales perjudican la combustión del metano y a su vez aceleran el desgaste de los componentes metálicos del motor como son el CO_2 , H_2S y H_2O para implementar los filtros se utilizó materiales fáciles de conseguir que se detallan a continuación:

4.3.1.2.1 Filtro de H_2S

Para filtrar H_2S se utilizó una tubería plástica para rellenarlo con viruta y con polvo de óxido, según se conoce reaccionará con la presencia del ácido sulfúrico y el agua eliminando la mayoría del H_2S , los materiales utilizados se detalla:

Tabla 4. 2 Materiales primera prueba
Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

MATERIALES			
1	Tubería forma de y 4" con reducción a 2"	4	Abrazaderas plásticas
1	Tapa roscada de 4"	4	Abrazadera metálica
1	Tapa lisa de 4"	1	Pegamento para tubería
1	Tapa lisa para sellar la salida de 2"	1	Paquete de lustre (lana de vidrio)
2	Trozos de malla cilíndrica 4"	1	Paquete de lustre (lana de vidrio)
1	Trozo de malla cilíndrica de 2"	4	Metros de manguera transparente de 3/8
1	Silicón negro	4	Teflón
1	Válvula plástica de 1/2	2	Conductos plásticos de 1/2
1	Acople de cobre de 3/8	1	Válvula metálica de 1/2 con reducción a 3/8



Figura 4. 5 Materiales para el Filtro de H₂S
Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.



Figura 4. 6 Filtro DE H₂S

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

La tubería en forma de Y se selló en sus tres orificios, en las dos tapas de 4 pulgadas se realizó perforaciones con un taladro para poder acoplar los ductos de ½ donde se definirá el ingreso del gas proveniente del digestor y la salida de residuos en forma líquida que por lo general será agua, el tercer orificio de 2 pulgadas se instaló un acople de bronce de 3/8 sellado con teflón en su rosca que a su vez se designó como la salida del gas filtrado.

Para evitar fugas de gas se selló con pega tubos en las tres salidas cilíndricas de la tubería en forma de Y, para evitar taponamiento por la presencia de la malla metálica en el interior de la tubería en forma de Y se cortó dos pedazos de malla para las tomas de 4 pulgadas y una para la toma de 2 pulgadas que fueron pegadas con silicón.



Figura 4. 7 Filtro DE H₂S (sellado con malla)

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

Para ayudar a reducir la formación de ácido sulfúrico se introdujo una pequeña cantidad de polvo de óxido que de acuerdo a la información recopilada al entrar en contacto con la malla, agua y el ácido sulfúrico reacciona y reduce la cantidad de dicho gas. El polvo se lo recogió del mismo tanque que se usa como digestor.



Figura 4. 8 Filtro DE H₂S (Recolección de polvo de acido)

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

Ya ensamblados todos los elementos se procedió a la conexión de las mangueras de entrada y salida de gas controlando la salida de gas con la válvula de $\frac{1}{2}$ con reducción a $\frac{3}{8}$, procedimiento que se lo realizó manualmente.



Figura 4. 9 Válvula de salida del gas
Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.



Figura 4. 10 Filtro DE H₂S (construcción lista)
Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

Para poder encontrar alguna fuga en todo el sistema se introdujo aire a presión (10 psi) y para poder comprobar que no haya fugas se puso agua jabonosa en las

uniones para poder ver si se formaba burbujas la cual sería la evidencia que hay fugas. Después de dichas pruebas se encontró varias fugas que se corrigió.

4.3.1.2.2 Filtro de CO₂

Para la eliminación del CO₂ se mezcló agua (2 litros) y bicarbonato de sodio (6 cucharadas) en una botella de 5 litros la cantidad puesta fue por elección propia como experimento, se instaló dos acople de 3/8 de bronce para el ingreso (gas con CO₂) y salida del gas (purificado), la manguera que provenía del digestor se introdujo hasta la mitad del líquido mientras tanto la manguera de salida se la puso fuera del alcance del agua, la finalidad de este filtro es hacer burbujear el agua con bicarbonato de sodio para que se pueda eliminar el CO₂.

Se tuvo varios problemas para esta instalación, la rosca del reservorio no se pudo sellar para evitar fugas, los acoples instalados en la tapa no se pudo sellar adecuadamente y el problema principal fue que la presión que provenía del tanque era superior a la resistencia que ofrecía el agua como se ingresó la manguera hasta la mitad del líquido se supuso que el agua con bicarbonato de sodio se podría convertir en un tapón y evitar la salida del gas la cual no fue así conforme se formaba presión en el interior del gas el mismo escapaba por el reservorio tanto en la tapa y acoples dicho filtro no ayuda en el proyecto.



Figura 4. 11 Filtro DE CO₂

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

4.3.1.2.3 Conclusión Primera Prueba

Una vez ingresada la materia prima, realizado la investigación sobre los filtros y la construcción de los mismos se esperó dos meses para la generación de metano. No se obtuvo los resultados esperados, se pudo determinar que el tanque no es el adecuado para este proyecto porque se oxida muy rápidamente al estar en contacto con el medio ambiente, la materia prima se debe ingresar si es posible molida hecho trocitos muy pequeños para que pueda descomponerse rápidamente lo cual no se hizo, las múltiples fugas tampoco ayudó a estabilizar todo el proceso. Se descartó este proceso pero gracias a estos problemas se tomara en cuenta todas las precauciones del caso para las siguientes pruebas.

4.3.2 Segunda Prueba de Construcción

Dada la primera prueba y los constantes problemas se eligió otro tipo de material para la construcción del nuevo biodigestor con las siguientes características.

- Plástico
- Capacidad de almacenamiento de 210 litros
- Dos ingresos roscados de diámetro 70mm y 70mm



Figura 4. 12 Biodigestor plástico (Tomas roscadas de 70mm)

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

Gracias a la experiencia en la primera prueba se designó que el tanque debería ser de plástico para evitar problemas de oxidación el punto a favor fue también por la durabilidad del tanque ya que se puede utilizar varias veces y cuantas veces se

requiera, al ser utilizado en zonas rurales o zonas de pocos recursos este sería un gasto menos para poder construir un digestor casero.



Figura 4. 13 Biodigestor plástico

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez

4.3.2.1 Diseño del Biodigestor

Previo a la construcción del digestor se pensó en varias facilidades con la finalidad de mejorar ciertos aspectos como por ejemplo la manera de ingresar la materia prima, el desalojo del biol, sello hermético y la salida del metano.

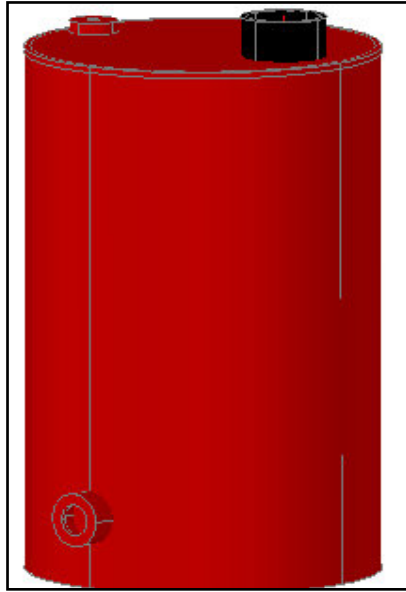


Figura 4. 14 Biodigestor segundo diseño

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez

Para poder mejorar el ingreso de los desechos se pensó en perforar al tanque en la parte superior para instalar una entrada más grande, se instaló una tubería de 4 pulgadas con reducción a 2 pulgadas e incrustada una tubería de 2 pulgadas de 80 cm, se puso la tubería hasta casi el fondo con la finalidad de que los desechos y la mezcla de agua actuarían como tapón para evitar la salida del metano y también sea un generador de presión es decir al momento que se haga una carga de desechos y este formado ya el metano este ocuparía espacio y por ende se reducirá la cámara y aumentaría la presión.



Figura 4. 15 Biodigestor (Perforaciones)

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez

Se realizó una perforación en la parte baja del tanque para la salida del biol se instaló un tapón roscado para que se haga fácil la salida del fertilizante cuando la digestión termine. Todos los materiales que se utilizó para este proceso son de plástico para que la vida útil del digestor sea prolongada.



Figura 4. 16 Tapón de salida

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez

4.3.2.2 Ingreso de la Materia Prima

El ingreso de los desechos se lo hizo manualmente previamente machacando la materia prima de igual manera se utilizó desechos domésticos pero se aumentó la cantidad para aumentar la fermentación anaeróbica ya que así se reduciría la cámara del gasómetro la cual incrementaría la presión del biogás para que pueda ingresar al motor térmico sin ninguna dificultad.



Figura 4. 17 Materia machacada

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez

4.3.2.3 Filtros en la Segunda Prueba

Fue de mucha ayuda experimentar, equivocarse y acertar todas las implementaciones hechas en la primera prueba y debido a que no entro en funcionamiento los filtros de H_2S y CO_2 se utilizará dichos filtros para la segunda prueba adicionalmente se utilizará un separador de agua que se va a detallar los materiales y como se realizó la instalación:

Tabla 4. 3 Materiales segunda prueba
Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

MATERIALES			
1	Bushing de plástico de 70 mm	1	Válvula plástica de ½
2	Neplos plásticos de 1/2	1	T plástica de ½
2	Uniones plásticos de 1/2	1	Manómetro de 3/8
1	Codo plástico de 1/2		
2	Teflón		
1	Neplo galvanizado 3/8		
1	Separador de agua		
1	Acople de bronce de 3/8		



Figura 4. 18 Filtros de segunda prueba
Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez

La conexión que se realizó es muy sencilla se utilizó la adecuada cantidad de teflón en las uniones para evitar fugas, Al dejar en reposo para la generación de metano se observó una ligera presión en 3 días la cual se supuso porque se dejó escapar el gas por la válvula de filtro de H₂S. Para un mejor control del flujo del gas se instaló una válvula para controlar el flujo, previo a la válvula se instaló un manómetro para poder identificar la presión que se genera.



Figura 4. 19 Conexiones

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez

Al ser instalados todos los accesorios e indicadores se dejó reposar por 7 días más en total 10 días, se pudo determinar una ligera presión durante este tiempo, luego de este tiempo ya no generó presión, se determinó que la presión generada fue mayor a la resistencia que podía soportar la pega de la tubería instalada, del mismo modo el olor emanado delató la presencia de fugas.

4.3.2.4 Conclusiones Segunda Prueba

El principal problema que se presentó durante este proceso fue la presencia de fugas que no ayudó que el digester trabaje y produzca el metano, el silicón puesto alrededor de la tubería de ingreso de desechos tampoco permitió realizar un buen sello hermético se observó a los pocos días que había fugas puesto que se puso agua alrededor de la tubería y se observó cómo burbujeaba.

El agua utilizado para mezclar con los desechos fue la de una canal de riego que proviene de Pintag, no se debe usar agua potable ya que posee cloro principal componente que limita el crecimiento de las bacterias, todo lo contrario con el agua

del canal de riego que se utilizó ya que posee una infinidad de microorganismos que ayudan al crecimiento de colonias de bacterias, el agua de dicha vertiente será utilizada en todas las pruebas que sean necesarias hasta obtener los resultados que se busca.

4.3.3 Tercera Prueba de Construcción

Luego de dos pruebas que lastimosamente no dieron los resultados que se esperaba se realizó una tercera prueba realizando una recopilación de las dos pruebas anteriores descartando los malos resultados que ayudó a mejorar cada vez más el proyecto expuesto y los aciertos que se tuvo, se mantuvo o a su vez se mejoró, las anteriores pruebas se realizó con métodos empíricos y sin la recolección de datos que puedan dar la pautas a seguir, parar o mejorar ciertos procedimientos como por ejemplo la manera de ingresar los desechos y la fabricación de filtros.

Para realizar la tercera prueba se consideró varios aspectos, seguridad, metodología y resultados que se detallarán:

4.3.3.1 Cálculos de Diseño Tercera Prueba

Para empezar con los cálculos de diseño de un biodigestor, podemos partir de 2 criterios.

- Determinar la cantidad y tipo de desechos orgánicos o animales disponibles en la zona que se utilizará para la producción de biogás.
- Determinar el uso específico para el cual se va requerir el biogás; por ejemplo, generación de electricidad, cocina, encender un motor, etc.

De este modo se procede a utilizar el segundo criterio, para la construcción del biodigestor, el uso que se le dará al biogás y de esta manera determinar la cantidad de desechos orgánicos o animales o su combinación si así se lo requiere.

4.3.3.2 Consideraciones

Se ha considerado varios puntos para implementación de un biodigestor a partir de desechos animales con la finalidad de encender un motor térmico.

- Se producirá biogás a partir del estiércol de vacuno (0,131 m³ de biogás /Kg).
- Eficiencia térmica del motor será del 25%.
- La eficiencia mecánica del motor consideramos el 85%.
- Se considera la composición del biogás 60% CH₄ y 40% CO₂.
- Se considera que el biodigestor trabajará a una temperatura de (15-20) °C.

Tabla 4. 4 Grado de eficiencia de un motor OTTO

Fuente: Junta de Extremadura, consejería de industrias

	MOTOR DE GASOLINA	MOTOR DIESEL
Proceso	Gas – Otto	Gas – Diesel
Grado de eficiencia	(20-25)%	(30-35)%
Nivel de ruido	Medio	Alto

4.3.3.3 Condiciones de Diseño

Se va a detallar las condiciones que se necesita para la producción de biogás de acuerdo a la investigación y pruebas ya realizadas.

- Volumen del biogás necesario.
- Volumen de la materia orgánica necesaria.
- Volumen de la cámara de gas.

4.3.3.3.1 Volumen del Biogás Necesario (vb).

Dado la tabla N° 2.4 sobre el consumo de biogás y aplicación en equipos se detalla que para un motor de combustión interna en este caso es el motor de una moto y con una eficiencia térmica de 25%, para que trabaje una hora se necesita 0.5 m³ de bigas, por lo tanto:

$$V_b = \frac{0.5 \text{ m}^3 \text{ de biogas}}{\text{HP} \times \text{hr}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Fuente:(Hilbert, 1998)

Dado que la ecuación 1 hace referencia al trabajo de un motor por 1 hora utilizando 0.5 m³ de bigas estos datos se tomaran como referencia para nuestro cálculo ya que se hará trabajar al motor por 3 minutos con este dato se hará las transformaciones correspondientes (regla de tres simple).

1 hora → 60 minutos

3 minutos → ?

$$x = \frac{3}{60}$$

$$x = 0.05 \text{ h}$$

Se dejó todo en función de horas para realizar los cálculos correspondientes.

El motor que se usará tendrá una potencia de 10 Hp y funcionará aproximadamente 3 minutos (0.05h) diario. Para obtener la cantidad de biogás requerido multiplicamos la ecuación 1 por la potencia del motor y el tiempo de operación.

Como en 1 hora consumirá 0.5 m^3 diariamente se realiza una transformación considerando 0.05 h funcionara el motor diariamente (regla de tres simple).

1 hora → 0.5 m^3

0.05 hora → ?

$$x = \frac{0.05 \text{ h } (0.5 \text{ m}^3)}{1 \text{ hora}}$$

$$x = 0.025 \text{ m}^3$$

De acuerdo a datos reales se realizara el respectivo cálculo para considerar el verdadero volumen de biogás que se necesita para mantener encendido el motor de 10 HP por 3 minutos

$$Vb = \frac{0.025 \text{ m}^3 \text{ de biogas}}{HP \times hr} \times 10HP \times 0.05Hr$$

$$Vb = 0.0125 \text{ m}^3 \text{ de biogas}$$

El volumen de biogás (Vb) es la cantidad en m³ que se requiere cada día para que se mantenga encendido el motor de la moto considerando que el tiempo de funcionamiento depende de las condiciones ambientales como puede ser la temperatura.

4.3.3.3.2 Volumen Materia Orgánica Necesaria (mo)

Para el cálculo del volumen de materia orgánica necesaria para la producción del gas se utiliza el parámetro de diseño expuesto en la tabla N° 2.3

- Producción de biogás = 0.131m³/Kg de estiércol vacuno.

Para determinar la cantidad de masa que se necesita introducir diariamente para obtener la cantidad de gas requerida, se debe dividir el volumen de biogás necesario para el dato de producción de biogás.

$$mo = \frac{Vb}{\text{Produccion de gas}}$$

Ecuación 2

$$mo = \frac{0.0125 \text{ m}^3 \text{ de biogás}}{0.131 \frac{\text{m}^3 \text{ de biogás}}{\text{Kg de estiércol}}}$$

$$mo = 0.0954 \text{ Kg de estiércol vacuno}$$

4.3.3.3 Volumen o Carga Diaria

Para determinar el volumen o la carga diaria que se necesitará diariamente introducir en el biodigestor se usará la siguiente ecuación:

$$Vd = v \times t_r \quad \text{Ecuación 3}$$

Fuente: (Hilbert, 1998)

En donde:

Vd = Volumen del digestor

v = Carga diaria de desecho

t_r = Tiempo de retención

Dada la ecuación 3 se usará la tabla N° 3. 2 (Producción de biogás a partir de desechos animales) donde se determina que el tiempo de retención es 30 días pero como se realizó pruebas de retención para el presente proyecto se tomó 60 días para que el biogás se genere.

El volumen del digestor ya fue determinado ya que se usó un tanque plástico de 211 lt (0.211 m³), fue utilizado este tipo de tanque ya que posee varias facilidades para su manipulación y posee varias características que pueden ayudar para este propósito como por ejemplo las dos salidas roscadas que posee en la tapa superior, las misma que se usaron ingeniosamente.

Antes que se realice los cálculos de volumen se determinó que se usaría este tipo de tanque pensado en el lugar que se ubicaría, facilidades para conseguir materiales y se pensó que podría ser de uso doméstico. Se piensa que este proyecto puede ser el inicio de proyectos sociales de menor y mayor escala dependiendo de la inversión económica de ámbitos públicos o privados.

También se pensó en la disminución progresiva de la contaminación ambiental y el inicio del cambio de la forma de pensar de las personas, se debe pensar que el planeta es el hogar de los seres vivos y no el botadero de basura.

Reemplazando los datos tenemos:

$$Vd = v \times t_r$$

$$v = \frac{Vd}{t_r}$$

$$v = \frac{0.211}{60}$$

$$v = 0.0035m^3$$

Se va a considerar que el digestor trabajará a una temperatura aproximada de 15°C donde el tiempo de retención es de 60 días conforme a la tabla N° 2.3 después del tiempo de retención establecido la carga de materia prima se hará diariamente para evitar que se detenga la producción de biogás.

4.3.3.3.4 Volumen de Materia Prima

Este es el volumen de materia prima (v_s) necesaria que requiere el digestor discontinuo tipo batch para lograr producir 0.131m³/Kg de biogás.

$$v_s = v \times tr$$

Ecuación 4

Fuente: (Hilbert, 1998)

$$v_s = \frac{0.0035m^3}{día} \times 60días$$

$$v_s = 0.21 m^3$$

4.3.3.3.5 Volumen de la Cámara de Gas

El volumen del gasómetro se lo debe fijar de acuerdo a:

- Producción diaria
- Demanda de gas por horas del día.

En el caso de este proyecto se debe prender el motor por 3 minutos aproximadamente y el gas se medirá cada 24 horas por lo que el volumen del gasómetro debería corresponder al volumen de biogás necesario ($V_b = 0.0125 m^3$).

4.3.3.4 Dilución de Agua

La dilución de agua se hace en proporción adecuada para cada tipo de desecho según la humedad de este, con el objetivo de conseguir una concentración de (7 – 9) % en peso de sólidos secos. En el caso de estiércol de vacuno cuya humedad es

(80-90) % la dilución se realiza en proporciones 1:1, mezclado 1Kg de estiércol con 1 litro de agua.

4.3.3.5 Materia Prima Ingresada en el Digestor

Para acelerar el proceso de fermentación se utilizará estiércol de ganado vacuno, este ya está machacado y de cierta manera fermentado debido a la digestión de los estómagos de las vacas por todos los beneficios explicados es que se utilizó este tipo de materia prima.

- Se ingresará en el digestor 4 baldes de estiércol de ganado vacuno cada balde tiene una capacidad de 18lt.
- El balde de estiércol peso 24.9 kg que multiplicado por los cuatro baldes da como resultado total de 99.77 kg de estiércol.
- La cantidad de agua a ingresar fue la misma del peso total 99 litros como se recordará por cada 1 kg de estiércol se ingresara 1 lt de agua o dependiendo del grado de humedad de la materia se considera que es un dato experimental.

4.3.3.6 Construcción del Biodigestor Tercera Prueba

En capítulos anteriores ya se explicó cómo será el ingreso de la materia prima y por qué la elección de la misma con los respectivos argumentos se da inicio a la construcción del tercer biodigestor, para esta tercera prueba se hará una recopilación de los materiales usados en la segunda prueba ya que se demostró que la mejor opción es el uso de materiales plásticos, esta prueba es una recopilación de aciertos

y problemas que ayudaron a dar forma a el principal objetivo generar metano, se detallara los materiales que se usara:

Tabla 4. 5 Materiales tercera prueba

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez

MATERIALES			
1	Tanque plástico de 211 lt de color negro	1	Válvula de $\frac{3}{4}$
1	Canister para aveo	1	Tubo roscado rodela de caucho de $\frac{3}{4}$
1	Embudo grande de aceite	3	Codos plásticos de $\frac{1}{2}$
1	Válvula de 1" $\frac{1}{2}$	1	Reducción galvanizado de $\frac{3}{4}$ a $\frac{1}{2}$
1	Tubo roscado con rodela de caucho de 1" $\frac{1}{2}$	2	T plásticas de $\frac{1}{2}$
1	Codo de $\frac{3}{8}$	2	Tapones plásticas de $\frac{1}{2}$
1	Neplo de $\frac{3}{4}$ de 20 cm galvanizado	2	Silicón
8	Neplos de $\frac{1}{2}$	1	T galvanizado de $\frac{3}{4}$
3	Válvulas de $\frac{1}{2}$	1	Unión de $\frac{3}{4}$ galvanizado
6	Tubos de teflón	1	Bushing galvanizado de 1" $\frac{1}{2}$
2	Tapones de $\frac{3}{4}$ galvanizado	1	Separador de agua con manómetro de $\frac{1}{2}$
2	Uniones plásticas de $\frac{1}{2}$	1	Funda de estropajo
3	Neplos de 15 cm galvanizado	1	Válvula de bronce para gasolina y gas
20	cm de manguera $\frac{3}{4}$	2	Metros de manguera transparente de $\frac{3}{8}$
1	Plataforma metálica con ruedas para tanque	1	motor térmico
1	Permatex	1	Bushing galvanizado de $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{8}$
1	Papel control de PH	1	Válvula de $\frac{3}{8}$
4	metros de manguera de gas	10	Abrazaderas metálicas de tornillo de $\frac{3}{8}$
4	Spray de pintura verde	2	Spray de pintura negra
1	Adhesivos		

Una vez seleccionado el tanque se definió los usos que se le dará a toda la estructura, se determina la ubicación de las perforaciones para la entrada de materia prima, salida de gas, salida de biol y los tipos de filtros que se usara para filtrar CO₂, H₂S y el agua.

4.3.3.6.1 Válvulas de Biol y Control de Gasómetro

Se realizó dos perforaciones en la parte baja del tanque para poder instalar una válvula de 1" ½ y una perforación en la zona superior del tanque de ¾, la primera vacía el biol cuando finalice el proceso y la segunda mantiene el nivel de la materia y determina el gasómetro o cámara de gas.



Figura 4. 20 Válvulas de biol y control de gasómetro

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

Para que no haya fugas en las válvulas se utilizó sellos redondos de caucho en el interior y exterior del tanque cubiertos de silicón y teflón, ya una vez ingresado el estiércol vacuno y el agua se obtuvo buenos resultados no hubo ninguna fuga.

Cuando se realizó las perforaciones para las válvulas y se selló con silicón se esperó un día para que se seque y poder ingresar la materia prima.

4.3.3.6.2 Ingreso de Materia Prima

El ingreso de los desechos se hizo algo difícil en un inicio, existen dos entradas redondas en la parte superior del tanque de 70 mm cada una, se utilizó una para el ingreso de los desechos y la segunda se utilizó como salida de gas.

Se cortó al embudo en la base redonda para poder acoplar en una de las entradas redondas, se cortó un tanto más pequeña para que ingrese a presión y que quede fija en su base.



Figura 4. 21 INGRESO DE MATERIA PRIMA

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

Para poder obtener un sellado hermético se fabricó un tapón palanca que permita abrir como cerrar, se utilizó el bushing de 1" ½ galvanizado que a su vez tiene una toma roscada de ¾ donde se acopló dos neplós de 15 cm tanto vertical como horizontal unidos con una T y sellados con tapones para evitar la fuga del metano todas las uniones fueron selladas con teflón y permatex también se llenó de silicón la entrada de ¾ acople con el bushing para evitar que el agua u otro gas entre en contacto con el material galvanizado ya que si entra en contacto puede oxidarse.

4.3.3.6.3 Salida de Metano

Hasta el momento no se ha realizado ninguna perforación en las tomas roscadas de 70mm que posee el tanque lo que se ha hecho es utilizar estas entradas por lo cual se va a utilizar la que queda como salida de metano. Se puso el neplo de ¾ galvanizado en la tapa ya está posee en la mitad una toma roscada de ¾ ayudado de una reducción de ¾ a ½ se instaló las tuberías de ½ con su respectiva válvula para poder controlar la salida del gas, todas las uniones fueron roscadas con teflón y permatex para evitar fugas.



Figura 4. 22 SALIDA DE METANO

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

4.3.3.6.4 Filtros

Los filtros instalados en la línea de circulación del gas se lo fabricó lo más sencillo posible para que no haya fugas y sobre todo sean fácil de instalar y transportar en el mismo digester si en caso se quiera movilizar el digester.

4.3.3.6.5 Proceso de Separación del H₂S

Para bajar la mayor cantidad de porcentaje de ácido sulfhídrico del biogás existen diferentes procesos, siendo los más utilizados los siguientes:

- Cuando existe pequeñas cantidades de H₂S se utilizará una esponja de aserrín mezclada con oxido ferroso o limalla de hierro este equipo deberá ser abierto cuando el filtro este saturado de H₂S.

- La utilización de una mezcla de óxido férrico con astillas de madera dura en proporción de 0,24 kg de Fe_2O_3 por litro siendo la mezcla llamada esponja de hierro. De esta esponja 3 lt son capaces de remover 3.7kg de azufre y puede ser recuperada dos o tres veces por exposición al aire.
- Con la remoción conjunta de H_2S y CO_2 por extracción de agua por medio de tamices moleculares con zeolitos.

El filtro de H_2S se construyó con tuvos PVC de $\frac{1}{2}$, se instaló dos T $\frac{1}{2}$ unidas con neplos, válvulas y tapones esta ultima servirá para purgar el exceso H_2S y agua que se vaya acumulando antes de cerrar el filtro de relleno de lana de hierro la cual forma un filtro poroso por donde circula el gas que reaccionará cuando entre en contacto con el H_2S , la lana de hierro puede ser regenerado periodicamente por una simple exposicion al aire durante 3 a 4 días.



Figura 4. 23 Filtro de H_2S

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

4.3.3.6.6 Proceso de Separación del CO₂

La remoción del dióxido de carbono puede efectuarse por diferentes procesos los cuales son:

- Un proceso bastante simple y utilizado es burbujear el gas en agua de cal.
- Se utiliza una solución activa de carbono de potasio, siendo el biogás extraído con solución caliente en absolvedor de relleno. De manera general el biogás posee un 40% de CO₂ con estos procesos de concentración puede ser reducido a valores de 3%. La desventaja de este método es la pérdida de un 4 % a 5% de metano por absorción en agua y la presencia de un 3% de CO₂ el gas resultante.
- La remoción de CO₂ también se puede realizar con la acción del carbón activo expuesta al gas.

Para el presente proyecto se dispondrá de un cánister (en su interior tiene carbón activo), específicamente es de aveo el cual se pondrá en la línea de circulación del gas para eliminar el CO₂, se encuentran 3 conexiones que se detallara:

- Conexión de entrada de gas, en este caso viene desde el biodigestor donde ingresa al cánister para retener el CO₂, para ubicarse de mejor manera, en el automóvil se trataría del ingreso del vapor de gasolina que se genera en el tanque de combustible.
- Conexión de salida de gas, en esta ya sale el gas libre de CO₂ hacia el múltiple de admisión en el momento indicado en caso del vehículo, estaría

controlado por una válvulas comandadas por la ECU para el caso del biodigestor se controlará por una válvula auxiliar con regulación mecánico.

- Conexión de purga, en el cánister no solo se filtrara el CO₂ también se encontrará varios gases uno de ellos es el agua y por condensación se hará líquida la cual será evacuada por una válvula de purga que para el presenta trabajo se usará una válvula manual con una prolongación de manguera transparente que se podrá observar cuando se sature de algún líquido la cual se podrá desfogar cuando sea necesario.



Figura 4. 24 Filtro de CO₂ (canister)

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

4.3.3.6.7 Separador de Agua

Puesto en funcionamiento el biodigestor se acumulará agua en las tuberías, la forma de eliminar es haciendo pasar el gas a través de un separador de líquido, que consiste básicamente en un recipiente que guarda una temperatura más baja que el biogás para condensar el vapor de agua y atraparlo.

En su inicio se instaló en el estructura del motor pero cuando se hacía funcionar el motor este vibra mucho por lo que no se podía ver la presión en la que estaba el biodigestor por este problema se lo instaló en el mismo digestor.



Figura 4. 25 Trampa de agua

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

4.3.3.6.8 Válvula de Tres Vías

Es un elemento muy importante para el funcionamiento del motor (en este caso es de moto) que alimenta al motor de gasolina y metano en una misma válvula, el paso de combustible y gas es regulado manualmente por una mariposa, mientras el motor está funcionando con combustible el acceso de metano se limita hasta que entre en funcionamiento u obtenga una temperatura de funcionamiento aproximadamente 3 minutos luego de esto se cierra el paso de gasolina para dar paso al metano que funcionara enteramente el motor con metano. El material seleccionado para la fabricación de la válvula es de bronce para mitigar los daños de corrosión bien sea por la gasolina o el metano.

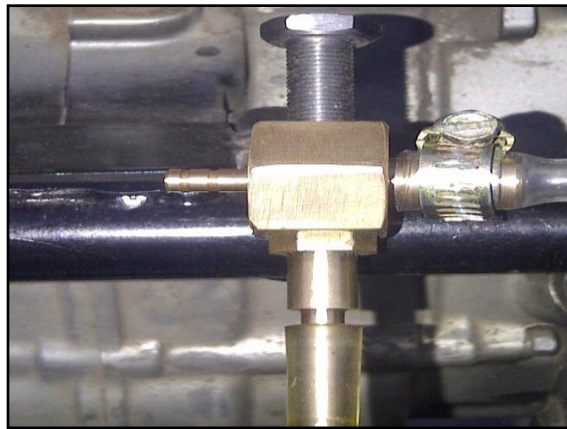


Figura 4. 26 Válvula de tres vías

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez

Tabla 4. 6 Datos técnicos válvula de tres vías

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez

Datos técnicos Válvula de tres vías		
N°	Partes	Material
1	Cuerpo	Bronce dulce
2	Surtidor principal de gas	Bronce dulce
3	Aguja principal	Acero AISI 1045

GENERALIDADES: Aleación de cobre, de buena ductilidad y fácil de trabajar en maquinado por la adición de plomo. Por su alto contenido de zinc, se lo puede utilizar en forma general, a excepción de aquellas aplicaciones donde se requiere alta resistencia a la corrosión y esfuerzos propios de otras aleaciones especiales. Alta velocidad de repetición en los trabajos de mecanizado.

ANÁLISIS TÍPICO %			
	Cu	Zn	Pb
C 38500	58%	38%	4%

Figura 4. 27 Datos técnicos Bronce Dulce

Fuente: Elacero.com(Moreno & Mendoza)

ACERO AISI-SAE 1045 (UNS G10450)

1. Descripción: es un acero utilizado cuando la resistencia y dureza son necesarios en condición de suministro. Este acero medio carbono puede ser forjado con martillo. Responde al tratamiento térmico y al endurecimiento por llama o inducción, pero no es recomendado para cementación o cianurado. Cuando se hacen prácticas de soldadura adecuadas, presenta soldabilidad adecuada. Por su dureza y tenacidad es adecuado para la fabricación de componentes de maquinaria.

2. Normas involucradas: ASTM A108

3. Propiedades mecánicas: Dureza 163 HB (84 HRb)
Esfuerzo de fluencia 310 MPa (45000 PSI)
Esfuerzo máximo 565 MPa (81900 PSI)
Elongación 16% (en 50 mm)
Reducción de área (40%)
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)
Maquinabilidad 57% (AISI 1212 = 100%)

4. Propiedades físicas: Densidad 7.87 g/cm³ (0.284 lb/in³)

5. Propiedades químicas: 0.43 – 0.50 % C
0.60 – 0.90 % Mn
0.04 % P máx
0.05 % S máx

6. Usos: los usos principales para este acero es piñones, cuñas, ejes, tornillos, partes de maquinaria, herramientas agrícolas y remaches.

7. Tratamientos térmicos: se da normalizado a 900°C y recocido a 790°C

NOTA:

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

Figura 4. 28 Datos técnicos Acero AISI 1045

Fuente: (Sumitec)

4.4 Ventajas del Uso de Combustibles Gaseosos

El uso de combustibles gaseosos permanentemente en los motores de combustión interna, brinda las siguientes ventajas:

- La combustión limpia de los gases alarga la vida útil de los motores ya que el aceite sufre menos degradación por contaminación.
- No se forman impurezas ni exceso de carbón dentro del motor.
- La combustión de este combustible es más uniforme, lo que brinda un mejor control y estabilidad en la cámara de combustión, esto alarga la vida útil de los componentes móviles del cabezote, pistones, cilindros y demás partes importantes.
- Al no existir mucha contaminación interna del carbón se alargaría la vida útil del aceite y filtros. De igual manera se alarga la vida útil de las bujías ya que se mantienen limpias y secas.
- Reduce la contaminación del medio ambiente ya que produce menos gases contaminantes como el monóxido de carbono.

4.5 Características Técnicas del Motor Térmico

El motor de la moto que se utilizará es de fabricación china de 125 cm³ para dichas pruebas es más que suficiente, el montaje del motor se lo realizó en coche para poder movilizar con facilidad este motor fue una donación que prácticamente estaba hecha todas las instalaciones se implementó fusibles, interruptores y se ruteo adecuadamente los cables para evitar corto circuito ya que los empalmes, aislamiento y ruteo de cables no fueron hechos técnicamente.



Figura 4. 29 Adecuación de motor térmico

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez

Se detallara los datos de la moto para futuras investigaciones:

Tabla 4. 7 Características técnicas del motor térmico

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez

DATOS TÉCNICOS	
Cilindrada cc	125 cm ³
Cilindros	1
Válvulas	4
Carrera	49,5 cm ³
Diámetro del cilindro	56,5 cm ³
Refrigeración	Aire
Vh	124.106 cc
Encendido	Eléctrico con CDI
Voltaje	12v
Relación de compresión	9.7:1

Distribución	Válvulas SOHC
Potencia	10 HP a 800 RPM
Par motor	10Nm a 5500 RPM

4.5.1 Recomendaciones Para la Operación del Motor Térmico

Dependiendo del uso que se le vaya a dar al motor térmico se debe tomar en cuenta varios detalles antes que esté funcione prolongadamente en una actividad determinada.

- Calentar el motor a temperatura de régimen.
- Como la presión existente dentro del biodigestor es ligeramente superior a la presión atmosférica, no es necesario el uso de reguladores de presión.
- Si la cantidad de biogás en relación al aire atmosférico que aspira el motor fuera excesiva, provoca un funcionamiento inestable del motor y condiciones extremas hasta su parada.
- Inspeccionar con frecuencia la existencia de fugas en las tuberías de transporte de combustible, juntas y medidores para evitar cualquier accidente.

4.6 Control de Parámetros para la Generación de Biogás

Los datos referentes a los parámetros de desempeño diario del biodigestor serán tomados todos los días, durante el periodo de retención.

4.6.1 Hoja de Control de Parámetros para el Biodigestor

Esta hoja ayudará registrar las condiciones, valores, estados, altura, temperatura y PH la finalidad de este control es para poder analizar las condiciones favorables y no favorables y poder corregir o a su vez mejorar, este proceso será ayudado de varios instrumentos que se detallara:

- Para medir la temperatura a la salida del efluente (ambiental) del biodigestor se utilizará un termómetro de mercurio sumergiéndolo en la solución hasta que se estabilice la medida por 5 minutos también se utilizará medidor digitales.
- Para medir la presión del biogás se utilizará un manómetro que se estará utilizando conjuntamente con el separador de líquido el rango de medida va de (0-180) psi, en este caso la presión que existirá en el digestor será (1 a 4) psi aproximadamente.

Tabla 4. 8 Hoja de Control de Parámetros para el Biodigestor

Fuente: (Sanchez & Pazmiño, 2007).

ORD	FECHA	HORA	RESPONSABLE	TEMPERATURA °C	PRESION PSI	PH
1						
2						
3						
4						
5						

Para la prueba realizada se debe considerar el cuadro de control que se lo hizo por los expositores del proyecto, se debe considerar la altura y la región en la que se realizaron las pruebas tomando en cuenta que las regiones calurosas y húmedas son las ideales para la generación rápida de metano.

4.6.2 Hoja de Control de Parámetros para el Biodigestor

Tabla 4. 9 Hoja de control de parámetros para el biodigestor (Hecho en el valle de Tumbaco)

Fuente: (Sanchez & Pazmiño, 2007)

ORD	FECHA	HORA	RESPONSABLE	TEMPERATURA °C	PRESION PSI	PH
1	29/09/2012	13:00	Julián Tupiza	20°C	0	5
2	30/09/2012	13:20	David Velásquez	21°C	0	5
3	01/10/2012	13:00	Julián Tupiza	20°C	0	5-6
4	02/10/2012	13:45	Julián Tupiza	20°C	0	5-6
5	03/10/2012	13:30	Julián Tupiza	20°C	0	5-6
6	04/10/2012	13:00	David Velásquez	19°C	1 - 2	5-6
7	05/10/2012	14:00	David Velásquez	19°C	1 - 2	5-6
8	06/10/2012	13:20	Julián Tupiza	18°C	1 - 2	5-6
9	07/10/2012	13:00	Julián Tupiza	19°C	1 - 2	5-6
10	08/10/2012	14:00	Julián Tupiza	17°C	1 - 2	6-7
11	09/10/2012	13:30	Julián Tupiza	18°C	1 - 2	6-7
12	10/10/2012	13:10	Julián Tupiza	17°C	1 - 2	6-7
13	11/10/2012	14:10	Julián Tupiza	17°C	1 - 2	6-7
14	12/10/2012	13:40	Julián Tupiza	16°C	1 - 2	6-7
15	13/10/2012	13:10	Julián Tupiza	18°C	1 - 2	6-7
16	14/10/2012	14:20	David Velásquez	17°C	1 - 2	6-7

ORD	FECHA	HORA	RESPONSABLE	TEMPERATURA °C	PRESION PSI	PH
1	15/10/2012	15:20	Julián Tupiza	17 °C	1 - 2	7
2	16/10/2012	15:30	Julián Tupiza	16 °C	1 - 2	6
3	17/10/2012	15:30	Julián Tupiza	16 °C	1 - 2	7
4	18/10/2012	15:30	Julián Tupiza	16 °C	1 - 2	6
5	19/10/2012	15:30	David Velásquez	16 °C	1 - 2	6
6	20/10/2012	15:30	David Velásquez	17 °C	1 - 2	6
7	21/10/2012	15:30	Julián Tupiza	16 °C	1 - 2	7
8	22/10/2012	15:30	Julián Tupiza	15 °C	1 - 2	7
9	23/10/2012	15:30	Julián Tupiza	16 °C	1 - 2	7
10	24/10/2012	15:30	Julián Tupiza	14 °C	1 - 2	7
11	25/10/2012	15:30	Julián Tupiza	14 °C	1 - 2	7
12	26/10/2012	15:30	Julián Tupiza	15°C	1 - 2	7
13	27/10/2012	15:30	David Velásquez	16°C	1 - 2	7
14	28/10/2012	15:30	David Velásquez	17°C	1 - 2	7
15	29/10/2012	15:30	Julián Tupiza	16°C	1 - 2	7
16	30/10/2012	15:30	Julián Tupiza	15°C	1 - 2	7

ORD	FECHA	HORA	RESPONSABLE	TEMPERATURA °C	PRESION PSI	PH
1	01/11/2012	15:20	Julián Tupiza	17 °C	1 - 2	7
2	02/11/2012	15:30	Julián Tupiza	16 °C	1 - 2	6
3	03/11/2012	15:30	Julián Tupiza	16 °C	3	7
4	04/11/2012	15:30	Julián Tupiza	15 °C	1 - 2	6
5	05/11/2012	15:30	David Velásquez	16 °C	1 - 2	6
6	06/11/2012	15:30	David Velásquez	16 °C	1 - 2	6
7	07/11/2012	15:30	David Velásquez	16 °C	3	7
8	08/11/2012	15:30	David Velásquez	15 °C	1 - 2	7
9	09/11/2012	15:30	Julián Tupiza	15 °C	3	7
10	10/11/2012	15:30	Julián Tupiza	14 °C	1 - 2	7
11	11/11/2012	15:30	Julián Tupiza	14°C	2	7
12	12/11/2012	15:30	Julián Tupiza	15°C	1 - 2	7
13	13/11/2012	15:30	David Velásquez	17°C	1	7
14	14/11/2012	15:30	David Velásquez	17°C	1 - 2	7
15	15/11/2012	15:30	Julián Tupiza	16°C	2	7
16	16/11/2012	15:30	Julián Tupiza	15°C	1 - 2	7

ORD	FECHA	HORA	RESPONSABLE	TEMPERATURA °C	PRESION PSI	PH
1	17/11/2012	15:20	David Velásquez	15 °C	1 - 2	7
2	18/11/2012	15:30	David Velásquez	15 °C	2	6
3	19/11/2012	15:30	Julián Tupiza	15 °C	2	7
4	20/11/2012	15:30	Julián Tupiza	16 °C	2	6
5	21/11/2012	15:30	David Velásquez	16 °C	1 - 2	6
6	22/11/2012	15:30	David Velásquez	17 °C	1 - 2	6
7	23/11/2012	15:30	Julián Tupiza	16 °C	1 - 2	7
8	24/11/2012	15:30	Julián Tupiza	15 °C	1 - 2	7
9	25/11/2012	15:30	Julián Tupiza	16 °C	2	8
10	26/11/2012	15:30	Julián Tupiza	14 °C	3	8
11	27/11/2012	15:30	Julián Tupiza	14°C	1 – 2	8
12	28/11/2012	15:30	Julián Tupiza	15°C	1 – 2	8
13	29/11/2012	15:30	David Velásquez	16°C	1	8
14	30/11/2012	15:30	David Velásquez	17°C	1 – 2	8
15	01/12/2012	15:30	Julián Tupiza	16°C	1 – 2	7
16	02/12/2012	15:30	Julián Tupiza	15°C	2	7

ORD	FECHA	HORA	RESPONSABLE	TEMPERATURA °C	PRESION PSI	PH
1	03/12/2012	15:20	Julián Tupiza	14 °C	1	7
2	04/12/2012	15:30	Julián Tupiza	16 °C	1	8
3	05/12/2012	15:30	Julián Tupiza	16 °C	1	8
4	06/12/2012	15:30	Julián Tupiza	17 °C	1	8
5	07/12/2012	15:30	David Velásquez	15 °C	1 - 2	8
6	08/12/2012	15:30	David Velásquez	17 °C	1 - 2	8
7	09/12/2012	15:30	Julián Tupiza	17 °C	1	7
8	10/12/2012	15:30	David Velásquez	15 °C	1 - 2	7
9	11/12/2012	15:30	David Velásquez	16 °C	1 - 2	8
10	12/12/2012	15:30	Julián Tupiza	14 °C	1	7
11	13/12/2012	15:30	Julián Tupiza	14°C	12	7
12	14/12/2012	15:30	Julián Tupiza	16°C	1 - 2	7
13	15/12/2012	15:30	David Velásquez	16°C	1 - 2	7
14	16/12/2012	15:30	David Velásquez	17°C	1 - 2	8
15	17/12/2012	15:30	Julián Tupiza	16°C	1 - 2	7
16	18/12/2012	15:30	Julián Tupiza	15°C	1 - 2	8

ORD	FECHA	HORA	RESPONSABLE	TEMPERATURA °C	PRESION PSI	PH
1	19/12/2012	15:20	Julián Tupiza	17 °C	1	7
2	20/12/2012	15:30	Julián Tupiza	16 °C	0	8
3	21/12/2012	15:30	Julián Tupiza	16 °C	1	7
4	22/12/2012	15:30	Julián Tupiza	16 °C	1	8
5	23/12/2012	15:30	David Velásquez	16 °C	0	8
6	24/12/2012	15:30	David Velásquez	17 °C	1	8
7	25/12/2012	15:30	Julián Tupiza	16 °C	1	7
8	26/12/2012	15:30	David Velásquez	15 °C	1	8
9	27/12/2012	15:30	David Velásquez	16 °C	1	7
10	28/12/2012	15:30	Julián Tupiza	14 °C	1	8
11	29/12/2012	15:30	Julián Tupiza	14°C	1 – 2	8
12	30/12/2012	15:30	Julián Tupiza	14°C	1	7
13	31/11/2012	15:30	David Velásquez	16°C	1	8
14	01/01/2013	15:30	Julián Tupiza	17°C	1 – 2	8

4.6.3 Control de PH

Existió un control del PH dentro del sistema, por medio de papel PH el mismo que permitió controlar la acidez del estiércol una vez fermentado, este control se lo realizó diariamente.

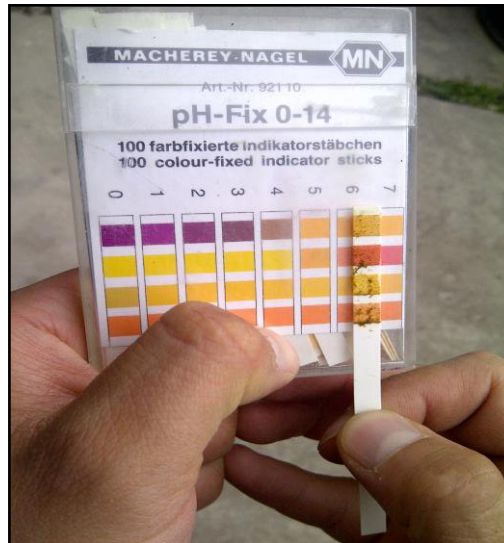


Figura 4. 30 Análisis de PH por medio del papel reactivo

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

- Para medir el PH se utilizará cintas de papel PH – Fix 0-14 fabricados por Macherey Nagel.
- Una vez introducido el papel PH en el efluente se debe esperar durante un periodo de 1 a 15 minutos hasta que el color de la cinta no tenga cambios significativos y se analiza en la tabla a que valor pertenece.
- El PH debe ser controlado rigurosamente, si su valor es menor a 7 significa que existe mucha acidez, pero si su valor es mayor a 7.5 significa que hay mayor alcalinidad.

4.6.4 Resultados

Dada la variación de temperaturas y el registro de los resultados en tema de presión y aumento de PH se obtuvo buenos resultados.

- Las pruebas, mezclas, conexiones y fabricación de filtros dieron buenos resultados, que en las dos pruebas anteriores fallaron. Los primeros meses fueron de zozobra e incertidumbre se tuvo mucha paciencia para obtener los resultados que se estaba esperando.
- Gracias a las malas experiencias y problemas se consiguió los tan deseados resultados, se eliminaron las múltiples fugas.
- La fabricación de filtros de CO₂, separador de agua y H₂S trabajaron como se pensó.
- La humedad, sol y lluvia no afectaron las conexiones del biodigestor.
- El tanque no ha sufrido ningún deterioro.
- Se observó que los acoples y tuberías utilizadas de material galvanizado están sufriendo notable desgaste por el contacto con el agua que deben ser cambiados cada 6 meses como se aconsejó en capítulos anteriores.



Figura 4. 31 Resultados

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

- Se consiguió la generación de metano se obtuvo una llama variable que podía aumentar si se aumenta el caudal según la posición de la válvula, esta apertura se lo realizó manualmente.
- El metano que se generó paso primero por los tres filtros al encender no se apercibió ningún tipo de mal olor por lo que se puede recomendar el uso como por ejemplo en las cocinas pero buscando un sitio abierto y cubierto para evitar explosiones, asfixias o contaminación por fugas.
- La primera prueba realizada en el motor se llevó a cabo, no se pudo mantener encendido el motor por prolongado tiempo, se calentó el motor con combustible de origen fósil por 2 minutos e inmediatamente se abrió la válvula para dar paso al metano hacia el motor.

- Se pudo obtener una flama constante por 1 minuto aproximadamente esta flama se lo puedo obtener una sola vez por día ya que el metano almacenado no era suficiente para tener encendido el motor prolongadamente.
- La generación de metano se pudo observar seguidamente por un mes y medio luego de este tiempo aumento el PH y bajo el flujo de metano.
- La mezcla 1:1 fue la ideal para poder generar metano.
- Este estudio ayudará a mejorar más detalles para poder fabricar un biodigestor a una escala mucho más grande pero esto significaría inversión económica más grande.
- Los residuos sobrantes del digestor será de mucha ayuda para fertilizar terrenos agrícolas o los jardines de los hogares, este será un fertilizante 100% orgánico.

4.6.5 Mantenimiento

Una vez que el biodigestor ha sido construido en su totalidad y esté funcionando se necesitará de un plan de mantenimiento periódico, para solucionar los distintos problemas que se presenten.

El análisis del plan de mantenimiento del biodigestor y el motor térmico ha sido realizado en base a la experiencia propia e información recopilada.

Debido a que el biogás es un agente altamente corrosivo para las partes metálicas especialmente para el hierro fundido y acero galvanizado es necesario que

la tubería de este material sea cambiada cada seis meses, para el presente proyecto se usó varios acoples y tramos de material galvanizado que se deberá cambiar.

Se detallará la manera de revisar los principales equipos e instrumentos para evitar problemas de funcionamiento:

4.6.5.1 Filtro de Ácido Sulfúrico

Para evitar la corrosión y daños de los mecanismos del motor térmico se hace necesario la utilización de este filtro, el mantenimiento es muy fácil para este proyecto se usó lana de hierro de uso doméstico que se cambiara cada 6 meses o se puede exponer al medio ambiente de 3 a 4 días para su regeneración.

Se debe purgar si existiere agua en dicho filtro, se afloja manualmente los dos tapones que dispone previamente cerrando la válvula de salida de metano y aflojando las dos válvulas que dispone el filtro, dicho proceso se lo debe hacer diariamente.

4.6.5.2 Separador de Líquido

En las tuberías de biogás se condensa agua la cual es necesario eliminarlo para evitar que ingrese al motor térmico o causar daños, se purgará el agua diariamente observando el reservorio transparente que posee el separador de líquido.

4.6.5.3 Filtro de CO₂

No se realizará mayor mantenimiento ya que no posee mecanismos o partes que se dañen, se revisara las uniones de ingreso, purga y salida de gas para evitar que haya fugas pero por seguridad que hará una purga diaria en la válvula que posee.

4.6.6 Plan de Mantenimiento Motor Térmico

Las actividades de mantenimiento en el motor de la moto de fabricación chica pueden resumirse en cuatro puntos; así:

- Actividades de inspecciones de arranque.
- Actividades de mantenimiento preventivo.
- Actividades de mantenimiento predictivo.
- Actividades de mantenimiento correctivo.

4.6.6.1 Actividades de Inspecciones de Arranque

Actividad que se realiza previo al arranque y minutos después hasta que se estabiliza el motor. Es necesario seguir una lista de chequeo que consiste en:

- Llenar cárter de aceite recomendado si es necesario.
- Comprobar voltaje.
- Comprobar sistema de escape.
- Comprobar el funcionamiento del ventilador (ventilador eléctrico).
- Comprobar conexiones eléctricas.

- Comprobar estado filtro de combustible.
- Comprobar ruidos anormales.
- Comprobar estado de batería.
- Comprobar ingreso de aire.
- Comprobar estado de mangueras.

4.6.6.2 Actividades de Mantenimiento Preventivo

Se define como el control para prevenir fallos inesperados, consta de labores periódicas que buscan la correcta operación del sistema en cada uno de sus componentes.

4.6.6.2.1 Diariamente

- Verificar nivel de aceite en el cárter (motor parado).
- Limpiar filtro de aire de aspiración.
- Comprobar buena lubricación del motor.
- Verificar conexiones eléctricas.

4.6.6.2.2 Semanalmente

- Chequear cable de aceleración.
- Revisión de fusibles.

4.6.6.2.3 Mensualmente

- Estructura metálica de la moto (vibraciones).

4.6.6.2.4 Trimestralmente

- Comprobar motores eléctricos del ventilador.
- Comprobar estado del motor de arranque.

4.6.6.2.5 Adicionalmente

- Cambio de filtro de aceite cada 250 horas.
- Cambio de filtro de aire cada 1000 horas.

4.6.6.3 Actividades de Mantenimiento Predictivo

Consiste en interpretar las principales variables de cada elemento que compone el motor y predecir su vida útil en correcta operación. Para este análisis se utilizan herramientas y equipos adecuados. Adicionalmente se presenta algunas recomendaciones generales para el mantenimiento:

- No instalar tuberías sucias o en mal estado.
- Mantener a los equipos en un ambiente cubierto y abierto en lo posible.

4.6.6.3.1 Hoja de Control de Mantenimiento de Equipos y Máquinas

Tabla 4. 10 Hoja de control de mantenimiento de equipos.

Fuente: Juliá Tupiza y David Velásquez.

HOJA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

MES: _____

EQUIPO: _____

Nº: _____

FECHA	ACCION	CAUSA	RESPONSABLE	FIRMA	OBSERBACION

La presente hoja registrara los daños, ruidos o futuras reparaciones para evitar la parada parcial o total del motor térmico (hoja para uso único del motor térmico)si la persona que realice este trabajo deja de hacerlo podrá retomar el trabajo cualquier persona sin ninguna dificultad ya que se estará registrando toda la actividad del motor, durante las pruebas realizadas no se hizo mayores esfuerzos o sobre cargas en la maquina por lo cual no se realizó ningún seguimiento, esta hoja podrá ser de mucha ayuda cuando esté en funcionamiento todo el sistema.

4.6.6.3.2 Hoja de Inspección

Como se realizó una hoja de control para el motor térmico también se realizó una hoja de inspección para poder calificar el estado de los diferentes componentes como tuberías, acoples, mangueras, etc. Se identificará a tiempo cualquier problema con dicha hoja de inspección que se detallará.

Tabla 4. 11 Hoja de inspección.

Fuente: Juliá Tupiza y David Velásquez.

HOJA DE INSPECCION

FECHA: _____

RESPONSABLE: _____

ASPECTOS A EVALUAR	CALIFICACION			OBSERVACIONES
	BUENO	REGULAR	MALO	

AREAS GENERALES

Ruedas coches digestor				
Ruedas coches motor				
Mangueras				
Abrazaderas de mangueras				
Acoples de bronce				
Acoples galvanizados				
Tuberías de plástico				
Tuberías galvanizadas				
Uniones				
Revisión de extintor				
Revisión caducidad de pastillas de botiquín				
Interruptores				
Sujeción pernos y tornillos				
Fugas de combustible				
Fugas de metano				
Válvulas				
Tanque biodigestor				

CAPITULO V

COSTOS

5.1 Análisis Económico

Al realizar el análisis económico del biodigestor se debe considerar que el objetivo es la búsqueda de nuevas alternativas energéticas para evitar la acelerada contaminación que vivimos en estos tiempos también se debe considerar que todos los materiales detallados se puede conseguir con mucha facilidad y a muy bajos costos, el biodigestor y como productor de gas metano, se lo compara en el presente proyecto con el gas de uso doméstico utilizado usualmente en la cocción y con la gasolina, como combustible para el funcionamiento de una moto. El biodigestor produce biol que es empleado como fertilizante orgánico compitiendo con los fertilizantes químicos como la urea, la tecnología empleada para el funcionamiento del biodigestor se convierte en una alternativa viable que puede sustituir a los combustibles y fertilizantes tradicionales tanto técnica como económicamente.

5.2 Materiales Directos

Los materiales que se utilizaron para la construcción del biodigestor son la materia prima, materiales, equipos o accesorios que intervienen directamente en la ejecución del proyecto son los materiales directos. En la siguiente tabla se detallan los costos totales de materiales:

Tabla 5. 1 Costos totales de materiales directos utilizados en el Biodigestor.

Fuente: Juliá Tupiza y David Velásquez.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Tanque plástico de 211 litros	3	\$ 35	\$ 105
2	Separador de líquido de 3/8	1	\$ 30	\$ 30
3	Separador de líquido de 1/2	1	\$ 75	\$ 75
4	Válvula de 3 vías de bronce	1	\$ 60	\$ 60
5	Cánister de auto (aveo)	1	\$ 19	\$ 19
6	Motor de moto (donación UIDE)		\$ 0	\$ 0
7	Módulo CDI	2	\$ 10	\$ 20
8	Tablero de instrumentos para la moto	1	\$ 40	\$ 40
9	Copias de consultas e internet	1	\$ 20	\$ 20
10	Batería	1	\$ 80	\$ 80
11	Material eléctrico	1	\$ 30	\$ 30
12	Plataforma metálica con ruedas para tanque	1	\$ 60	\$ 60
			TOTAL	\$ 539

5.3 Materiales Indirectos

Comprende materias primas, materiales, equipos o accesorios utilizados dentro de la investigación pero que no se consideran integrados al sistema. En la tabla N° 21, se detallan los costos de materiales indirectos, que fueron utilizados en la construcción total del biodigestor.

Tabla 5. 2 Costo de materiales Indirectos primera prueba.

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Bushin de plástico de 70 mm	1	\$ 5,00	\$ 5,00
Neplos plásticos de 1/2	2	\$ 0,80	\$ 1,60
Uniones plásticos de 1/2	2	\$ 0,70	\$ 1,40
Codo plástico de 1/2	1	\$ 0,70	\$ 0,70
Teflón	2	\$ 0,30	\$ 0,60
Neplo galvanizado 3/8	1	\$ 0,80	\$ 0,80
Acople de bronce de 3/8	1	\$ 5,00	\$ 5,00
Válvula plástica de 1/2	1	\$ 2,50	\$ 2,50
T plástica de 1/2	1	\$ 0,70	\$ 0,70
Manómetro de 3/8	1	\$ 8,60	\$ 8,60
		TOTAL	\$ 26,90

Tabla 5. 3 Costo de materiales Indirectos segunda prueba.

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Tubería forma de Y 4" con reducción a 2"	1	\$ 9,50	\$ 9,50
2	Tapa roscada de 4"	1	\$ 2,25	\$ 2,25
3	Tapa liza de 4"	1	\$ 2,00	\$ 2,00
4	Tapa liza para sellar la salida de 2"	1	\$ 1,50	\$ 1,50
5	Trozos de malla cilíndrica 4"	2	\$ 1,00	\$ 2,00
6	Trozo de malla cilíndrico de 2"	1	\$ 1,00	\$ 1,00
7	Silicón negro	1	\$ 2,50	\$ 2,50
8	Válvula plástica de 1/2	1	\$ 2,50	\$ 2,50
9	Acople de cobre de 3/8	1	\$ 5,00	\$ 5,00
10	Abrazaderas plásticas	4	\$ 1,00	\$ 4,00
11	Abrazadera metálica	4	\$ 2,00	\$ 8,00
12	Pegamento para tubería	1	\$ 4,50	\$ 4,50
13	Paquete de lustre (lana de vidrio)	1	\$ 1,80	\$ 1,80
15	Manguera transparente de 3/8	4	\$ 1,00	\$ 4,00
16	Teflón	4	\$ 1,20	\$ 4,80
17	Conductos plásticos de 1/2	2	\$ 2,00	\$ 4,00
18	Válvula metaliza de 1/2 con reducción a 3/8	1	\$ 4,50	\$ 4,50
			TOTAL	\$ 63,85

Tabla 5. 4 Costo de materiales Indirectos tercera prueba.

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Válvula de 1" ½	1	\$ 9,50	\$ 9,50
2	Tubo roscado con rodela de caucho de 1" ½	1	\$ 6,50	\$ 6,50
3	Codo de 3/8	1	\$ 1,00	\$ 1,00
4	Neplo de ¾ de 20 cm galvanizado	1	\$ 2,80	\$ 2,80
5	Neplos de ½	8	\$ 0,80	\$ 6,40
6	Válvulas de ½	3	\$ 2,50	\$ 7,50
7	Tubos de teflón	6	\$ 0,30	\$ 1,80
8	Tapones de ¾ galvanizado	2	\$ 1,00	\$ 2,00
9	Uniones plásticas de ½	2	\$ 2,00	\$ 4,00
10	Neplos de 15 cm galvanizado	3	\$ 2,00	\$ 6,00
11	20 cm de manguera ¾	1	\$ 1,00	\$ 1,00
12	Permatex	1	\$ 2,00	\$ 2,00
13	Papel control de PH	4	\$ 4,50	\$ 18,00
14	4 metros de manguera de gas	1	\$ 2,00	\$ 2,00
15	Spray de pintura verde	4	\$ 3,50	\$ 14,00
16	Adhesivos	1	\$ 10,00	\$ 10,00
17	Válvula de ¾	1	\$ 2,50	\$ 2,50
18	Tubo roscado rodela de caucho de ¾	1	\$ 3,50	\$ 3,50
19	Codos plásticos de ½	3	\$ 0,70	\$ 2,10
20	Reducción galvanizado de ¾ a ½	1	\$ 0,80	\$ 0,80
21	T plásticas de ½	2	\$ 0,70	\$ 1,40
22	Tapones plásticas de ½	2	\$ 0,70	\$ 1,40
23	Silicón	2	\$ 3,50	\$ 7,00
24	T galvanizado de 3/4	1	\$ 1,00	\$ 1,00
25	Unión de ¾ galvanizado	1	\$ 1,00	\$ 1,00
26	Bushin galvanizado de 1" ½	1	\$ 6,50	\$ 6,50
27	Funda de estropajo	1	\$ 1,00	\$ 1,00
28	2 Metros de manguera transparente de 3/8	1	\$ 1,00	\$ 1,00
29	Bushin galvanizado de ½ a 3/8	1	\$ 1,00	\$ 1,00
30	Válvula de 3/8	1	\$ 2,50	\$ 2,50
31	Abrazaderas metálicas de tornillo de 3/8	10	\$ 0,50	\$ 5,00
32	Spray de pintura negra	2	\$ 3,50	\$ 7,00
			TOTAL	\$ 139,20

5.4 Costo Total del Proyecto

Se detalla el total de los costos para la creación de un biodigestor para la generación de metano dicho proyecto puede ser el inicio para el funcionamiento de otros equipos.

Tabla 5. 5 Costo total

Fuente: Julián Tupiza y David Velásquez.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	MATERIALES DIRECTOS	\$ 539,00
2	COSTOS DE MATERIALES INDIRECTOS PRIMERA PRUEBA	\$ 26,90
3	COSTOS DE MATERIALES INDIRECTOS SEGUNDA PRUEBA	\$ 63,85
4	COSTOS DE MATERIALES INDIRECTOS TERCERA PRUEBA	\$ 139,20
	TOTAL	\$ 768,95

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones y Recomendaciones

En el presente proyecto se realizó un estudio teórico y práctico. El estudio teórico consistió en analizar la conveniencia del calentamiento del sustrato para acelerar su degradación anaeróbica, basándose en los fundamentos teóricos de la producción de gas por kg de materia prima, propiedades de los diferentes elementos a utilizarse. De este estudio se pueden anotar las siguientes conclusiones:

1. Se determinó que el biodigestor debe estar herméticamente sellado para evitar el ingreso de oxígeno, al haber fugas por más pequeñas que sean no se produce biogás.
2. Se trabajó con estiércol vacuno ya que es la mejor alternativa para generar biogás en el menor tiempo posible debido a que la materia prima ya está previamente digerida.
3. Se determinó que el componente de la materia orgánica que se degrada de mejor manera para formar el biogás, es la fibra porque posee bastante celulosa, este se encuentra en el estiércol de vacunos que se degrada fácilmente y ayuda a la degradación anaeróbica.

4. Los desechos orgánicos del hogar deben ser previamente triturados antes del ingreso al biodigestor (las partículas introducidas no deben ser mayor de 1-3 cm), para que las bacterias degraden el material con mayor facilidad y acelerar el proceso de creación de biogás.

5. La operación de los sistemas de digestión discontinuos (BATCH) es bastante fácil, ya que solo se requiere de trabajo al inicio y al final de la operación para la carga y descarga del reactor respectivamente. Esto se debe a que el proceso de degradación se desarrolla sin la necesidad de cuidados rigurosos del sistema. Solo en biodigestores donde se calienta el sustrato, se requiere de cierto cuidado diario en los equipos calentadores y de bombeo.

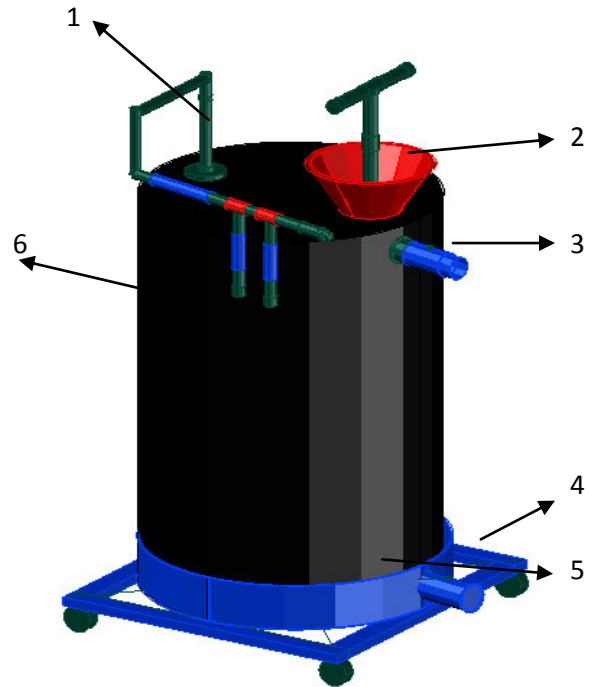
6. La temperatura es un factor importante para la producción de biogás ya que si baja mucho entre los 10 -12°C la producción de biogás se detiene para este caso cuando inicio el invierno las temperaturas en la noche y la madrugada fueron muy bajas lo que no se pudo sostener la producción de biogás.

7. En las pruebas realizadas con los biodigestores se determinó que el mejor color de este debe ser negro ya que este color absorbe toda la luz radiante del sol y la transforma en temperatura. Esto ayudo a mantener una mayor temperatura interna del biodigestor y aceleró el proceso de producción de biogás.

8. El diseño de este digestor se recomienda realizarlo en las zonas calurosas para evitar problemas de temperaturas bajas, como ya se explicó en capítulos anteriores entre mayor es la temperatura menor será los días de retención.
9. Para adaptar el motor térmico y trabaje al 100% con biogás es necesario que este llegue a su temperatura adecuada de trabajo para esto se debe calentar haciendo que trabaje con gasolina de origen fósil aproximadamente 3 minutos.
10. El funcionamiento del motor térmico con 100% de biogás hizo que el motor no se pueda acelerar y se mantenga algo inestable. Es necesario realizar calibraciones para que trabaje adecuadamente.
11. Se determinó que la temperatura ambiente influye de gran manera en la producción de biogás. No se pudo realizar pruebas ni calibraciones debido a que el biodigestor dejó de producir biogás debido a las bajas de temperatura.
12. Luego de los 30 días o tiempo de retención de la materia prima el biodigestor paralizó la producción de biogás, el mantener este tipo de digestor y que se mantenga encendido el motor por mucho más tiempo se deberá realizar un nuevo estudio y re diseño implementando calentadores para poder controlar la temperatura ambiental y realizando un re diseño del motor, toda esta nueva investigación tomara más tiempo y recursos la cual puede ser que mejore pero como es experimental es muy difícil asegurar que todo funcione.

13. Este estudio ayudara a futuras investigaciones para que puedan iniciar con algo ya comprobado, se deberá realizar más estudios como por ejemplo químicos uno de estos son la relación de carbón y nitrógeno que no se pudo determinar.
14. Se recomienda realizar más estudios sobre este caso para poder tratar la problemática sobre la contaminación en los ríos, se podría reducir la contaminación si se trata las aguas negras de todas las ciudades del país se podría recuperar la mayor parte de ríos y también sería una fuente de una nueva generación de combustibles limpios para la generación de electricidad como la que se quiere implementar en los botaderos de basura.
15. La cantidad de agua y de desechos se hizo una relación 1:1 en su inicio se pensó con experimental pero dado los resultados es una relación ideal considerando que el estiércol debe estar húmedo y el agua no debe tener cloro para garantizar la población de bacterias.
16. Para evitar problemas de oxidación y alteración en el interior del biodigestor se recomienda cambiar las tuberías o acoples galvanizado cada 6 meses

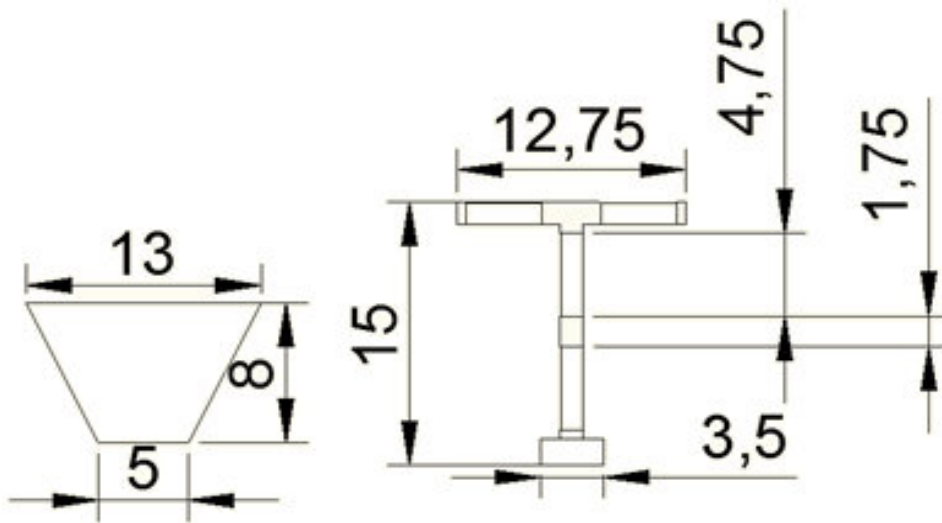
Anexo 1



1. Salida de gas	4. Válvula de salida
2. Entrada de gas	5. Plataforma
3. Válvula de salida	6. Tanque

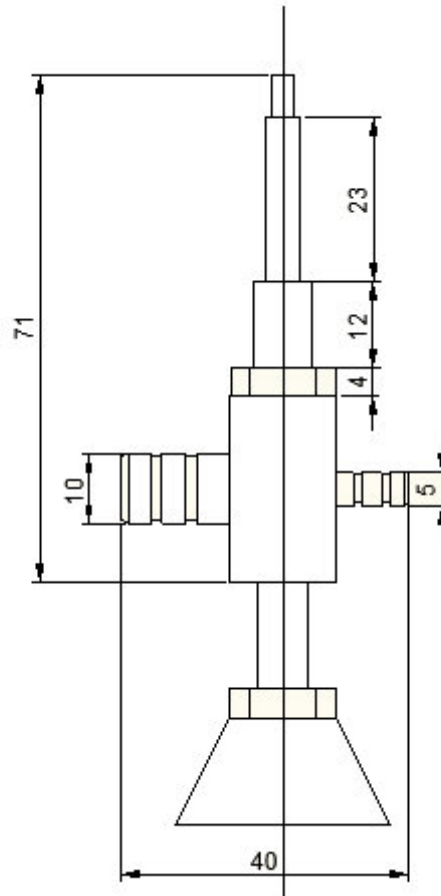
PROF:	ESCALA:	MECANICA AUTOMOTRIZ	FECHA:
	TEMA: BIODIGESTOR		Nombre: JULIAN TUPIZA DAVID VELASQUEZ
	UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR		Revisado:
			L N°: 1

Anexo 2



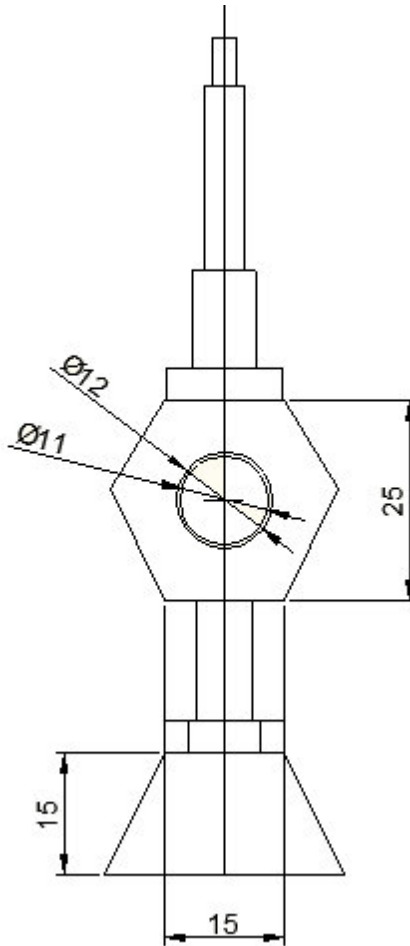
PROF:	ESCALA: 1:2	MECANICA AUTOMOTRIZ	FECHA:
	TEMA: ENTRADA DE MATERIA		Nombre: JULIAN TUPIZA DAVID VELASQUEZ
			Revisado:
	UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR		L N°: 2

Anexo 3



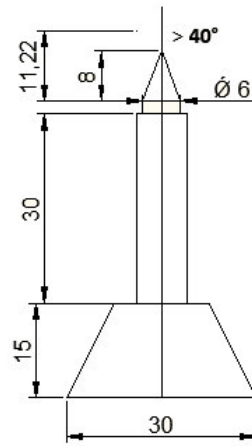
PROF:	ESCALA: 1:1	MECANICA AUTOMOTRIZ	FECHA:
	TEMA: VALVULA DE TRES VIAS		Nombre: JULIAN TUPIZA DAVID VELASQUEZ
	UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR		Revisado: L N°: 3

Anexo 4



PROF:	ESCALA: 1:1	MECANICA AUTOMOTRIZ	FECHA:
	TEMA: VALVULA DE TRES VIAS		Nombre: JULIAN TUPIZA DAVID VELASQUEZ
	UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR		Revisado: L N°: 4

Anexo 5



NOTA: PERNO M8

PROF:	ESCALA: 1:1	MECANICA AUTOMOTRIZ	FECHA:
	TEMA: AGUJA VALVULA DE TRES VIAS		Nombre: JULIAN TUPIZA DAVID VELASQUEZ
	UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR		Revisado:
			L N°: 5

GLOSARIO

ACE: Ayuda a los cultivos energéticos.

Acidificación: Reducción del pH del suelo bajo el efecto de la lixiviación por lluvias ácidas o de productos químicos derramados. En casos extremos, se constata una reducción en la disponibilidad de molibdeno, fósforo y azufre, mientras que los elementos tóxicos, el manganeso y el aluminio, son cada vez más disponibles.

Aclareo: Eliminación de una fracción de la biomasa contenida en una parcela forestal para favorecer el crecimiento de los árboles que quedan en su lugar (con más espacio y luz) y / o reducir el riesgo de incendio.

Actinomiceto: Género de hongos de color amarillo azufre.

ADCE: Asociación para el Desarrollo de los cultivos energéticos (59-Lille).

ADECA: Asociación para el Desarrollo del Etanol carburante.

ADEME: Agencia para la Defensa del Medio Ambiente y Gestión de la Energía.

Adventicias: Toda planta que no es de la especie cultivada sobre la parcela considerada. Se trata de plantas, gramíneas o dicotiledóneas, indeseables porque molestan durante el cultivo o en el momento de la cosecha.

AEE: Agencia Europea del Medio Ambiente.

Aerobio: Organismo o proceso biológico que se desarrolla en presencia de aire o de oxígeno.

AFOCEL: Asociación celulosa, organismo de Investigación sobre la madera para la producción de papel. Se fusionó con el CTBA en 2007 para formar la FCBA.

AGPB: Asociación general de los productores de trigo y otros cereales, que representa los intereses de los productores franceses de cereales y de paja (trigo blando, trigo duro, cebada, sorgo, avena, centeno)

AGPM: Asociación general de productores de maíz, establecida en 1934 y reestructurada en 2001 para crear, con la Federación Nacional de la producción de semillas de maíz y sorgo.

AGRICE: Agricultura para la química y la energía.

Alcohol: 1. Molécula orgánica que incluye uno o varios radicales -OH (función alcohol). 2. En lenguaje corriente se refiere al etanol o alcohol etílico.

Almidón (*starch*): Carbohidrato no fibroso. Es un polisacárido de reserva.

Alotérmico: Se refiere a un gasificador donde el calor requerido por las reacciones es proporcionado por una fuente de calor externa.

Anaerobio: Medio privado de aire o de oxígeno u organismo capaz de vivir en este medio.

Anhidro: Desprovisto de humedad.

Anual (*annual*): Planta que germina, florece y fructifica sobre un ciclo de un año.

AOA: Ácido oxalacético.

APG: Ácido 3-fosfoglicérico.

Arvalis: Instituto de la planta.

ASEE: Asociación Suiza para la Energía de la Madera, Budron H6, CH-1052 Le Mont-sur-Lausanne

Astillas forestales (*chips*): Madera de origen diverso cortada en trozos por medio de herramientas que los cortan con una granulometría definida, destinados a un empleo energético.

ATP: Nucleótido trifosfato principal donante de energía de las células, necesario para la producción de azúcares.

Autóctona: Planta que vive en su zona de origen.

Autógama: Se refiere a una planta cuyo polen fecunda sus propios óvulos.

Autotérmico: Se refiere a un gasificador donde el calor es obtenido por oxidación de una fracción de la biomasa inicial.

Azúcares monómeros: Glucosa, sacarosa, lactosa, xilosa, arabinosa, ribosa.

Azúcares polímeros: Almidones, inulinas, dextrinas, xilanos.

Bagazo: Subproducto de la industria de la caña de *azúcar*. Residuos sólidos producidos por el paso de la caña por los molinos que aseguran la trituración para extraer el jugo.

Bala o paca: Forma de acondicionamiento de un biocombustible sólido prensado y atado con el fin de mantener su forma y sus dimensiones. El agua presente en el momento del prensado en el seno de la bala se elimina lenta y progresivamente.

Biocarburente: Carburante constituido de derivados industriales, tales como gases, alcoholes, éteres, aceites y esteres obtenidos tras la transformación de productos de origen vegetal o animal (definición oficial de la Comisión General de Terminología y de Neología -aparecido en el JORF del 22 de julio 2007).

Biocombustibles (*biofuel*): Combustible constituido de derivados industriales, tales como gases, alcoholes, éteres, aceites y esteres obtenidos tras la transformación de productos de origen vegetal o animal (definición oficial de la Comisión General de Terminología y de Neología -aparecido en el JORF del 22 de julio 2007).

Biodiesel (*biodiesel*): Componente de origen vegetal que puede sustituir en todo o en parte al gasóleo (definición oficial de la Comisión General de Terminología y Neología - publicada en el JORF de 22 de julio de 2007).

Biodiversidad: Animales, vegetales y microorganismos presentes en un sitio natural.

Biedma: Producido a partir del gas de síntesis obtenido de biomasa.

Bioenergía: Energía suministrada por la biomasa.

Bioetanol: Etanol producido a partir de la fermentación alcohólica de glúcidos en C6 de la biomasa sacarífera o amilácea.

Biogás: Gas combustible producido en reactor de metanización (reacción anaerobia sobre biomasa) en estación de depuración de aguas residuales o en vertederos de basuras domésticas. Está compuesto de metano (50 a 65%), dióxido de carbono (35 a 45%), nitrógeno (procedente del aire por la depresión de la descarga) y de impurezas (NH₃, H₂S, alcoholes, cetonas, siloxanos).

Biohidrógeno: Hidrógeno producido a partir de la biomasa.

Biomasa de madera muerta: Biomasa leñosa no viva procedente del suelo, sobre pie o dentro del suelo. Esta expresión necesita especificar el diámetro mínimo de las raíces tenidas en cuenta, 10 cm por ejemplo.

Biomasa: Conjunto de materia orgánica (plantas y vegetales) viva o muerta, aérea o subterránea, pero no fosilizada sobre una superficie definida, cuando se habla de la fuente de biomasa, 2. Véase el capítulo definiciones y reglamentaciones para los usos de la biomasa.

Biometanol: Metanol producido a partir de la biomasa.

Biopolímeros: Plástico de origen biológico biodegradable.

Briquetas: Tipo de biocombustible obtenido por prensado de biomasa finamente molida, con o sin aglutinante para asegurar la cohesión. La forma es rectangular o cilíndrica.

BTL: Expresión que designa a los biodiesel de segunda generación, obtenidos por gasificación de la biomasa y, después, síntesis de Fischer-Tropsch.

Calcifuga: Vegetación intolerante a un exceso de iones de calcio en un sustrato.

Canadian Renewable Fuels Association: Asociación Canadiense de Combustibles Renovables.

Carbón de madera (*charcoal*): Residuo sólido producido por la carbonización, la destilación, la pirólisis lenta, y la torrefacción de la madera (troncos y ramas de los árboles) y de sus subproductos. Se puede presentar en forma de briquetas después de haber sido triturado, secado y molido, bajo presión y en presencia de aglutinantes.

Carbono fijo: Es igual a 100 menos la suma de la humedad, el contenido de cenizas y la tasa de materia volátil expresada en %.

CEDUS: Centro de Estudios y de Documentación del Azúcar.

Cenizas: Residuo obtenido durante la combustión o la gasificación de la biomasa.

CGB: Confederación General de Productores de remolacha azucarera.

CH₄: Metano.

Char: Es el producto de la carbonización, material sólido carbonoso derivado de la descomposición por pirólisis de la madera o de los residuos.

CIPAN: Cultivos intermedios sumidero de nitratos.

GIRAD: Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo.

CITEPA: Centro Técnico Interprofesional para el estudio de las contaminaciones atmosféricas.

CMR: Sustancias cancerígenas, mutágenas y tóxicas para la reproducción (reprotóxica).

CO: Monóxido de carbono.

CO₂: Dióxido de carbono o gas carbónico. Este gas que se forma principalmente por la combustión de productos orgánicos está presente en una concentración creciente en la atmósfera, lo que aumenta el efecto invernadero.

Cogeneración (*CHP- CombinedHeat and Power*): Proceso que produce simultáneamente calor y electricidad a partir de una fuente de energía térmica. Permite lograr rendimientos globales más altos que la simple producción de electricidad: 80% frente al 40-42% para una central térmica que incluye sobrecalentamiento y resobrecalentamiento del vapor y que produce únicamente electricidad.

COV (-NM): Compuestos Orgánicos Volátiles (No Metánicos). Certificado de obtención vegetal.

Cultivos energéticos: Vegetación cultivada específicamente para la producción de biocarburantes o de biocombustibles.

DDGS: Residuo producido durante la producción de etanol.

DIB: Desechos Industriales Banales, expresión que se está sustituyendo progresivamente por "residuos no peligrosos".

E5: Gasolina que contiene un 5% de etanol.

EDAR: Estación de depuración de aguas residuales.

EEAV: Esteres etílicos de aceites vegetales.

EFPE: Depósito fiscal de productos energéticos.

ENR: Energías nuevas renovables.

Etanol: De fórmula química C_2H_5OH , se emplea etanol para designar los usos energéticos y alcohol etílico para todos los demás usos (alimentación, química, farmacéutica).

Índice de cetano (IC): Caracteriza la auto-ignición de un carburante para su uso en un motor diesel.

Índice de octano: Caracteriza el retardo del encendido de un carburante para su uso en un motor de encendido controlado por bujías.

ITB: Instituto Técnico francés de la remolacha.

LHV: El poder calorífico inferior se expresa mediante la ecuación: PCI (en J / kg) = 2.324. LHV (en Btu / lb).

Poder calorífico: Cantidad de energía por unidad de masa o de volumen producida durante una combustión completa.

Potencial de bioenergía medioambientalmente compatible: Concepto definido por la AEE. Es la cantidad de biomasa primaria técnicamente disponible para la producción de energía que se obtiene sin presión adicional sobre la biodiversidad, el suelo y los recursos hídricos en comparación con un desarrollo equivalente, sin aumento de la producción de bioenergía.

ppm: Partes por millón, mg / kg o g / t.

PPO (*Puré plantoil*): Aceite vegetal puro utilizado directamente como gasóleo.

Prolea: Sector francés de los aceites y proteínas vegetales.

PyNE: Fue creado en 1995 para promover el desarrollo de la pirolisis flash a base de biomasa. Este grupo está formado por 18 miembros de la UE.

Quad: Unidad de energía utilizada en los Estados Unidos para evaluar un conjunto de biomasa a gran escala. $1 \text{ quad} = 10^{15} \text{ kcal} = 1.055 \cdot 10^{12} \text{ MJ}$.

Rhizobium: Bacteria que crece sobre las raíces de las leguminosas para formar nódulos. Fija el nitrógeno del aire en la forma de materia albuminoide asimilable por la planta que por su parte, le restituye glúcidos.

Poder calorífico: Cantidad de energía por unidad de masa o de volumen producida durante una combustión completa.

Vb: Volumen de biogás

mo: Materia organica

Vd: Volumen digestor

v: Carga diaria de desechos

tr: Tiempo de retención

Vs: Volumen de materia prima

BIBLIOGRAFIA

- Acuña, M. (1989). *Biomasa y Biocombustibles* (Vol. # 1). Quito: Fundación Ecuatoriana de tecnología apropiada.
- Alonso, J. (1998). *Técnicas del Automóvil, inyección de gasolina y dispositivos anticontaminantes*.
- Báez, E. (1987). *Análisis de un biodigestor de laboratorio para producción de biogás*. Quito: Publicación # 346.
- BUN-CA. (2002). *Manuales sobre energía renovable: biomasa* (primera ed.). San José, Costa Rica.
- Carless, J. (1995). *Guía de alternativas ecológicas, energía renovable*. México: Edamex.
- Damien, A. (2009). *La biomasa, fundamentos, tecnología y aplicaciones*. Madrid: Antonio Madrid Vicente Editor.
- Guillon, I. (1995). *Diseño, construcción y operación de una planta piloto para la obtención de carbones activados*. Alicante: Universidad de Alicante.
- Hilbert, J. (1998). Manual de producción de biogás.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (1981). *Norma Técnica para emisiones a la atmósfera de fuentes fijas de combustión*. Quito: INEN.
- Moreno, G., & Mendoza, H. D. (s.f.). *El Acero*. Obtenido de El Acero: www.elacero.com.ec
- Moreta, F., & Loayssa, J. (1984). *Cosntrucción y adaptación de un carburador a gas para un motor a gasolina*. Quito: Universidad Politécnica Nacional.
- Mosquera, A. (2002). *Energía para todos*. Ministerio de electricidad y energía renovable.
- Razo, E., & Villafuerte, M. (2007). *Diseño, construcción y pruebas de un biodigestor experimental para fines didácticos*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Rodríguez, F. (1981). *Carbón activado: estructura, reparación y aplicaciones*. Universidad de Alicante.
- Sanchez, M., & Pazmiño, G. (2007). *Diseño y construcción de un biodigestor plástico de flujo continuo, a partir de desechos orgánicos para la hacienda San Antonio de Iasa, perteneciente a la ESPE*. Sangolquí: ESPE.
- Sirlin, E. (2006). *Diseño de iluminación*. Buenos Aires: Atuel.
- Sumitec. (s.f.). *Sumitec Suministros Técnicos*. Obtenido de Sumitec Suministros Técnicos: www.sumiteccr.com