REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR
UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARVAJAL-EDO.TRUJILLO.

DISEÑO DE UNBIODIGESTOR EN LA HACIENDA SAN RAFAEL.

Tutor:

Dr. Wilmer Méndez.

Autora:

Ana Gabriela Gómez Romero.

C.I.:28.206.012.

Ingeniería Industrial.

San Rafael de Carvajal, junio del 2019.

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR
UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARVAJAL-EDO.TRUJILLO.

DISEÑO DE UN BIODIGESTOR EN LA HACIENDA SAN RAFAEL.

Trabajo Especial de Grado presentado como requisito parcial para optar al Título de: INGENIERO INDUSTRIAL

Tutor:

Dr. Wilmer Méndez.

Autora:

Ana Gabriela Gómez Romero.

C.I.:28.206.012.

Ingeniería Industrial.

San Rafael de Carvajal, junio del 2019.

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY
VICERRECTORADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

San Rafael de Carvajal, Junio 2019.

Ciudadano:
Coordinador de Trabajo Especial de Grado
Universidad Valle del Momboy
Su despacho.-

Por medio de la presente, hago de su conocimiento, que ante la solicitud realizada por el Bachiller: **Br. Ana Gabriela Gómez Romero, C.I. 28.206.012,** acepto el compromiso de Tutoriar el desarrollo de su trabajo de investigación titulado: "**DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA LA HACIENDA SAN RAFAEL",** para optar al título universitario de INGENIERO INDUSTRIAL; hasta su presentación y evaluación.

Atentamente,

Dr. Wilmer Mendez
C.I: 5.501.239

REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY
DECANATO DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SAN RAFAEL DE CARVAJAL - ESTADO TRUJILLO

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi carácter de Tutor del Trabajo de Grado: "**DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA LA HACIENDA SAN RAFAEL"**, presentado por el Bachiller: **Br. Ana Gabriela Gomez Romero, C.I. 28.206.012**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En Carvajal a los 12 días del mes de junio del 2019

Atentamente,

Dr. Wilmer Méndez
C.I. 15.601.239

UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY
www.uvm.edu.ve
R.I.F.: J-31702424-9
Av. Independencia con calle La Paz, Sede Mirabel, Urbanización Mirabel, Plata I,
Diagonal al Parque SAPNNAET. Municipio Valera Estado Trujillo.

VICERRECTORADO
FACULTAD DE INGENIERÍA

VEREDICTO

Nosotros, Prof. Wilmer Méndez, Prof. Javier Mazzey y Prof. Larry Araujo, designados como miembros del Jurado Examinador del Trabajo Especial de Grado titulado: "**DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA LA HACIENDA SAN RAFAEL",** que presenta la Bachiller **ANA GABRIELA GÓMEZ ROMERO,** portadora de la Cédula de Identidad N° **28.206.012,** nos hemos reunido para revisar dicho Trabajo y después de la presentación, defensa e interrogatorio correspondiente lo hemos calificado con: **VEINTE (20)** puntos, de acuerdo con las normas vigentes dictadas por el Consejo Universitario de la Universidad Valle del Momboy, referente a la evaluación de los Trabajos Especiales de Grado para optar al título de Ingeniero Industrial.

En fe de lo cual firmamos, en Valera a los veintiún (21) días del mes de junio de dos mil diecinueve (2019).

Prof. Javier Mazzey
C.I. 11.319.775
JURADO

Prof. Wilmer Méndez
C.I. 5.501.239
TUTOR

Prof. Larry Araujo
C.I. 13.238.875
PRESIDENTE DEL JURADO

Profa. Claribel Silva
C.I.- N° 12.540.703
DECANA

Prof. Héctor R. Barazarte Jerónimo
C.I.- N° 9.150.648
VICERRECTOR

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso, principalmente por darme la vida, la fortaleza, el entendimiento y la inteligencia para poder cumplir mis objetivos de vida.

A mis ángeles en el cielo, Mamá Josefa y Papaito, por forjar en mí las bases y dejarme un legado para ser mejor, los amo, todos los días los recuerdo con mucho amor y sé que donde quieran que estén se sienten orgullosos.

A mis papis, Javier y Hayde, por ser el mejor ejemplo de trabajo, constancia, amor y dedicación, por inculcarme valores y apoyarme siempre, ustedes son mi inspiración y mis ganas de seguir.

A mis hermanos, Javier y Francisco, por ser mis héroes, tan amorosos siempre, dándome consejos y creyendo en mí.

A mis tíos y primos, por ser fuente de apoyo, amor, felicidad, comprensión y honestidad.

A mis amigos, por compartir conmigo tantos bellos momentos y por dejarme tantas enseñanzas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por mi vida, acompañarme todos los días y hacerme mejor persona.

A mis ángeles, por ser mi inspiración.

A mi familia, porque con su amor y su apoyo he podido lograr mis objetivos, gracias por creer en mí y por impulsarme cada día.

A Jordi Bastidas, por ayudarme y orientarme en este proceso investigativo.

A mis Profesores, Dr. Wilmer Méndez, Ing. Orlando Guevara, Ing. Javier Mazzey, Ing. Larry Araujo porque con sus vivencias me han enseñado, me han hecho crecer en el ámbito profesional y personal, gracias por su apoyo incondicional. Los aprecio.

Mil gracias…

INDICE.

	Pag.
Dedicatoria……	V
Agradecimientos…….	VI
Resumen…….	15
Introducción……	18
CAPITULO I. **EL PROBLEMA**……...	20
Planteamiento del problema. …….	20
Formulación del problema…….	22
Objetivo General…….	22
Objetivos Específicos…….	22
Justificación……	23
Delimitación……	25
CAPITULO II. **MARCO TEÓRICO**……	26
Antecedentes de la investigación……	26
Bases teóricas……	28
El biogas……..……..	28
Breve historia y perspectivas…….	29
El biogás en el ámbito mundial…….	30
Biomasa…….	31
Tipos de Biomasa…….	31

Biomasa natural…… 31

Biomasa residual (seca y húmeda) ……... 32

Procesos de conversión de la biomasa en energía…… 32

Métodos termoquímicos…… 32

Combustión……. 32

Pirolisis……..... 33

Métodos biológicos……. 33

Fermentación alcohólica……. 33

Fermentación metánica…… 34

¿Cómo se forma el biogás? …… 34

Digestión anaeróbica…… 35

Pasos de la producción del biogás…… 36

Hidrolisis…… 36

Acidificación……..…… 36

Formación de metano…… 37

Composición de biogás…….. 37

El biodigestor…….. 38

Tipos de digestores……..… 38

Plantas de globo……..… 38

Biodigestor de plástico……..……. 39

Plantas de domo…….……. 39

Plantas de tambor flotante (Tipo Hindú) …… 40

Partes de un digestor……..……. 41

Tanques de carga……..…… 41

Tanques de descarga...……..…… 41

Tanques de almacenamiento de gas…… 41

Línea de conducción…… 42

Válvulas……. 42

Trampas…… 42

Ventajas y desventajas de los biodigestores…… 44

Planificación de un biodigestor…….. 46

Construcción del biodigestor……. 49

Construcción de los tanques de carga y descarga…….. 50

Construcción y colocación de la campana…….. 50

Descripción del proceso……. 51

Molienda…… 51

Acondicionamiento……. 51

Carga del digestor……... 51

Descarga……. 51

Operación propuesta…… 52

Modo de operación……. 53

Producción de gas y composición…… 53

Usos del biogás…….. 54

Producción de energía térmica…… 54

Producción de energía eléctrica……...…… 55

Producción de biocombustible…… 56

Producción de gases combustibles…… 56

Producción de abono orgánico…… 57

Sustancias orgánicas en los fertilizantes……. 58

Nutrientes y organismos del suelo…… 58

Reducción de la erosión del suelo…… 59

Reducción del deslave de nitrógeno…… 59

Efectos sobre los cultivos…… 59

CAPITULO III. **MARCO METODOLÓGICO**…… 61

Tipo de investigación…… 61

Diseño de la investigación…… 62

Población y muestra…… 62

Población…… 62

Muestra…… 62

Técnicas e instrumentos de recolección de datos…… 62

Técnica…… 63

Instrumentos…… 63

Materiales y métodos…… 64

CAPITULO IV. **RESULTADOS Y ANÁLISIS**…… 69

Cantidad de sustrato.…… 69

Determinación de la densidad del estiércol...……. 69

Determinación de la cantidad de sustrato…… 70

Calculo de diseño…… 72

Cálculos de la generación de estiércol diaria en la Hacienda San Rafael…… 72

Calculo de la generación diaria de estiércol en el corral…… 73

Volumen disponible de estiércol…… 73

Volumen disponible de sustrato……. 74

Volumen de carga…… 75

Dimensiones del tanque…… 77

Determinación de la eficiencia…… 78

Propuesta…… 80

Análisis y discusión de resultados…… 83

CAPITULO V. **CONCLUSIONES Y RECO MENDACIONES**……..……. 84

Conclusiones…… 84

Recomendaciones…… 86

Referencias…… 88

Lista de cuadros.

Cuadro	Descripción	Pág.
1	Caracterización del estiércol fresco en la Hacienda San Rafael……	78
2	Dimensiones del biodigestor……..	78
3	Materiales para el biodigestor……..	81

Lista de figuras.

Figura	Descripción	Pág.
1	Operación del sistema de digestión……	51
2.1	Instalación de accesorios……	64
2.2	Instalación de accesorios……	65
2.3	Instalación de accesorios……	65
2.4	Instalación de accesorios……	66
3	Biodigestor a escala piloto……..	66

Lista de gráficos.

Gráfico	Descripción	Pág.
1	Biodigestor de 5000L……	80

RESUMEN

A través del tiempo el hombre se ha dado a la tarea de buscar fuentes de energía que ayuden a satisfacer las necesidades de vida de este, con ayuda de la tecnología, la evolución y el pasar de los años se han ido encontrado fuentes de energías que han resultado peligrosas, contaminantes y costosas. De esta manera se busca crear una fuente de energía que sea limpia y no contaminante, dicha energía puede ser producida por los biodigestores. Un biodigestor es un sistema natural y ecológico que aprovecha la digestión anaeróbica (en ausencia de oxígeno) de las bacterias para transformar el estiércol en biogás y fertilizante. Entre las energías alternativas existe la generación del biogás, término que se aplica a la mezcla de gases que se obtienen a partir de la descomposición en un ambiente anaeróbico (sin oxígeno) de los residuos orgánicos, como el estiércol animal o los productos de desecho de los vegetales.Se conoce que en hoy en día existe un alto índice de consumo de recursos no renovables, estoes un tema preocupante para el país, debido a la explotación y consumo excesivo de los combustibles, por otra parte, conlleva a un alto nivel de contaminación e impacto ambiental, en este caso, mediante el proceso de biodigestión anaeróbica se logra un ahorro de combustible y se reducen las emanaciones de carbono.De acuerdo con lo anteriormente descrito, la Hacienda San Rafael ubicada en la Parroquia La Puerta, Sector el Viso, se dedica a la ganadería y la agricultura, por lo tanto, se generan desechos y en este momento no están siendo aprovechados, debido a esto, los dueños de la finca toman consideraciones para erradicar esta problemática y fructificar los desechos para que sean utilizados de una manera másefectiva, pero, sobre todo, que sea una alternativa energética consciente y ecológica para el planeta Tierra.

Palabras Claves: Biogas, Anaerobio, Heces, Energia

Abstract

Over time, man has taken up the task of finding sources of energy that help meet the needs of life itself, with the help of technology, evolution and the passage of time. They have been dangerous, polluting and expensive. In this way we seek to create a source of energy that is not contaminated, said energy can be produced by the biodigesters. A biodigester is a natural and ecological system that takes advantage of the anaerobic digestion (in the absence of oxygen) of the bacteria to transform the manure into biogas and fertilizer. Obtain information on decomposition in an anaerobic environment (without oxygen) such as animal manure or the waste product of vegetables. This is a worrying subject for the country, due to the exploitation and excessive consumption of fuels, on the other hand, it entails a high level of impact and environmental impact, in this case, through the process of anaerobic biodigestion, savings are achieved. fuel And carbon emissions are reduced. According to what was previously described, Hacienda San Rafael located in Parroquia La Puerta, Sector el Visor, is dedicated to livestock and agriculture, therefore, it is known and at this time they are not being used, due to this The owners of the farm take the responsibility to eradicate this problem and the fructification of the waste for it to be a more effective way, but, above all, a conscious and ecological energy alternative for the planet Earth.

Key Words: Biogas, Anaerobic, Feces, Energy.

INTRODUCCIÓN

A través del tiempo el hombre se ha dado a la tarea de buscar fuentes de energía que ayuden a satisfacer las necesidades de vida de este, con ayuda de la tecnología, la evolución y el pasar de los años se han ido encontrado fuentes de energías que han ido resultando peligrosas, contaminantes y costosas.

De esta manera se busca crear una fuente de energía que sea limpia y no contaminante, dicha energía puede ser producida por los biodigestores. Un biodigestor es un sistema natural y ecológico que aprovecha la digestión anaeróbica (en ausencia de oxígeno) de las bacterias para transformar el estiércol en biogás y fertilizante. El biogás puede ser empleado como combustible en las cocinas, o iluminación, y en grandes instalaciones se puede utilizar para alimentar un motor que genere energía eléctrica. Son tres los límites básicos de los biodigestores: la disponibilidad de agua para hacer la mezcla con el estiércol que será introducida en el biodigestor, la cantidad de ganado que posea la familia (tres vacas son suficientes) y la apropiación de la tecnología por parte de la familia.

Los biodigestores familiares de bajo costo han sido desarrollados y están ampliamente implantados en países del sureste asiático, pero en Sudamérica, solo países como Argentina, Cuba, Colombia y Brasil tienen desarrollada esta tecnología, otros países desarrollados están utilizando esta tecnología a principios, es decir, comienza a utilizarla y puede usarse como un arma en guerras. Estos modelos de biodigestores familiares, construidos a partir de mangas de polietileno tubular, se caracterizan por su bajo costo, fácil instalación y mantenimiento, así como

por requerir sólo de materiales locales para su construcción. Por ello se consideran una “tecnología apropiada”.

La hacienda San Rafael cuenta con una gran variedad de ganado que aprovechando su estiércol diario se puede implementar la utilización de un biodigestor y utilizar el biogás como una fuente de energía alternativa, debido a esto se busca crear un diseño prototipo de un biodigestor que permita ser utilizado en la hacienda y asi cumplir con algunas necesidades energéticas que se puedan ir presentando.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del problema.

Actualmente, la población ha crecido notablemente, por lo tanto, surge un aumento notorio de las necesidades y las exigencias de ella, el consumo global de energía es uno de los puntos que más se destacan, por lo que, el desarrollo de ciertas fuentes alternativas se hace cada vez más importante, en especial en lo que se refiere a la eliminación de residuos y al uso de gas doméstico, con la posibilidad de reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

Entre las energías alternativas existe la generación del biogás, término que se aplica a la mezcla de gases que se obtienen a partir de la descomposición en un ambiente anaeróbico (sin oxígeno) de los residuos orgánicos, como el estiércol animal o los productos de desecho de los vegetales.Se conoce que en hoy en día existe un alto índice de consumo de recursos no renovables, estoes un tema preocupante para el país, debido a la explotación y consumo excesivo de los combustibles, por otra parte, conlleva a un alto nivel de contaminación e impacto ambiental, en este caso, mediante el proceso de biodigestión anaeróbica se logra un ahorro de combustible y se reducen las emanaciones de carbono.

Los biodigestores son alternativas de energía menos contaminantes para el planeta en el cual muchos son los medios rurales que hacen uso de ello. Hoy en día se conoce a nivel mundial el uso de biodigestores como en el caso de la empresa israelí GEA Sustentable, sacó al mercado los HomeBiogas, sistemas de biodigestión capaz de procesar residuos orgánicos domésticos para la obtención de biogás. Además, este tratamiento de desechos genera como subproducto biofertilizantes, aprovechables para abonar plantas.

Según el último informe presentado en 2012 por la EBA (EuropeanBiogasAssociation), Alemania es la primera potencia europea en este sector alcanzando las 8.700 plantas de producción de biogás. Destaca de igual manera el gran crecimiento de esta fuente renovable en países como Francia, Reino Unido o Italia. Este último consiguió hacer cambios en su legislación para poder introducir biogás en la red de gas natural y asegurar así su distribución.

Pese a los esfuerzos realizados, la importancia de España como productora de biogás industrial es bastante discreta, situándose en el puesto 22 de los 28 países que conforman la Unión Europea. En los últimos tres años el número de plantas de biogás en España ha ascendido de 5 a 22.

En concreto en España aproximadamente el 90% de biogás producido proviene de vertederos y depuradoras. En los últimos tiempos se está intentando impulsar el desarrollo de biogás agroindustrial a partir de deshechos hortícolas.

Por otra parte, en Perú se implementa la tecnología del biodigestor mediante RedBioLac (red de biodigestores para Latino América y el Caribe) para el desarrollo rural para así aprovechar este recurso.

También es importante mencionar que existen trabajos de investigación sobre el uso de biodigestores, un ejemplo de este se presenta en la Universidad Autónoma de Hidalgo, en el cual se realizó una investigación referente al uso de combustión por desecho para generar gas metano y aprovecharlo en el uso de biodigestores.

En Venezuela hay una escasa cultura para la utilización de estufas eléctricas y esto genera un agotamiento del gas común, los biodigestores tienen un sinfín de cualidades debido a todas las

características que posee, la más destacada de estas es que se puede producir gas domestico a partir de desechos orgánicos, lo cual se torna bastante favorecedor.

Además, los desechos no solo se pueden utilizar para producir gas, sino también pueden ser reutilizados para la producción de abonos agrícolas, porque en el desarrollo de la ganadería intensiva, se producen residuos como los purines (parte liquida que rezuma de todo tipo de estiércoles de animales), estos abonos podrían ser muy útiles, sin embargo, si no son adecuadamente tratados podrían ocasionar una serie de problemas.

De acuerdo con lo anteriormente descrito, la Hacienda San Rafael ubicada en la Parroquia La Puerta, Sector el Viso, se dedica a la ganadería y la agricultura, por lo tanto, se generan desechos y en este momento no están siendo aprovechados, debido a esto, los dueños de la finca toman consideraciones para erradicar esta problemática y fructificar los desechos para que sean utilizados de una manera másefectiva, pero, sobre todo, que sea una alternativa energética consciente y ecológica para el planeta Tierra.

Formulación del problema.

Debido al planteamiento del problema mencionado anteriormente, surge la siguiente interrogante:

¿Cómo diseñar un biodigestor para la Hacienda San Rafael?

Objetivos de la Investigación.

Objetivo General.

Diseñar un prototipo de un biodigestor para la Hacienda San Rafael.

Objetivos específicos.

- Realizar una investigación documental sobre el Diseño de un Prototipo de Biodigestor para la Hacienda San Rafael.
- Seleccionar un modelo deBiodigestor para la Hacienda San Rafael.
- Diseñar un modelo prototipo de un Biodigestor para la Hacienda San Rafael.

Justificación.

A nivel mundial el biogás representa uno de los recursos energéticos más sostenibles y con mayor potencial de crecimiento, pese a que el país cuenta con una escasa producción, en parte debido a las limitaciones que se presentan actualmente y por el poco conocimiento de la utilización de estos.

El biogás es una fuente de energía renovable, compuesta principalmente por metano y dióxido de carbono, generados a partir de la biodegradación de materia orgánica en ausencia de oxígeno. Cumple una importante función medioambiental ya que se obtiene a partir del tratamiento y la valorización energética de residuos orgánicos de origen animal, vegetal, agroindustrial, forestal y acuático.

Como otros combustibles, el biogás cuenta con múltiples aplicaciones, desde generación de electricidad o calor, hasta carburante en vehículos adaptados para ello.

Una de las características más importantes de la biodigestión es que disminuye el potencial contaminante de los excrementos de origen animal y humano, disminuyendo la Demanda Química de Oxígeno DQO y la Demanda Biológica de Oxígeno DBO hasta en un 90% (dependiendo de las condiciones de diseño y operación).

Se deben controlar ciertas condiciones, como son: el pH, la presión y temperatura a fin de que se pueda obtener un óptimo rendimiento.

Las familias dedicadas a la agricultura, suelen ser propietarias de pequeñas cantidades de ganado (dos o tres vacas por ejemplo) y pueden, por tanto, aprovechar el estiércol para producir su propio combustible y un fertilizante natural mejorado. Se debe considerar que el estiércol acumulado cerca de las viviendas supone un foco de infección, olores y moscas que desaparecerán al ser introducido el estiércol diariamente en el biodigestor familiar. También es importante recordar la cantidad de enfermedades respiratorias que sufren, principalmente las mujeres, por la inhalación de humo al cocinar en espacios cerrados con leña o bosta seca. La combustión del biogás no produce humos visibles y su carga en ceniza es infinitamente menor que el humo proveniente de la quema de madera (Marti, 2007).

El biodigestor es un sistema sencillo de implementar con materiales económicos y se está introduciendo en comunidades rurales aisladas y de países subdesarrollados para obtener el doble beneficio de conseguir solventar la problemática energética-ambiental, así como realizar un adecuado manejo de los residuos tanto humanos como animales.

En este sentido, desde la perspectiva teórica se logra identificar, describir y evaluar los distintos elementos presentes en la elaboración de un prototipo de un biodigestor, utilizando los elementos teóricos del mismo, que permitan realizarlo con éxito, es importante mencionar que la importancia teórica de la investigación radica en la fuente obtenida de las distintas bibliografías consultadas con extenso material referente al biogás y como aprovecharlo para su uso.

De acuerdo con la agencia de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, estos se convertirán en una de las principales fuentes de energía en el futuro: los malos olores se reducirán, habrá menos contaminación, menor incidencia de enfermedades y además, las plantas transformadoras generarán empleo (Carrillo, 2009).

Como aporte práctico, los resultados de la investigación y logro de los objetivos de esta beneficiara al medio rural, con un biodigestor que aproveche los elementos biodegradables para producir energía mediante el biogás y que este sea utilizado para cubrir diferentes exigencias de este.

A nivel metodológico, se estarían estableciendo un conjunto de directrices y pasos metodológicos que permitan la construcción de un prototipo de biodigestor, dichos pasos estarán regidos por el método científico en una investigación de campo practica que permita identificar y describir el procedimiento de la elaboración.

De forma adicional a nivel social, el uso de un biodigestor permitirá a las personas aprovechar materia biodegradable en energía, para así cubrir las demandas de energía que se ven afectadas y difíciles de conseguir actualmente en el país.

Delimitación.

Delimitación geográfica, la siguiente investigación se ejecutará en la Hacienda San Rafael, sector El Viso, parroquia La Puerta, municipio Valera, estado Trujillo, en un lapso comprendido desde marzo hasta junio del año 2019.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

Antecedentes de la investigación

Antecedentes Históricos.

Según Taylhardat (1986), el proceso de la biodigestión anaeróbica ha sido conocido y aplicado desde la antigüedad, así, por ejemplo, se utilizaba para el curtido de cuero, para la obtención de etanol, ácidos orgánicos como el láctico, entro otros.

Medina (1984), ya para 1884 Louis Pasteur al presentar los trabajos de su discípulo Gayon concluyo que la fermentación de estiércoles podría ser una fuente de energía para la calefacción e iluminación. En Inglaterra en el año 1986, Donald Cameron perfecciono el tanque séptico y utilizo el gas que se origina en el proceso como fuente de energía.

Dice Herrera (1977), en Alemania que a partir de 1923 se empieza a utilizar el biogás, mediante una red pública para satisfacer las demandas de energía, En Inglaterra es sin embargo a partir de 1927 cuando se impulsa el uso del biogás, para suplir las necesidades de las comunidades que pasaban de 7000 habitantes, es aquí también, donde se introduce el sistema para recolectar gas por medio de estructuras flotantes de concreto armado (Guevara, 1996).

Según Taylhardat (1986), para el año 1939 la India inaugura una unidad experimental para el estudio y diseño de sistemas de equipos que requieren la utilización del biogás, en este país y en especial en la república popular de China, donde esta tecnología se ha difundido en forma masiva en el sector campesino, existiendo actualmente de 7.5 millones de biodigestores construidos y operando (Guevara, 1996).

Antecedentes Educativos.

Zuriña I. (pi;2007). Realiza una monografía para obtener el título de ingeniero industrial, titulada **"Biodigestores".** En el cual presenta diversas definiciones sobre los biodigestores y los diferentes tipos de ellos.

Dicha monografía guarda relación con esta investigación ya que también se busca definir todo el marco teórico referente a los biodigestores para así mantener claro los conceptos relacionados a los mismos.

Alfonzo E (pi:2010). En su tesis de grado para obtener el título de ingeniero industrial forestal en la Universidad Nacional de Guayana, titulada "Propuesta técnica de un Biodigestor anaeróbico para el uso del medio rural, municipio Piar". Propone la elaboración de un biodigestor para ser utilizado por el medio rural aprovechando el desecho orgánico de la ganadería diversa del medio.

Moreira E. (pi,2013). En su tesis de grado para obtener el título de Ingeniero en biotecnología ambiental, realizo una investigación titulada **"Diseño de un Biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el Rancho Verónica en Ecuador".** La investigación consistió en realizar el diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho Verónica, ubicado en la parroquia Nuevo Paraíso de la provincia de Orellana.

El dimensionamiento del equipo se realiza a través de la construcción de un biodigestor a escala piloto utilizando el método cuantitativo para determinar los componentes principales del diseño, los materiales utilizados para el prototipo son: caneca plástica de 60 litros, tubería Pvc de ½ pulgada, manguera de conducción de gas, llave de paso y accesorios de acuerdo al

requerimiento de las conexiones, sus características principales son la cámara de biodigestión donde se deposita el material orgánico, tubería de conducción de gas y una válvula de presión artesanal.

Esta investigación se relaciona con los antecedentes antes expuestos en cuanto a la metodología ya que presentan un diseño muy similar, debido a que en la presente se busca un tipo de biodigestor viable para la Hacienda San Rafael, todos tienen que ver con diferentes tipos de biodigestores y lo que representa cada uno de ellos.

Bases Teóricas

El biogás

Según Bernard (2012). Se da este nombre a la mezcla gaseosa producida por la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas.La composición típica del biogás en una alta proporción corresponde al metano (CH4), un gas combustible que permite la utilización de este producto con fines energéticos.

En este sentido, el biogás puede ser de gran utilidad en el campo ya que por su poder calorífico puede reemplazar con cierta ventaja a combustibles tradicionales que cumplen la misma función.

Las áreas rurales se caracterizan por disponer de grandes cantidades de desechos provenientes de las actividades agrícolas y pecuarias que ahí se desarrollan. El estiércol de los animales, las cáscaras de las frutas, las hojas, los residuos de la cocina y los demás materiales orgánicos similares pueden, teóricamente, ser convertidos en energía y en abono que retorna a la tierra de donde fue tomado por las plantas.

Breve historia y perspectivas

A continuación, se reseña la evolución del mundo en el descubrimiento y uso del biogás:

1770 El italiano Volta colecta gas de pantano e investiga su comportamiento.

1821 Avogadro identifica el Metano (CH4).

1875 Propoff establece que la formación del biogás se lleva a cabo bajo condiciones anaeróbicas.

1884 Investigaciones de Pasteur sobre la información del biogás a partir de los desechos de animales. El propone la producción del biogás para su uso en las linternas de las calles.

1906 En Alemania se contribuye la primera planta de tratamiento anaeróbico de aguas residuales.

1913 Primer digestor anaeróbico con uso de calentamiento.

1920 Primera planta de depuración de aguas residuales en Alemania que provee el biogás recolectado en un servicio de gas público.

1940 Adición del uso de residuos orgánicos a la depuración de aguas residuales para aumentar la producción del biogás.

1947 Investigaciones demuestran que los desechos de una vaca pueden proporcionar cien veces más biogás que las heces fecales de una pequeña comunidad urbana.

1950 Instalación de la primera gran planta agrícola del biogás.

1950´s Se construyen alrededor de 50 plantas productoras de biogás, alimentadas de una mezcla de aguas residuales y desechos fecales. Problemas técnicos llevan al cierre de todas las plantas excepto dos.

1974 Después de la primera crisis energética aumenta el desarrollo y la implementación de nuevas tecnologías en la producción del biogás.

1985 Se instalan alrededor de 75 plantas productoras de biogás. La demanda de este nuevo recurso aumenta.

1990 Gracias a la estabilidad del precio para la formación del biogás y el desarrollo de tecnología se comienza a usar para la generación de energía eléctrica. Debido al avance tecnológico se comienza a experimentar con diferentes tipos de sustratos para la generación de biogás.

1990 Se funda la asociación de biogás alemana (Fachvertand Biogás).

1997 Existen en Alemania más de 400 plantas agrícolas para la generación del biogás

El biogás en el ámbito mundial

Actualmente la tecnología del biogás se usa prácticamente en todo el mundo, especialmente en aquellas zonas en donde no hay reservas fósiles considerables. En los países en vías de desarrollo, la preocupación por el aspecto energético se hamanifestado mediante la proliferación de esquemas de biogasificación –particularmente en los países deficientes en fuentes de energía. Junto a la proliferación de diseños propuestos, se ha dado una escalada en el número de instalaciones parabiogasificación que se suponen en operación en varios países en desarrollo. Aunque es verdad que el número de instalaciones construidas no es pequeño, hay poca evidencia que respalde la magnitud de los números reportados. Desgraciadamente los

reportes normalmente no mencionan el número significativamente de aventuras sin éxito dentro de la biogasificación.

Es bien sabido que la biogasificación ha sido un elemento clave del tratamiento de aguas residuales en los países desarrollados casi desde los principios del tratamiento de las aguas residuales. Y mantiene ese status en la mayoría de los sistemas modernos del tratamiento de aguas. El rol es principalmente como un medio para tratar los sólidos suspendidos en la corriente y los sólidos producidos en el tratamiento secundario y terciario de aguas residuales. En años recientes se ha convertido en medio para tratar muchos desechos industriales.

Biomasa

Según RENOVETEC (2009), define: la biomasa es toda sustancia orgánica renovable de origen tanto animal como vegetal. La energía de la biomasa proviene de la energía que almacenan los seres vivos. En primer lugar los vegetales, al realizar la fotosíntesis, utilizan la energía del sol para formar sustancias orgánicas. Después los animales incorporan y transforman esa energía al alimentarse de las plantas. Los productos de dicha transformación que se consideran residuos, pueden ser utilizados como recurso energético.

Tipos de biomasa

Existen diferentes tipos de biomasa que pueden ser utilizados como recurso energético. Aunque se pueden hacer multitud de clasificaciones:

a) Biomasa Natural

Es la que se produce en la naturaleza sin ninguna intervención humana. El problema que presenta este tipo de biomasa es la necesaria gestión de la adquisición y transporte del recurso al

lugar de utilización. Esto puede provocar que la explotación de esta biomasa sea inviable económicamente.

b) Biomasa residual (seca y húmeda)

Son los residuos que se generan en las actividades de agricultura (leñosos y herbáceos), y ganadería en las forestales, en la industria maderera y agroalimentaria, entre otras y que todavía pueden ser utilizados y considerados subproductos. Como ejemplo podemos considerar el aserrín, la cáscara de almendra, el orujillo, las podas de frutales, etc.

Se denomina biomasa residual húmeda a los vertidos llamados biodegradables, es decir, las aguas residuales urbanas e industriales y los residuos ganaderos (principalmente purines).

Procesos de conversión de la biomasa en energía

Existen diferentes métodos que transforman la biomasa en energía aprovechable, expondremos los dos métodos más utilizados en este momento, los termoquímicos ylos biológicos.

a) Métodos termoquímicos: Estos métodos se basan en la utilización del calor como fuente de transformación de la biomasa. Están muy desarrollados para la biomasa seca, sobre todo para la paja y la madera.

Se utilizan los procesos de:

I.- Combustión

Es la oxidación de la biomasa por el oxígeno del aire, en esta reacción se libera agua y gas carbónico, y puede ser utilizado para la calefacción doméstica y para la producción de calor industrial.

II.- Pirólisis

Se trata de una combustión incompleta a alta temperatura (500ºC) de la biomasa en condiciones anaerobias. Se utiliza desde hace mucho tiempo para producir carbón vegetal. Este método libera también un gas pobre, mezcla de monóxido (CO) y dióxido de carbono (CO2), de hidrógeno (H2) y de hidrocarburos ligeros. Este gas, de poco poder calórico, puede servir para accionar motores diesel, para producir electricidad, o para mover vehículos. Una variante de la pirólisis, es la pirólisis flash. Esta se realiza a una temperatura mayor, alrededor de 1,000º C, y tiene la ventaja de asegurar una gasificación casi total de la biomasa. Se optimiza de esta forma el "gas pobre". Las instalaciones en la que se realizan la pirólisis y la gasificación de la biomasa se llaman gasógenos. El gas pobre producido puede utilizarse directamente o puede servir como base para la síntesis de metanol, el cual podría sustituir a las gasolinas para la alimentación de los motores de explosión (carburol).

La gasificación tiene ventajas con respecto a la biomasa original:

1. El gas producido es más versátil y se puede usar para los mismos propósitos que el gas natural;

2. Puede quemarse para producir calor y vapor y puede alimentar motores de combustión interna y turbinas de gas para generar electricidad;

3. Produce un combustible relativamente libre de impurezas y causa menores problemas de contaminación al quemarse.

b) Métodos biológicos

I.- Fermentación alcohólica

Se trata de una fermentación alcohólica que transforma la biomasa en etanol (biocombustible). Este alcohol se produce por la fermentación de azúcares

II.- Fermentación metánica

Otro método biológico es la fermentación metánica, que es la digestión anaerobia de la biomasa por bacterias. Se suele utilizar para la transformación de la biomasa húmeda. En los fermentadores, o digestores. La celulosa es la sustancia que se degrada en un gas, el cual contiene alrededor de 60% de metano y 40% de gas carbónico. Para este proceso se requiere una temperatura entre 30-35 º C. Estos digestores por su gran autonomía presentan una opción favorable para las explotaciones de ganadería intensiva.

¿Cómo se forma el biogás?

Según FCFM Universidad de Chle en el año 2012, define: La biogasificación se puede designar alternativamente como fermentación de metano, producción de metano o digestión anaeróbica. El termino fermentación de metano se puede entender como la destrucción del gas mediante la fermentación microbiana; en la digestión anaeróbica, no siempre hay formación de metano, sin embargo los términos se usan indistintamente.

Para los propósitos de este escrito, “Biogasificación” se define como la descomposición biológica de la materia orgánica de origen biológico en condiciones anaeróbicas, con la formación principalmente de metano (CH4) y bióxido de carbono (CO2). Hay dos características que distinguen al proceso de otras descomposiciones biológicas, que son: ‘en condiciones anaeróbicas’ y ‘producción de metano’

Digestión anaeróbica

Según LopezDavila (2012). En la naturaleza existen microorganismos (las bacterias) que se alimentan de residuos como los antes mencionados. Si estos se desarrollan en ausencia de aire (condición anaeróbica), al alimentarse con materia orgánica la transforman en gas y en un lodo rico en nutrientes que puede ser utilizado como abono.

Las bacterias requieren de un ambiente propicio, primero para sobrevivir y luego para multiplicarse hasta alcanzar una población suficiente para que su acción sea apreciable. Dichas condiciones son:

a) La ausencia de aire, para cumplir con el requisito de condición anaeróbica que permite la supervivencia de los microorganismos.

b) Las características del medio (llamado también el sustrato) donde crecen y se multiplican las bacterias. Aquí es importante destacar las siguientes:

La temperatura, que experimentalmente se ha determinado, debe ser mayor a los 20°C para lograr una buena producción.

El grado de acidez (conocido como pH). Si el ambiente es muy ácido, o lo contrario, puede causar la muerte de los microorganismos.

Los beneficios de la digestión anaeróbica desde un triple punto de vista: El gas, que puede utilizarse para producir energía; el fertilizante que, por sus características, constituye un abono orgánico de calidad comparable a los tradicionalmente empleados en el campo, como la gallinaza o el estiércol de res, y el control de la contaminación que se origina por la descomposición espontánea e incontrolada de la materia orgánica.

Los tres pasos de la producción de biogás

Según la Fundacion Vida Sostenible (2014). Define:

El proceso completo de formación de biogás se puede dividir en tres pasos: hidrólisis, acidificación y formación del metano. Están involucrados tres tipos de bacterias: Bacterias de fermentación, Bacterias acetogénicas y Bacterias metanógenas

a)Hidrólisis

En el primer paso (hidrólisis), la materia orgánica es externamente enzimolizada por enzimas extracelulares (celulosa, amilasa, proteasa y lipasa) de los microorganismos. Las bacterias descomponen las largas cadenas de los complejos carbohidratos, proteínas y lípidos, en partes cortas.

b)Acidificación

Las bacterias productoras de ácidos, involucradas en el segundo paso, convierten los intermediarios de las bacterias de fermentación de ácido acético (CH3COOH), hidrogeno (H2) y bióxido de carbono (CO2). Estas bacterias son facultativamente anaeróbicas y pueden crecer en condiciones ácidas. Para producir ácido acético, necesitan oxígeno y carbono; para esto utilizan el oxigeno disuelto en la solución u oxígeno enlazado. Debido a esto, las bacterias productoras de ácido crean una condición anaeróbica que es esencial para los microorganismos productores de metano. Además reducen los compuestos de bajo peso molecular a alcoholes, ácidos orgánicos, aminoácidos, bióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, y tazas de metano.

c) Formación de metano

Las bacterias productoras de metano, que participan en el tercer paso, descomponen compuestos con bajo peso molecular. Por ejemplo, utilizan hidrógeno, dióxido de carbono y ácido acético para formar metano y bióxido de carbono.

En condiciones naturales, las bacterias que producen metano ocurren en la medida en que se proporcionen condiciones anaeróbicas, por ejemplo, bajo el agua (como en sedimentos marinos), en estómagos de rumiantes y en pantanos. Son obligatoriamente anaeróbicas y muy sensibles a cambios ambientales. Las bacterias metanógenas pertenecen al género archaebacter, o grupo de bacterias con una morfología muy heterogénea.

La diferencia principal con las bacterias acetogénicas, yace en la estructura de las paredes celulares de las bacterias.

Composición de Biogás

El biogás, es un gas combustible que se genera artificialmente, en dispositivos específicos, mediante la acción de unos seres vivos (bacterias metanogénicas), en ausencia de aire (esto es, en un ambiente anaeróbico). Cuando la materia orgánica se descompone en ausencia de oxígeno, actúa este tipo de bacterias, generando biogás.

De modo natural se produce en la putrefacción de la materia orgánica y se llama gas de los pantanos o gas natural. Su composición es variable pero en líneas generales sería:

a) Metano (CH_4) = 45 a 55 %

b) Anhídrido carbónico (CO_2)= 50 a 40%

c) Nitrógeno (N_2) = 2 % a 3%

d) Ácido sulfhídrico (SH2) = 1,5 a 2 % 10

El biodigestor

Según la unidad de eco tecnología de la UNAM (2016), Defne;

Es un tanque cerrado de cualquier forma, tamaño y material; en el cual se almacena basura orgánica mezclada con agua que al descomponerse en ausencia de aire generan biogás. Definido por el diseño de la planta en función de las variables del proceso, ambientales y de utilización del sistema.

Al especificar que se puede tomar cualquier forma se está indiciando que se utilizan tanques cilíndricos, rectangulares, esféricos o semiesféricos, dependiendo de las preferencias del usuario y de las facilidades que se tengan para su construcción. Sin embargo, desde el punto de vista físico y del proceso no se recomienda emplear tanques rectangulares: Requieren mayor cantidad de materiales de construcción y crean dentro de la masa en digestión zonas de diferente composición y temperatura que impiden obtener mayor provecho del sistema.

Tipos de Digestores.

Una primera revisión de la apariencia física de los diferentes tipos de plantas de biogás describe los tres tipos principales de plantas simples de biogás: plantas de globo, plantas de domo fijo y plantas de tambor flotante.

Plantas de globo.

Este tipo de plantas tiene en la parte superior un digestor de bolsa en el cual se almacena el gas, la entrada y la salida se encuentran en la misma superficie de la bolsa. Sus ventajas son

bajo costo, fácil transportación, poca sofisticación de construcción, altas temperaturas de digestión, fácil limpieza, mantenimiento y vaciado.

Sus desventajas son su corto tiempo de vida, alta susceptibilidad a ser dañado, baja generación de empleo y por lo tanto limitado potencial de autoayuda.

Biodigestor de Plástico

Mantenimiento: estos biodigestores pueden tener una durabilidad de 20 años,12 en el caso de presentarse rupturas de éste pueden ser fácilmente reparadas del mismo material del biodigestor usando un adhesivo fuerte, la parte reparada debe permanecer seca hasta su endurecimiento por completo. Cuando se necesita el metano sólo se ejerce una pequeña presión sobre la bolsa de almacenamiento moviendo de esta forma el biogás a donde se necesita.

Ventajas de los biodigestores de plástico, económicos:

I.-Este tipo de digestor es muy económico y fácil de transportar por su bajo peso, en especial en aquellos sitios de difícil acceso.

II.-Al ser hermético se reducen las pérdidas

Plantas de Domo Fijo.

Las plantas de domo fijo consisten en un recipiente fijo e inmóvil para gas, que se coloca en la parte superior del digestor. Cuando comienza la producción de gas, la mezcla se desplaza hacia el tanque de compensación. La presión del gas aumenta, el aumento de volumen del gas almacenado y con la diferencia de altura entre el nivel de la mezcla en el digestor y el nivel de la mezcla en el tanque de compensación.

a) Ventajas: costos de construcción relativamente bajos, larga vida útil. La construcción subterránea ahorra espacio y protege al digestor de cambios de temperatura; además su construcción implica la creación de fuentes de empleo.

Las principales desventajas son los frecuentes problemas con la permeabilidad para gases del recipiente de ladrillos para el gas (una pequeña fractura en el recipiente superior puede causar altas pérdidas de biogás). Por lo tanto, las plantas de domo fijo, sólo son recomendables cuando la construcción puede ser supervisada por técnicos experimentados de biogás. La presión del gas fluctúa dependiendo sustancialmente del volumen del gas almacenado.

Plantas de tambor flotante (Tipo Hindú).

Las plantas de tambor flotante consisten en un digestor subterráneo y un recipiente móvil para gas. El recipiente para gas flota, ya sea directamente sobre la mezcla de fermentación o en una chaqueta de agua. El gas se recolecta en el tambor de gas, que se levanta o baja, de acuerdo con la cantidad de gas almacenado.

a) Sus ventajas son su operación simple y fácil de entender: el volumen almacenado de gas es visible directamente. La presión del gas es constante, determinada por el peso del recipiente de gas. La construcción es relativamente fácil; los errores en la construcción no llevan a problemas mayores en la operación y la producción de gas.

b) Sus desventajas son los altos costos de los materiales para el tambor de acero, la susceptibilidad a la corrosión de las partes de acero, por lo que la vida útil de la planta es más corta; además se tienen costos fijos de mantenimiento para pintar el tambor.

Partes de un Digestor.

Tanques de carga.

Es el ducto por el cual va a ser alimentado el digestor y está construido de ladrillo común y su superficie interna lleva un aplanado de cemento. La alimentación se prepara en el tanque de carga y se introduce al digestor por la parte inferior a través de un tubo de PVC dirigido hacia la línea central del tanque.

Tanque de descarga:

Es el ducto por medio del cual se extraen los lodos residuales producto de la digestión anaeróbica y esta elaborado con los mismos materiales y de la misma forma que el tanque de carga. La descarga se efectúa por el efecto de vasos comunicantes: Al cargar el digestor, la presión del material que entra expulsa por el tubo de descarga una cantidad igual de material ya procesado (o agotado).

Tanque de Almacenamiento de gas.

Para los digestores de domo fijo y de domo flotante el tanque de almacenamiento consiste en una construcción circular o cuadrada de ladrillo con un acabado por adentro de cemento pulido y para los digestores de globo consistirá en una bolsa de material plástico resistente a la corrosión y al medio agresivo. El gas producido por el digestor se almacena con el fin de tener disponible una cantidad suficiente en el momento que se requiera, utilizando cualquier recipiente hermético.

En algunos tipos de digestores el almacenamiento está directamente sobre la boca, en esos casos es conveniente utilizar campanas flotantes metálicas que permiten disponer del gas a una presión constante.

Línea de conducción

La línea de conducción para una instalación típica, sus dimensiones van a depender de: a).-Del flujo de gas que se desea transportar y

b).-De la distancia existente entre la planta y el lugar de uso.

Vale la pena mencionar que las plantas de Biogás utilizan casi siempre manguera de PVC, debido a que este material no es afectado por la acción del ácido sulfhídrico. La manguera de PVC irá preferiblemente enterrada o recubierta para evitar el deterioro (cristalización) por la luz solar. De lo contrario, se colocará elevada para evitar daños físicos causados por personas o animales.

Válvulas

Se utilizan mínimo dos válvulas para gas, la primera o principal irá instalada inmediatamente al comienzo de la conducción y sobre el niple de salida. La segunda se monta al final de la línea, en el lugar de uso.

Estas válvulas, cuyo tamaño debe ser compatible con el diámetro de la tubería, deberán estar construidas en acero inoxidable o en PVC para evitar la corrosión por el ácido sulfhídrico.

Trampas

El gas debe ser purificado antes del uso. La purificación, en los casos en que el uso se reduce a calefacción, alumbrado o cocción de alimentos, tiene por objeto eliminar o disminuir el

contenido de ácido sulfhídrico para proteger de la corrosión los equipos, y a la reducción del contenido de agua presente en el gas como resultado del proceso de digestión.

a) Trampas de ácido sulfhídrico

Están constituidas por un recipiente relleno con material de hierro finamente dividido formando un lecho poroso a través del cual debe circular el gas para que reaccione con el metal y se deposite en el lecho.

La condición de porosidad se alcanza utilizando como relleno virutas de hierro o esponjillas de cocina de marca comercial. Estos materiales tienen la ventaja de ser da bajo costo y de oponer poca resistencia al flujo de gas, aspecto importante en razón de las bajas presiones que se manejan en este tipo de sistemas.

La forma del recipiente y las características del material utilizado para su construcción dependen del gusto del propietario de la planta. El único requisito es el de que sean completamente herméticos para evitar fugas de gas. Así, es posible encontrar, en plantas en operación trampas:

Rectangulares construidas en hierro o en acero, pintadas con el mismo material empleado en el enlucimiento y protección de la campana.

Cilíndricas en acero. Estas se construyen a partir de secciones de tubería estándar de 2 pulgadas o más. Al igual que las anteriores, requieren de pintura interior y exterior para protegerlas de la corrosión.

Cilíndricas en PVC: Se construyen también a partir de tuberías estándar, o se arman utilizando accesorios (en Y) de PVC disponibles en el mercado. No requieren pintura protectora pero deben en lo posible no exponerse a los rayos del sol.

La trampa de sulfhídrico actúa también como trampa de llama no sólo por la presencia del relleno sino por el mayor diámetro del recipiente con relación a la línea de conducción.

b) Trampas de agua

El agua arrastrada por el agua se separa cuando la corriente encuentra en su trayectoria una exención brusca y una contracción posterior. Para lograr este propósito será suficiente instalar sobre la línea un accesorio idéntico a las trampas de sulfhídrico, con la diferencia de que no se necesitará el relleno de material de hierro.

Las trampas están provistas de un grifo de purga por donde se debe evacuar periódicamente el agua depositada en el fondo.

Ventajas y desventajas de los biodigestores

Según Anders K (2015) Define:

Ventajas de los biodigestores

a) Permite disminuir la tala de los bosques al no ser necesario el uso de la leña para cocinar.

b) Humaniza el trabajo de los campesinos, que antes debían buscar la leña en lugares cada vez más lejanos.

c) Diversidad de usos (alumbrado, cocción de alimentos, producción de energía eléctrica, transporte automotor y otros).

d) Produce biofertilizante rico en nitrógeno, fósforo y potasio, capaz de competir con los fertilizantes químicos, que son más caros y dañan el medio ambiente.

e) Elimina los desechos orgánicos, por ejemplo, la excreta animal, contaminante del medio ambiente y fuente de enfermedades para el hombre y los animales.

La utilización de los biodigestores además de permitir la producción de biogás ofrece enormes ventajas para la transformación de desechos:

I) Mejora la capacidad fertilizante del estiércol. Todos los nutrientes tales como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio así como los elementos menores son conservados en el efluente. En el caso del nitrógeno, buena parte del mismo, presente en el estiércol en forma de macromoléculas es convertido a formas más simples como amonio (NH4+), las cuales pueden ser aprovechadas directamente por la planta. Debe notarse que en los casos en que el estiércol es secado al medio ambiente, se pierde alrededor de un 50% del nitrógeno.14

II) El efluente es mucho menos oloroso que el afluente.

III) Control de patógenos. Aunque el nivel de destrucción de patógenos variará de acuerdo a factores como temperatura y tiempo de retención, se ha demostrado experimentalmente que alrededor del 85% de los patógenos no sobrevive el proceso de biodigestión. En condiciones de laboratorio con temperaturas de 35º C, los coliformes fecales fueron reducidos entre el 50 y el 70%, y los hongos en 95% en 24 horas.15

Dificultades técnicas de los biodigestores

La construcción de biodigestores conlleva una serie de dificultades técnicas:

a) El digestor debe encontrarse cercano a la zona donde se recoge el sustrato de partida y a la zona de consumo.

b) Debe mantenerse una temperatura constante y cercana a los 35ºC. Esto puede encarecer el proceso de obtención en climas fríos.

c) Es posible que, como subproducto, se obtenga SH2, el cual es tóxico y corrosivo, dependiendo del sustrato de partida y de la presencia o no de bacterias sulfatorreductoras. La presencia de SH2 hace que se genere menos CH4, disminuyendo la capacidad calorífica del biogás y encarece el proceso por la necesidad de depurarlo.

d) Necesita acumular los desechos orgánicos cerca del biodigestor.

e) Riesgo de explosión, en caso de no cumplirse las normas de seguridad para gases combustibles

Planificación de un biodigestor.

Cabrera A (2011) Define:

Lo siguientes son los aspectos a tener en cuenta en el diseño, planificación y construcción de un biodigestor:

A continuación se describirá el proceso de construcción de un biodigestor de domo fijo ya que se considera que es el más seguro y el más fácil de construir. Será circular considerando que las características de este nos permiten un mejor aprovechamiento de la biomasa al no quedarse esta estancada en ninguna esquina. Además de contar con loza y no con cúpula debido que requiere de una detallada elaboración.

Factores humanos

a) Idiosincrasia

b) Necesidad, la cual puede ser sanitaria, energía y de fertilizantes.

c) Recursos disponibles de tipoeconómicos, materiales de construcción, mano de obra, utilización del producto, área disponible.

d) Disponibilidad de materia prima, si se cuentan con desechos agrícolas, desechos pecuarios, desechos domésticos, desechos urbanos, desechos industriales.

Factores biológicos

a) Enfermedades y plagas tanto humanas como pecuarias y agrícolas

Factores físicos

a) Localización, la ubicación si es en zona urbana, rural o semi-urbana y la geografía aspectos como la latitud, longitud y altitud.

b) Climáticos dentro de estos aspectos están las temperaturas máximas y mínimas, la precipitación pluvial, la humedad ambiental, la intensidad solar, los vientos su intensidad y dirección.

c) Vías de acceso.

d) Topografía, teniendo en cuenta el declive del suelo: si es plano, ondulado, o quebrado.

e) Suelos con sus características como la textura, estructura, nivel freático y capacidad agrológica.

Factores utilitarios

a) Función principal, si se construye de manera experimental, demostrativa o productiva.

b) Usos, si el uso es de tipo sanitario, energético, fertilizante, integral.

c) Organizativo si el biodigestor se va a construir a escala domestica, para grupo familiar, comunitario o empresas.

d) Capacidad, si es pequeño de 3 a 12 m3 / digestor; si es mediano de 12 a 45 m3 digestor y si es grande de 45 a 100 m3 / digestor.16

e) Operación de la instalación contemplando aspectos como el funcionamiento de el pretratamiento, la mezcla, la carga, y controles de PH, obstrucciones de líquidos, sólidos y gases: las descargas de efluentes tanto liquidas como gaseosas y de lodos; el almacenamiento de los líquidos, sólidos y gases; la aplicación de líquidos por bombeo, por tanques regadores o arrastre por riego; los sólidos que están disueltos en el agua y los sólidos en masa y por ultimo los gases utilizados para la cocción, iluminación e indirectamente en los motores.

Con el objetivo de disminuir el tamaño de los digestores se han utilizado los productos orgánicos que brindan mayor cantidad de biogás por unidad de volumen; algunos de ellos son: la excreta animal, la cachaza de la caña de azúcar, los residuales de mataderos, destilerías y fábricas de levadura, la pulpa y la cáscara del café, así como la materia seca vegetal.

Proceso de construcción

A continuación se describirá el proceso de construcción de un biodigestor de domo flotante. Puede ser circular o rectangular, aunque se recomienda más el de tipo circular

considerando que las características de este nos permiten un mejor aprovechamiento de la biomasa al no quedarse esta estancada en ninguna esquina.

Selección del lugar, trazado y excavación

a.- La planta de biogás se instalará cerca del lugar que nos subministrara la materia prima y alejada de mantos acuíferos y tuberías de agua. Además de estar ubicada en un sitio donde reciba el sol durante la mayor parte del día, evitando las zonas con tráfico continuo de personas o animales.

b.- Demarcar el foso para el digestor t para los tanques de carga y de descarga.

c.- Excavar simultáneamente el foso para el digestor y las zanjas para la colocación de los ductos de carga y descarga.

Se traza un círculo en la tierra de 2.15 m de diámetro y se cava un hoyo de 2 m de profundidad.

Construcción del digestor

El piso se construye sobre una base firme y compacta sobre la cual se coloca una parrilla de varilla junto con una cadena armada de la cual nacerán los castillos que soportarán la estructura del digestor, se cuela la loza del piso con una mezcla de cemento y arena. Una vez realizado el paso anterior se comenzara el desplante de las paredes que irán formadas de tabique, pegadas con cemento y llevarán un aplanado fino por una mezcla de cemento y arena.

Si la tierra es compacta, no será necesario construir el tanque principal del digestor con mampostería o tabique, bastará un cilindro de malla de gallinero, de 1.55 m de diámetro y 2.2 m

de altura, con 3 castillos (de donde saldrán los topes para la campana). Se pueden construir afuera y luego colocarse en el hoyo.

Construcción de los tanques de carga y descarga

Los tanques de carga y descarga se construyen de tabique pegados con cemento sobre una base de concreto simple y aplanados con una mezcla de cemento y arena en proporción de 1:3 con .7 lt de agua por kilogramo de cemento y conectados al digestor por un tubo de PVC sanitario.

El tanque de alimentación se construye con tabique sobre una losa encima del suelo. El tanque de descarga debe quedar enterrado.

Se excavan 2 zanjas a lados opuestos del tanque principal de 1.2 metros de longitud, donde se colocaran los ductos que comunican los tanques de alimentación y descarga con el tanque principal.

Sellado e impermeabilizado del tanque.

Una vez aplanado el tanque del digestor se procederá a recubrir con un sellador acrílico e impermeabilizarlo con pintura epóxica.

Construcción y colocación de la campana

La campana puede ser realizada de fibra de vidrio y de lámina de acero galvanizado y recubierta con pintura anticorrosiva.

Descripción del proceso

Molienda.

Es recomendable moler el estiércol fresco que se va a utilizar para la digestión, ya que al disminuir el tamaño de los sólidos se está aumentando el área de contacto con los microorganismos encargados de iniciar el proceso. En caso de que no se cuente con un equipo para la molienda, esta etapa puede pasar inadvertida. Tomando en cuenta lo anterior, el siguiente paso es vaciar el estiércol en un recipiente adecuado para el acondicionamiento o bien se puede hacer directamente en el digestor.

Acondicionamiento.

Esta etapa es la más importante del proceso para obtener una solución (agua-excreta) que garantice la producción de biogás. Para ello se realizan los pasos siguientes:

a) Recolección de la excreta se hará manualmente directamente del establo y se almacenará en un tanque mezclador por uno o dos días dependiendo del modo de operación, aunque es recomendable dejarlo 2 días para permitir que todo el aire se elimine durante esta estancia en el tanque.

b) Adicionar la cantidad necesaria de agua para obtener una concentración aproximada del 8% en peso de sólidos totales.

Carga del digestor.

La carga del digestor se hará por gravedad ya que el estiércol sea adicionado directamente del establo.

Descarga.

El efluente se debe descargar de la manera adecuada para evitar que entre aire en el biodigestor. Los lodos se pueden aplicar como fertilizante y el sobrenadante se puede utilizar como agua de riego. El componente líquido se puede utilizar además para el acondicionamiento de la solución de alimentación y el efluente sólido puede ser tratado para separar las proteínas que contiene las cuales pueden utilizarse como componente alimenticio para el ganado y los sólidos restantes para el acondicionamiento del suelo del cultivo.

Operación propuesta del sistema de digestión.

La operación del digestor resulta ser muy sencilla, como se muestra a continuación en base al diagrama del sistema de la figura.

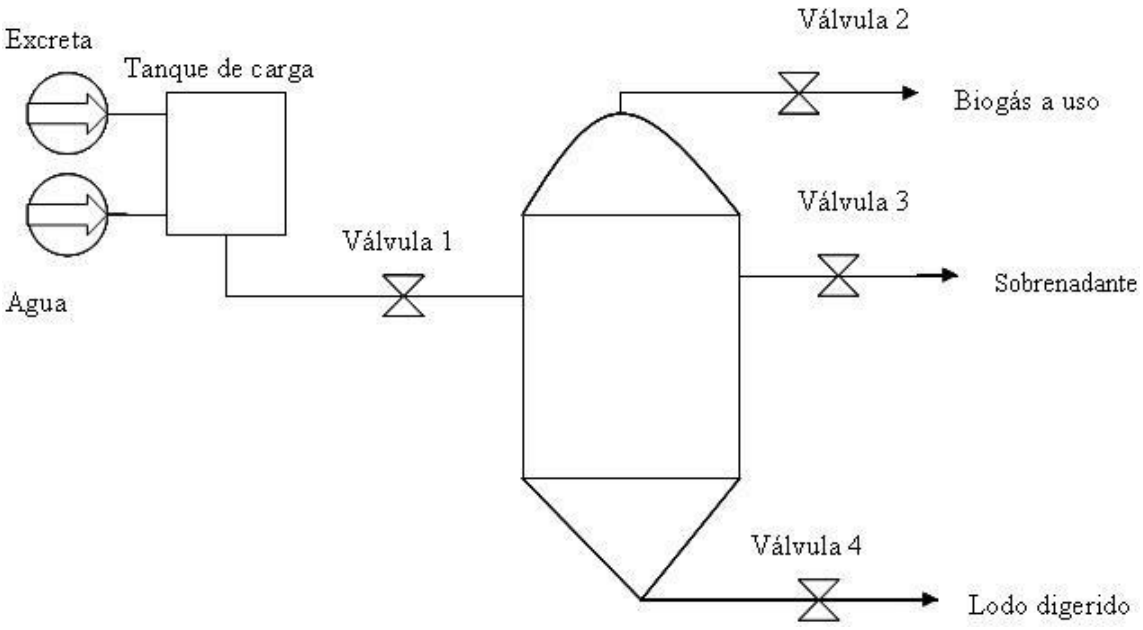


Fig. 1. Operación del sistema de digestión.

a.- Verificar que las válvulas estén cerradas

b.- Abrir la válvula 2 de descarga del biogás con el fin de purgar el equipo. c.- Abrir la válvula 1 de alimentación.

d.- Alimentar al digestor.

e.- Cerrar las válvulas de descarga del biogás y la alimentación, después de haber cargado toda la alimentación.

f.- Purgar diariamente el biogás producido por la válvula de descarga de biogás con el propósito de eliminar la más mínima presencia de aire, así como algo de vapor de agua y de CO2 que se hayan formado.

g.- Verificar a la salida si hay combustión de biogás.

h.- Cargar al digestor la excreta que se vaya produciendo y retirar aproximadamente la misma cantidad de lodo digerido mediante la válvula 4 para mantener un régimen semicontinuo de operación.

i.- Retirar también el sobrenadante del digestor mediante la válvula 3.

Modo de operación.

En un principio se alimentará del digestor la excreta recolectada y se iniciará una operación en serie del sistema, pero si la cantidad de excreta aumenta por el aumento de ganado, entonces se pretende operar un sistema en paralelo con dos tanques, cada tanque funcionando por separado.

Producción de gas y composición

La producción de gas funciona como indicador, tanto de la condición de cultivo, como de la eficiencia del desempeño de un digestor. La producción de gas normalmente se expresa en términos de volumen de gas producido por unidad de masa de sólidos totales y sólidos orgánicos introducidos.

El volumen esperado de gas por unidad de materia orgánica es función del tiempo de retención y otras características operacionales, así como de la naturaleza de los desechos.

La velocidad de producción de gas que se usa como parámetro de la digestión de un desperdicio dado es aquella que es característica del cultivo una vez que ha alcanzado el "régimen permanente." La producción de gas es un parámetro particularmente útil, pues es fácil reconocer, además de que da una respuesta inmediata a una condición adversa.

La producción de gas, cuando se usa como parámetro, no se debe interpretar como completamente independiente de la composición de gas. El gas de interés en la composición es el metano. Generalmente cuando mayor sea la concentración de carbohidratos en los desperdicios, más se acercara a 1:1 la relación metano: bioxido de carbono

Usos del biogás

Ruiz N (2015), Define:

La gran variedad de biomasas existentes unida al desarrollo de distintas tecnologías de transformación de ésta en energía (Combustión directa, Pirólisis, Gasificación, Fermentación, Digestión anaeróbica,...) permiten plantear una gran cantidad de posibles aplicaciones entre las que destacan la producción de energía térmica, electricidad.

Producción de Energía Térmica

Aprovechamiento convencional de la biomasa natural y residual. Los sistemas de combustión directa son aplicados para generar calor, el cual puede ser utilizado directamente, como por ejemplo, para la cocción de alimentos.

Producción de Energía Eléctrica

Obtenida minoritariamente a partir de biomasa residual (restos de cosecha y poda) y 3principalmente a partir de cultivos energéticos leñosos, de crecimiento rápido (Chopo, Sauce, Eucalipto, Robinia, Coníferas, Acacia, Plátano,...) y herbáceos (Cardo lleno, Miscanto, Caña de Provenza, Euforbias, Chumberas,...). También se utiliza el biogásresultante de la fermentación de ciertos residuos (lodos de depuradora, Residuos Sólidos Urbanos…) para generar electricidad.

El rendimiento neto de la generación de electricidad en las plantas de biomasa es bajo, del orden del 20% referido a su poder calorífico inferior.8 Ello se debe fundamentalmente el pequeño tamaño de la planta de producción. La caldera tiene un rendimiento moderado al quemar un combustible de alto contenido en humedad, y su consumo en servicios auxiliares es alto, por encima del 8% de la producción total de electricidad en salida de alternador.

Una posibilidad de incrementar el rendimiento energético en el uso de la biomasa es la cogeneración de calor y electricidad. La condensación del vapor supone una evacuación de calor cercano a la mitad de la energía contenida en la biomasa; la recuperación de parte de ese calor de condensación en forma de vapor de baja temperatura o agua caliente, para usos industriales o domésticos, supone un aumento de la eficiencia energética. Para ello se puede disponer de una turbina de contrapresión o bien hacer una extracción de vapor con volumen significativo en la zona de baja presión de la turbina. Se instalan los intercambiadores de calor adecuados y se pueden obtener rendimientos globales de entre un 40 y un 60%.

La gasificación es una alternativa con mejores rendimientos que la combustión en calderas. El empleo de motores diesel o de turbinas de gas para quemar el gas producido puede elevar el rendimiento a valores por encima del 30%, sin embargo ésta es una opción poco extendida.

Producción de Biocombustibles.

Existe la posibilidad, ya legislada, de alimentar los motores de gasolina con bioalcoholes (obtenidos a partir de Remolacha, Maíz, Sorgo dulce, Caña de azúcar, Patata, Pataca) y los motores diesel con bioaceites (obtenidos a partir de Colza, Girasol, Soja).

Producción de gases combustibles

Es una aplicación poco utilizada actualmente que consiste en la descomposición de la biomasa en un digestor para obtener un gas, cuyo compuesto combustible es básicamente metano, pero también contienen nitrógeno, vapor de agua y compuestos orgánicos. El proceso es adecuado para tratar biomasa de elevado contenido en humedad y poco interesante en otras aplicaciones, bien por su calidad o por la poca cantidad disponible.

El gas obtenido es de bajo poder calorífico, pero útil en aplicaciones térmicas en el propio entorno ganadero o agrícola, suministrando luz y calor. En el caso de instalaciones de mayor tamaño, se puede llegar a colocar motores diesel de hasta varios cientos de kilovatios de potencia para la generación de electricidad; existen ya ejemplos industriales de ello. La producción de gas se puede controlar adecuándola a la demanda; incluso puede hacerse que durante varias horas el digestor se mantenga embotellado, sin producir gas, durante los períodos en los que no exista consumo energético.

Otra posibilidad para la producción de gas es el empleo de un gasificador, que inyecta aire u oxígeno y vapor de agua. Opera a elevada temperatura, entre 800 y 1200º C, con lo cual la cinética de las reacciones es más alta. El gas contiene CO, H2, pequeñas concentraciones de metano, nitrógeno y vapor de agua. 8 Tiene un poder calorífico medio. Existen varias alternativas de gasificación; el lecho fijo sirve para tratar pequeñas cantidades de biomasa, mientras que los de lecho fluido tratan mayores cantidades, siendo éstos utilizados para la generación de electricidad.

Al problema operativo de la gasificación, se une el de la producción de alquitranes y otros compuestos orgánicos pesados. Esto hace posible la combustión del gas en equipos industriales, calderas y hornos o en motores diesel para generación eléctrica, pero dificulta la extensión a turbinas de gas en sistemas eléctricos de alta eficiencia. La alternativa es purificar el gas, pero es caro.

Producción de abono orgánico

En el proceso de la digestión anaeróbica y la producción del biogás deja como residuo un lodo compuesto por el material no atacado por las bacterias y por material no atacado por éstas. Este lodo, conocido, conocido también como el efluente, constituye un fertilizante orgánico de muy buena calidad.

Como el proceso solo remueve los gases generados en el lodo deben conservarse los nutrientes originales contenidos en la materia prima. Estos quedan en forma más concentrada, y pueden ser absorbidos más fácilmente, mejorando las características fertilizantes del material.

La aplicación del afluente al suelo le trae beneficios similares a los que se alcanzan con cualquier materia orgánica. Es decir, que actúa como mejorador de las características físicas,

facilitando la aireación, aumentando la capacidad de retención de humedad, la infiltración de agua y la capacidad de intercambio catiónico.

Se ha encontrado, por ejemplo, que la aplicación del efluente de biodigestores que operan con estiércol de res, en ensayos comparativos con uso directo del estiércol, ha mejorado los rendimientos agrícolas del maíz, en un 28%. Ello se debe en parte a la mayor facilidad de absorción de los nutrientes, y a la mayor riqueza del afluente: Contiene 1.5% de nitrógeno contra 0.75% del estiércol, y 0.7% de K contra 0.4% de la materia prima. Esta situación hace que el afluente sea más efectivo que muchos de los abonos orgánicos químicos utilizados normalmente.

Sustancias orgánicas en los fertilizantes

Así como hay sustitutos inorgánicos para los nutrientes nitrógeno, potasio y fósforo de un fertilizante orgánico, no existe sustituto artificial para otras sustancias como proteína, celulosa, lignina, etc. Todas ellas contribuyen a incrementar la permeabilidad e higroscopia, mientras previenen la erosión y mejoran las condiciones generales de la agricultura. Las sustancias orgánicas además constituyen la base para el desarrollo de los microorganismos responsables de convertir los nutrientes del suelo en una forma que pueda fácilmente ser incorporada por las plantas.

Nutrientes y Organismos del Suelo

Debido a la descomposición y agotamiento de parte de su contenido orgánico, los lodos digeridos proporcionan nutrientes de acción rápida que fácilmente entran en la solución del suelo, quedando inmediatamente disponibles para las plantas. Simultáneamente sirven como nutrientes primarios para el desarrollo de los organismos del suelo, como la sustitución de los

microorganismos perdidos a través de la exposición al aire durante el esparcimiento del lodo sobre los campos.

Reducción de la Erosión del Suelo.

La materia húmica y los ácidos húmicos presentes en los lodos contribuyen a una humificación más rápida que a su vez ayuda a reducir la velocidad de erosión (debido a lluvia o dispersión en seco), incrementando el suministro de nutriente, la higroscopía, etc. El contenido de humus es especialmente importante en los suelos tropicales con bajo en humus. La cantidad de humus estable formada con lodos digeridos es el doble de la que se puede lograr con estiércol. Además se ha demostrado que la actividad de los gusanos de tierra se estimula más al fertilizar con lodos que fertilizando con estiércol de establo.

Reducción del deslave de Nitrógeno

Al ser comparado con fertilizantes con alto contenido de nitratos y nitritos más solubles en agua (estiércol, composta), el elevado contenido de amonio del lodo digerido ayuda a reducir la velocidad con la que se deslava el nitrógeno.

Efectos sobre los cultivos.

Se sabe que generalmente la producción de los cultivos es más alta después de una fertilización con lodos digeridos la mayoría de los cultivos como papa, rábano, zanahoria, col, cebolla, ajo, etc. y muchos tipos de frutas (naranja, manzana, guayaba, mango, etc.), caña de azúcar, arroz, parecen reaccionar favorablemente a la fertilización con lodos.

En contraste los cultivos como trigo, oleaginosas, algodón y tabaco reaccionan menos favorablemente. Los lodos son un buen fertilizante para pasturas y prados. Los datos disponibles

tienen grandes variaciones, pues el efecto fertilizante no solo es específico de cada planta, sino también depende del clima y tipo de suelo. Por lo tanto, no se puede ofrecer información definitiva, tampoco, por la misma razón, es posible ofrecer una comparación económica del costo de los fertilizantes químicos contra el de los lodos del biogás.

El único hecho indiscutible es que los de biogás son mejores desde el punto de vista ecológico.

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

Tipo de Investigación.

El tipo de investigación se refiere a la clase de estudio que se va a realizar. Orienta sobre la finalidad general del estudio y sobre la manera de recoger las informaciones o datos necesarios.

Esta tesis se constituye en Investigación documental

Según el autor (Santa palella y felibertoMartins (2010), define: La investigación documental se concreta exclusivamente en la recopilación de información en diversas fuentes. Indaga sobre un tema en documentos escritos u orales uno de los ejemplos más típicos de esta investigación son las obras de historia.

Se elaborara un diseño de biodigestor mediante la consulta de diferentes bibliografías documentales que brinden el material necesario para el desarrollo de esta propuesta.

Diseño de la Investigación

El diseño constituye la estructura de cualquier trabajo científico, esta brinda dirección y sistematiza la investigación. Es la estrategia que adopta el investigador para responder al problema, dificultad o inconveniente planteado en el estudio

En este trabajo se empleara el Diseño bibliográfico

Según el autor (Santa palella y felibertoMartins (2010)), define: el diseño bibliográfico, se fundamenta en la revisión sistemática, rigurosa y profunda del material documental de cualquier clase. Se procura el análisis de los fenómenos o el establecimiento de la relación entre

dos o más variables. Cuando opta por este tipo de estudio, el investigador utiliza documentos, los recolecta, selecciona, analiza y presenta resultados coherentes. (pa.87)

Se utiliza un diseño bibliográfico ya que se recolectara información mediante diferentes bibliografías para el desarrollo de una propuesta de un biodigestor

Población y muestra

Población

Según Arias (pi;1999:) se establece como población todo el personal tanto docente de la sede. Señala que la población "es el conjunto de elementos con características comunes que son objetos de análisis y para los cuales serán validas las conclusiones de la investigación.

La población a la cual se les brindara el prototipo de biodigestor es una población finita comprendida por los habitantes de la hacienda San Rafael

Muestra

Para Hurtado (1998:P77) consiste en las poblaciones pequeñas o finitas no se selecciona muestra alguna para no afectar la valides de los resultados para esta investigación se trabajara con una muestra de 3 personas a la cuales se les brindara la propuesta del prototipo de biodigestor

Técnicas e instrumento de recolección de datos

Técnica

La técnica es indispensable en el proceso de la investigación científica, ya que integra la estructura por medio de la cual se organiza la investigación. En este trabajo se utilizará la observacon, según Kerlinger (1985: p.338) ": es un procedimiento de recolección de datos e

información que consiste en utilizar los sentidos para observar hechos y realidades sociales presentes y a la gente donde desarrolla normalmente actividades. Mediante la observacion se busca recolectar información sobre cómo se puede elaborar un prototipo de biodigestor que funcione en la hacienda San Rafael

Se realizará una química fecal para evaluar los elementos que conforman las heces de los animales para así determinar la cantidad de biogás a producir.

Instrumentos

Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso del que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información, es decir, son los medios materiales, a través de los cuales se hace posible la obtención y archivo de la información requerida para la investigación. En este caso, será utilizado el cuaderno de notas como instrumento de recolección en este trabajo.

En cuanto a los instrumentos utilizados, en primer lugar se encuentra el cuaderno de notas, definido por Ortiz (2004) p. 8, como “la libreta en donde el observador anota todos las informaciones, datos, fuentes de información, referencias, expresiones, opiniones, hechos, entre otros, que considera de interés para su investigación” . Manifiesta Hurtado (2006) p. 67:

El instrumento, es el mecanismo que utiliza el investigador para recolectar y registrar la información obtenida. Al hablar de métodos e instrumentos de recolección de datos también se menciona el uso de fuentes primarias y secundarias; las primarias son la que obtienen información a través del contacto directo con el sujeto de investigación y son: observación, entrevista y cuestionario. Y las secundarias se refieren a la obtención de información a través de documentos.

Con respecto a lo anterior mediante el cuaderno de notas se escribirá la información mas relevante y los datos necesarios para la elaboración de un modelo prototipo de biodigestor.

Materiales y Métodos

En esta sección se recogen los puntos básicos que deben considerarse para realizar el correcto diseño del digestor además depende de múltiples parámetros, los cuales determinan dicho dimensionamiento.

Con la construcción del prototipo biodigestor de polietileno a escala piloto y de ser llevado a cabo, se garantiza la producción de biogás y biofertilizante para la hacienda San Rafael, además se toman en cuenta parámetros necesarios para el diseño general del biodigestor, como es el tiempo retención necesario para la degradación de la materia orgánica dentro de la cámara de digestión, se toma en cuenta cada una de las partes que lo componen y las condiciones de la zona.

Los materiales utilizados para el biodigestor a escala piloto son los siguientes:

- Caneca plástica con capacidad de 60 L.
- Adaptador de media pulgada.
- Dos neplos de media pulgada.
- Codo de 90º de media pulgada.
- Tee de media pulgada.
- Una llave de paso de media pulgada.
- Tuvo Pvc de media pulgada.
- Reducción rosca por fuera de media pulgada.
- Manguera de gas.

- Boquilla.
- Teflón o pega tubo.
- Botella plástica.

Reactivos

- Estiércol.
- Agua.

Montaje del Biodigestor a escala piloto.

Para realizar las instalaciones del biodigestor, hay que tener en cuenta que los accesorios de Pvc se encuentren herméticamente sellados con teflón o pega tubo, para no tener fugas cuando se empiece a generar biogás. Se hace un agujero en la tapa de la caneca plástica, se coloca el acople o adaptador de media pulgada, de tal modo que se eviten fugas de gas, procurando que debe estar bien fijo.

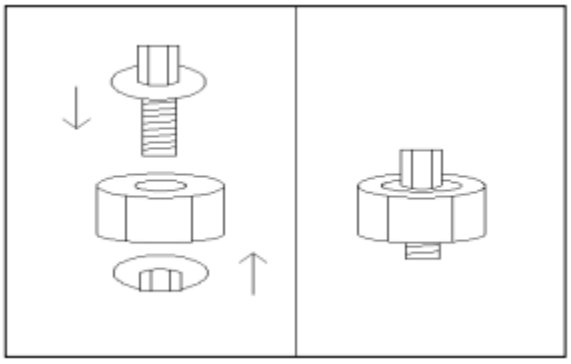


Figura 2. Instalación de Accesorios

Fuente. **Corona Ivan 2007**

Se coloca el neplo en la parte superior del adaptador, seguido del codo de 90º procurando que enrosque hasta el final.

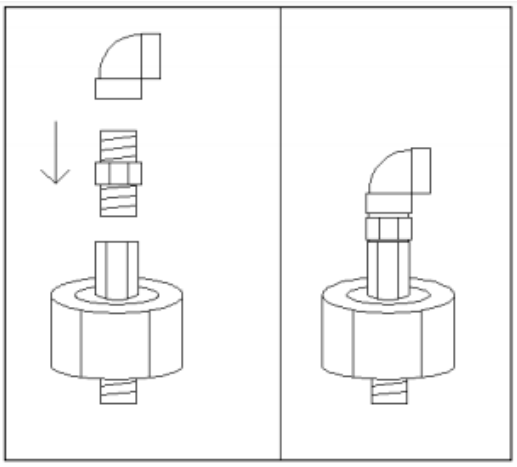


Figura 2.2. Instalacion de Accesorios

Fuente. Corona Ivan 2007

A continuación se toma el tubo Pvc de media pulgada y se coloca la Tee, el neplo, la llave de paso, la reducción y la manguera de gas con una boquilla, de la siguiente manera utilizando teflón o pega tubo.

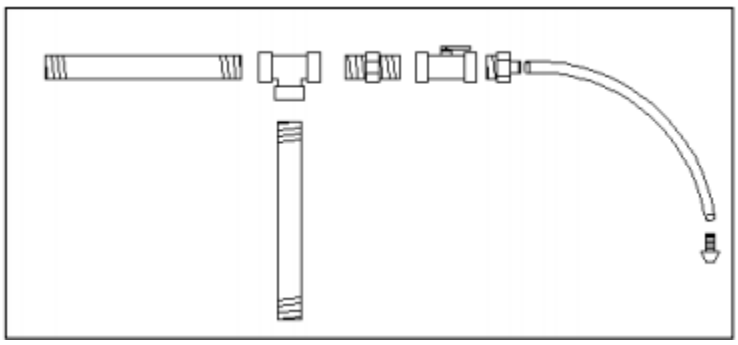


Figura 2.3. Instalación de Accesorios

Fuente.**CoronaIvan 2007**

Se coloca una botella plástica con un agujero en la parte superior, esta funcionará como una válvula de escape de gas cuando haya demasiada presión.

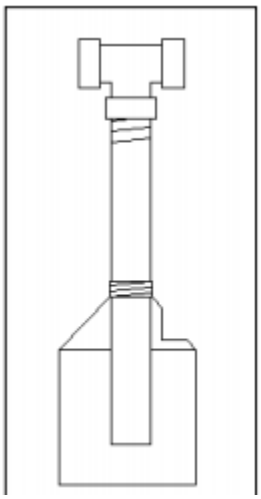


Figura 2.4. Instalación de Accesorios

Fuente. **Corona Ivan 2007**

Una vez armado el biodigestor a escala piloto y se procede a llenar el sustrato con una relación de 1:1 de estiércol – agua.

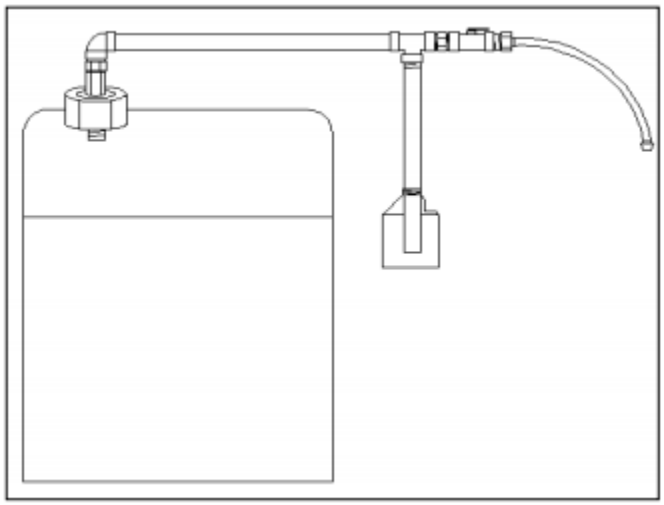


Figura 3. Biodigestor a escala piloto

Fuente. **Corona Ivan 2007**

CAPITULO IV

RESULTADO Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Cantidad del Sustrato.

Determinación densidad del estiércol.

Para el cálculo de la densidad del estiércol, se realizó una práctica para determinar el volumen que contiene una porción de estiércol fresco, esta práctica consiste en colocar 9 Kg de estiércol fresco en un recipiente cilíndrico graduado y con agua, de modo que al sumergir el estiércol se obtiene una altura h.

De esta manera se obtiene la altura de 0,24 m que alcanza los 9 kg de estiércol fresco al desplazar el agua, en un balde cilíndrico de diámetro de 0,22m. Para calcular el volumen del estiércol contenido en el cilindro se aplica la siguiente formula:

$$V = \pi r^2 h$$

Dónde:

π= valor de Pi.

r= radio del cilindro.

h=altura que alcanza el estiércol en el cilindro.

$$V = \pi r^2 h$$
$$V = \pi * 0.11m^2 * 0.24m$$
$$V = 9,123x10^{-3}m^3$$

Luego del volumen obtenido en la práctica, se procede al cálculo de la densidad a partir de la formula básica.

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Dónde:

ρ= densidad.
M= masa del estiércol.
V= volumen.

$$\rho = \frac{M}{V}$$

$$\rho = \frac{9Kg}{9,123x10^{-3}m^3}$$

$$\rho = 986,49\frac{Kg}{m^3}$$

La densidad del estiércol corresponde a 986,49Kg/m3 que es un valor aproximado al valor de la densidad del agua de 1.000Kg/m3.

Determinación de la cantidad del sustrato.

Para la cantidad de sustrato que va a ingresar en los 60 L de capacidad de la caneca, se toma en cuenta que el 75% de capacidad de la caneca corresponderá al sustrato, y el 25% restante al biogás, de esta se tiene lo siguiente.

$$Vs = Cc * 0.75$$

Donde:

Vs= volumen del sustrato.
Cc= capacidad de la caneca.

$$Vs = Cc * 0.75$$
$$Vs = 60L * 0.75$$
$$Vs = 45L$$

La cantidad de sustrato que ingresará en la caneca plástica será de 45 L, tomando en cuenta una relación de estiércol-agua de 1:1.

22.5 L de estiércol + 22.5 L agua = 45 L de sustrato

Utilizando la densidad del estiércol se transforma los 22,5 L de estiércol en Kilogramos, este valor da 22,2 Kg de estiércol, si utilizamos el valor de la densidad del agua, esta no influye de manera significativa en los valores de peso del estiércol y del agua, por lo que entonces que:

22.5 Kg de estiércol + 22.5 Kg agua = 45 Kg de sustrato

Es decir, se pesará 22.5 Kg de estiércol y se mezclará con 22.5 kilogramos o litros de agua.

Una vez realizado los cálculos y construido el biodigestor a escala piloto, se pone en marcha la digestión anaeróbica, se hace un monitoreo constante del proceso para establecer el número de días utilizados en la degradación y producción de biogás y fertilizante.

Una vez realizada la práctica se supone que el tiempo de retención necesario para la biodegradación de la materia orgánica en la hacienda San Rafael es de aproximadamente 40 días, este dato es esencial para el dimensionamiento, además de que se supone que se evidenciaría una muy buena producción de biogás, y lo más importante que se reduce la cantidad de estiércol generando disminución del sustrato.

Cálculos del Diseño

Cálculos de la generación de estiércol diario en la Hacienda San Rafael.

Para realizar el cálculo de la generación de estiércol que se produce diariamente en todo el rancho, se toma en cuenta el número de reses (33 cabezas de ganado), se toma el valor promedio de generación de estiércol por vaca/día (18.65Kg), y se procede a efectuar la operación.

$$E_{Tr} = E_{pV} * \#\, V_r$$

Dónde:

ETr = Cantidad total de estiércol generado en el rancho en un día.

EpV = cantidad promedio de estiércol generada por una vaca al día.

#Vr = número de cabezas de ganado disponible en el rancho.

$$E_{Tr} = E_{pV} * \#\, V_r$$
$$E_{Tr} = 18,65 Kg/v/dia * 33v$$
$$E_{Tr} = 615,45\ Kg/Dia$$

Calculo de la generación diaria de estiércol en el corral.

Para realizar el cálculo de la generación de estiércol que se produce diariamente en el rancho, se toma en cuenta el número de vacas (10 cabezas de ganado), adicionalmente se toma el valor promedio de generación de estiércol por vaca/día (18.65Kg), y se procede a efectuar la operación.

$$E_{Tc} = E_{pV} * \# V_c$$

Dónde:

ETc = Cantidad total de estiércol generado en el corral en un día.

EpV = cantidad promedio de estiércol generada por una vaca al día.

#Vc = número de cabezas de ganado disponible en el corral.

$$E_{Tc} = E_{pV} * \# V_c$$
$$E_{Tc} = 18,65 Kg/v/dia * 10v$$
$$E_{Tc} = 186,5\ Kg/Dia$$

Volumen disponible de Estiercol

El volumen disponible de estiércol hace referencia a la cantidad de excremento que está en condiciones de ser usada en su totalidad, a su vez se encuentre puro y sin residuos de tierra u otro material no degradable, de esta manera el volumen del estiércol usado es aquel producido por 10 cabezas de ganado que se encuentran en el corral, se toma el valor promedio de

generación de estiércol por vaca/día (18.65Kg), adicionalmente seusa el valor de la densidad del estiércol para transformar el peso en volumen

$$V_{EF} = \frac{E_{Tc}}{D}$$

Dónde:

VEF = volumen disponible de estiércol fresco.

ETc = Cantidad total de estiércol generado en el corral en un día.

D = Densidad del estiércol.

$$V_{EF} = \frac{E_{Tc}}{D}$$

$$V_{EF} = \frac{186,5\ Kg/Día}{1.000 Kg/m^3}$$

$$V_{EF} = 0,1865\ \frac{m^3}{día} = 186,5 \frac{L}{dia}$$

Volumen del Sustrato.

Se realiza la relación estiércol agua en base a la relación 1:1 de esta manera queda así:

$$V_s = V_{EF} + agua$$

Donde:

Vs=Volumen del sustrato

VEF = volumen disponible de estiércol fresco.

$$V_s = V_{EF} + agua$$

$$V_s = 186,5\frac{L}{dia} + 186,5\frac{L}{dia}$$

$$V_s = 373\frac{L}{dia}$$

Volumen del Biogas

$$186.5\frac{Kg\ EF}{Dia} * \frac{0.50\ Kg\ ST}{1Kg\ EF} * \frac{0.2\ m^3\ Biogás}{1\ Kg\ ST} = 18,65\ \frac{m^3\ biogas}{día} = 18.650\frac{L\ biogas}{día}$$

Volumen de carga.

Para la producción de biogás y bioabono, el tiempo de retención según las condiciones climáticas de la zona, y el resultado de la práctica del biodigestor a escala piloto son 40 días, a partir de este dato se considera un tiempo de alimentación de10 días.

$$V_{C_{10dias}} = 373\frac{L}{dia} * \#dia$$

Dónde:

VC10dias= Volumen de carga a los 10 días.

#días= números de días para realizar la carga del sustrato.

$$V_{C_{10dias}} = 373\frac{L}{dia} * \#dia$$

$$V_{C_{10dias}} = 373\frac{L}{dia} * 10\ dia$$

$$V_{C_{10dias}} = 3.730\ L$$

Adicionalmente se incluye al volumen de carga las siguientes consideraciones:

Factor de seguridad FS = 5%

Volumen de la parte gaseosa que corresponde a VG = 25%

De esta manera se tiene el volumen total del biodigestor con una carga del sustrato de 10 días.

$$V_{TD} = V_{C_{10dias}} * (F_s + V_G)$$

Dónde:

VTD= Volumen total del digestor.

VC10dias= Volumen de carga a los 10 días.

FS= factor de seguridad.

VG= volumen de la parte gaseosa.

$$V_{TD} = V_{C_{10dias}} * (F_s + V_G)$$

$$V_{TD} = 3.730L * 1.30$$

$$V_{TD} = 4.849\ L = 4,849\ m^3$$

Dimensionamiento del tanque del Biodigestor

Para diseñar el tanque biodigestor partimos del volumen total obtenido en la ecuación anterior que corresponde a 4.849 m3, se considera un diámetro de 2 m para diseños de tanques cilíndricos, y se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_{TD} = \pi r^2 h$$

Dónde:

V= volumen total del tanque biodigestor.

π = valor de Pi.

r = radio

h= altura.

$$V_{TD} = \pi r^2 h$$
$$4,849\ m^3 = \pi(1m)^2 h$$

Despejando h se tiene que:

$$h = \frac{4,849 m^3}{\pi(1m)^2}$$
$$h = 1,54m$$

Determinación de la eficiencia

Se determina la eficiencia con la que trabajará el biodigestor utilizando la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{\in P}{\in T} \times 100\%$$

Donde:

h=eficiencia del biodigestor.

E P= Energía Producida.

ET= Energía total.

Se calcula la energía que produce 1.865 Kg estiércol fresco, esta cantidad corresponde al estiércol utilizable para el dimensionamiento del biodigestor. Se utiliza un factor de conversión de $1m^3$de biogás → 6,5 Kw.h energía.

$$1.865\ \text{Kg EF} \times \frac{0,5\ \text{Kg ST}}{1\ \text{Kg EF}} \times \frac{0,2\text{m}^3\ \text{Biogas}}{1\ \text{Kg ST}} \times \frac{6,5\ \text{Kw.h}}{1\ \text{m}^3\ \text{Biogas}} = 1.212,25\ \text{Kw.h}$$

Se calcula la energía que produce 2.062,5 Kg estiércol fresco, esta cantidad corresponde al llenado del sustrato para el volumen nominal del tanque de polietileno, se utiliza un factor de conversión de $1m^3$de biogás → 6,5 Kw.h energía.

$$2.062,5\ \text{Kg EF} \times \frac{0,5\ \text{Kg ST}}{1\ \text{Kg EF}} \times \frac{0,2\text{m}^3\ \text{Biogas}}{1\ \text{Kg ST}} \times \frac{6,5\ \text{Kw.h}}{1\ \text{m}^3\ \text{Biogas}} = 1.340,63\text{Kw.h}$$

$$\eta = \frac{\in \mathbf{P}}{\in \mathbf{T}} \times \mathbf{100\%}$$

$$\eta = \frac{1.212{,}25\ \text{Kw.h}}{1.340{,}63\text{Kw.hT}} \times 100\%$$

$$\eta = 0.9042 \times 100\%$$

$$\eta = \mathbf{90{,}42\%}$$

Tabla n° 1. Caracterización del estiércol fresco en Hacienda San Rafael

Nº	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO PROMEDIO
1	Sólidos totales.	%	48,76
2	Materia orgánica.	%	26,53
3	Carbono orgánico total.	%	15,84
4	Nitrógeno total.	%	1,323
5	Fosforo.	mg/Kg	126,825
6	Potasio.	mg/Kg	15228,27
7	Manganeso.	mg/Kg	287,775
8	Zinc.	mg/Kg	102,51
9	Cobre.	mg/Kg	21,955
10	Hierro.	mg/Kg	1339,55
11	Humedad.	%	51,24
12	Coliformes totales.	Col/g	$1{,}935x^{6}$
13	Coliformes fecales.	Col/g	$1{,}225x^{6}$
14	Densidad.	Kg/m^3	986,49

Fuente: Quimica Fecal Realizada 2019

Tabla n° 2. Dimensionamiento del biodigestor

Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	RESULTADO
1	Estiércol diario del rancho.	Kg/día	615,45
2	Estiércol diario del corral.	Kg/día	186,5
3	Volumen disponible de estiércol.	L/día	186,5
4	Relación estiércol-agua	-	1:1
5	Volumen del sustrato	L/día	373
6	Volumen de carga en 10 días	L	3.730
7	Factor de seguridad	%	5
8	Volumen gas	%	25
9	Volumen total del biodigestor	L	4.849
10	Diámetro del biodigestor	m	2
11	Altura del biodigestor	m	1,54
12	Eficiencia	%	90,42

Fuente. Ana Gómez

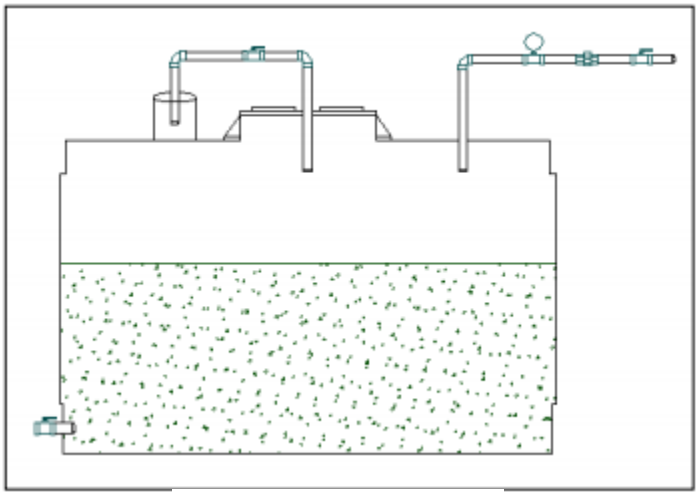
Propuesta

A través del diagnóstico se encontró que el principal problema en la hacienda San Rafael es la acumulación excesiva de estiércol depositado libremente en el ambiente, para lo cual se diseñó un sistema de biodigestores continuos, a fin de utilizar todo el material orgánico producido y minimizar significativamente el impacto.

Basados en los resultados del diámetro, altura y volumen total del biodigestor, se puede encontrar en el mercado tanques de polietileno de 5000 litros plastigama que se ajustan a las dimensiones.

Para el diseño se toma en cuenta el tiempo de retención de 40 días, se utiliza 4 tanques plastigama de 5000 litros, con un tiempo de carga del sustrato de 10 días, donde cada día ingresa al tanque 373 litros de sustrato. Cada tanque consta con una tubería para conducción de biogás, un manómetro, llaves de paso, una válvula de fuga de presión artesanal, y una tubería de desagüe como se muestra en el gráfico.

Grafico n° 1. Biodigestor de 5000L

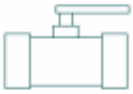
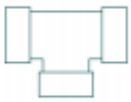
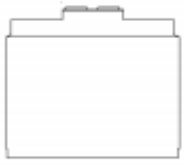


Fuente: Ana Gomez

En el diseño consta de una superficie plana preferiblemente de cemento de 18,5 m de largo 5 m de ancho, donde los tanques serán ubicados a 1m de distancia entre ellos, para facilitar la carga del sustrato en los tanques biodigestores.

Dentro de los materiales que se toman en cuenta para el diseño de cada uno de los tanques biodigestores y sus partes, se han seleccionados como alternativas viables y fácilmente accesibles en el mercado, esta lista compone los materiales importantes para su ensamblaje descritos en la siguiente tabla.

Tabla n.° 3 Materiales para el biodigestor

Material	Gráfico	Medida	Costo Unidad	Cantidad	Costo Total.
Codo 90º PVC		1 ½ Pulgada	4500	14	63000
Llave de paso PVC		1 ½ Pulgada	4500	19	85500
Manómetro PVC		1 ½ Pulgada	60000	4	240000
Tee 90º PVC		1 ½ Pulgada	8215	3	24645
Unión universal		1 ½ Pulgada	18750	8	150000
Tubo PVC		1 ½ Pulgada 6m	45000	4	180000
Tanque cilíndrico plastigama		5000 Litros.	290000	5	1450000

Tanque rectangular plastigama		500 Litros	100000	1	100000
Canal rectangular.		Rectangular 3m	55000	1	55000
Garrucha para riel		En V 200kg	13000	4	52000
Angulo de 90º lados iguales		60x60x4 Long. 6m	80000	5	400000
Tubo de acero cuadrado		50x50x4 Long. 6m	21498	3	64494
					2864639

Fuente: Ana Gómez

Análisis y discusión de los resultados

El estiércol de la hacienda San Rafael representan gran contenido de agua y materia orgánica, por lo cual, el 51,24% de humedad influye en la elección de la proporción de estiércol-agua, esto indica que los cálculos para determinar el volumen de carga del sustrato depende de la relación escogida para que el proceso de biodigestión resulte eficiente, adicionalmente cabe destacar que la densidad del estiércol fresco 986,49 Kg/m3 se acerca al valor de la densidad del agua, y se considera utilizar cualquiera de estas para realizar los cálculos respectivos. Los valores de los parámetros de la Materia orgánica, Carbono Orgánico Total, Nitrógeno Total, Fosforo disponible, Potasio, Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Microelementos (Cu, Fe, Mn, Zn), son parámetros exclusivos para la caracterización del estiércol de ganado vacuno, lo cual no influyen de manera directa en los cálculos para el dimensionamiento del biodigestor.

El tiempo de retención para la degradación biológica en la hacienda San Rafael de 40 días, a una temperatura promedio de 26ºC y relación 1:1 de estiércol fresco-agua, estos valores son específicos para la generación de los productos de la biodigestión en la zona

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

La utilización de biodigestores ofrece grandes ventajas para el tratamiento de los desechos orgánicos, además de disminuir la carga contaminante de los mismos, extrae gran parte de la energía contenida en el material mejorando su valor fertilizante controlando, de manera considerable, los malos olores.

El biodigestor es una tecnología que puede implantarse no solo en la parte rural sino también en la urbana porque no solo beneficia a los individuos sino que además se convierte en un proyecto ventajoso para la biodiversidad y la sostenibilidad de la misma.

Con este modelo prototipo se demostró unas de las ventajas y beneficio del biogás frente a las problemáticas actuales de los combustibles (la posible extinción del petróleo, la incomodidad de la energía solar, los precios de generar energías eólicas, hidrólicas; la muerte práctica del carbón, etc...).

Es un recurso barato ya que permite a la población rural abastecerse de energía, un digestor y la vez reutiliza los desechos. También se puede usar en ambientes urbanos, sirviendo como gran reciclador de materia. Otra de las grandes ventajas de este método es que los residuos materiales que quedan de la fermentación son absolutamente útiles ya que funcionan como abono.

La elaboración de un modelo prototipo de un biodigestor fue posible gracias a una investigación documental que permitió recolectar todos los datos necesarios para plantear dicha propuesta.

El modelo de biodigestor seleccionado fue un biodigestor de polietileno a escala piloto, que debido a los materiales que se necesitan es el biodigestor más económico y mas fácil de elaborar.

En conclusión la elaboración del prototipo de biodigestor a escala piloto para la hacienda san Rafael se elaboró llevando a cabo una recolección documental y sometiendo a análisis el área y los animales que habitan allí, para de esta manera poder sacar un cálculo aproximado de la cantidad de biogás que se produciría y así garantizar su funcionamiento.

RECOMENDACIONES.

Se recomienda evaluar los beneficios económicos y ambientales que se obtendrían de la implementación y puesta en marcha de los biodigestores propuestos para el tratamiento de la materia orgánica generada.

En caso de implementarse la propuesta, es importante tener en cuenta que para el tratamiento del estiércol y orina de los vacunos y porcinos, éste se debe realizar de forma separada, debido a la diferencia en el parámetro relación carbono nitrógeno que presentan, otra razón fundamental es el alto contenido de humedad que presentan las excretas de los porcinos. Además no se pueden agregar al proceso de digestión aguas que se generan en el proceso de lavado con detergentes y/o desinfectantes, ya que podría ser fatal para las bacterias y afectarían la eficiencia en el tratamiento.

En caso de seguir con la disposición actual que se le está dando a las excretas, es importante que el almacenamiento de las mismas, se realice por un periodo no mayor a tres días, esto con el fin de evitar la proliferación de olores y vectores de enfermedad y presencia de roedores en la zona. Además hacer seguimiento a la disposición final que le está dando el tercero a las excretas, esto con el fin de garantizar que no se esté causando daño al medio ambiente.

Sería de gran importancia difundir la información de posibles implementaciones de esta tecnología en otros sectores donde se pueda aprovechar materia orgánica, además de ser una buena opción para suplir un consumo energético también ayuda a la disminución de residuos, baja la carga contaminante en cuerpos de agua, sirve para generar sustratos como el bioabono benéficos para otro sector y por último disminución del efecto invernadero.

Se recomienda crear conciencia a través de talleres y capacitaciones a todo el personal de las empresas que realicen labores cerca de los cuerpos de agua, y explicar los impactos ambientales de sus procesos y los daños causados por ellos mismos, además las diferentes alternativas de minimización y bajos costos de implementación.

Es de vital importancia incentivar el seguimiento por parte de los entes de control gubernamental en cuanto al cumplimiento de leyes y alternativas de mitigación de impactos ambientales en el sector.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Biodigestor. Biodigestores (2014). Disponible en:

https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10722/Biodigestores.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Consulta (Mayo 2019)

Biodigestores. ¿Qué es y cómo funciona un biodigestor? (2015). Disponible en:

https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10722/Biodigestores.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Consulta (Mayo 2019)

Biodigestor. Biodigestor Ecotecnologia (2016). Disponible en

http://ecotec.unam.mx/Ecotec/ecoteca/biodigestores-2

Consulta (Mayo 2019)

Prototipo de Biodigestores. Modelo escala de biodigestor (2012). Disponible en:

http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/cusco_cedepac/construccion_evaluacion-fredy_almanza.pdf

Consulta (Mayo 2019)