



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR PILOTO UNIFAMILIAR PARA LA
OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIOGÁS DE USO CALORÍFICO A BASE
DE ESTIÉRCOL VACUNO”**

Autores:

Chacha Pumasunta Jesús Manuel
Flores Erreyes Alex Danilo

Tutor:

Ing. Carlos Alfredo Espinel Cepeda

Latacunga - Ecuador
2017



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Chacha Pumasunta Jesús Manuel con número de C.I. 020293369-0 y Flores Erreyes Alex Danilo con número de C.I. 050328598-3, con el Título de Proyecto de Investigación:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR PILOTO UNIFAMILIAR PARA LA OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIOGÁS DE USO CALORÍFICO A BASE DE ESTIÉRCOL VACUNO”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo tanto expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 15 de febrero de 2017

Para constancia firman:

Dr. Enrique Torres
PASS. I731909
LECTOR 1 (Presidente)

Dr. Hector Laurencio
PASS: I712813
LECTOR 2

Dr. Juan Mato Tamayo
C.C. 1756944284
LECTOR 3



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros **Chacha Pumasunta Jesús Manuel** y **Flores Erreyes Alex Danilo** declaro ser autor (a) del presente proyecto de investigación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR PILOTO UNIFAMILIAR PARA LA OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIOGÁS DE USO CALORÍFICO A BASE DE ESTIÉRCOL VACUNO”**, siendo Ing. Carlos Alfredo Espinel Cepeda director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Chacha Pumasunta Jesús Manuel

C.I 050293369-0

Flores Erreyes Alex Danilo

C.I 050328598-3



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR PILOTO UNIFAMILIAR PARA LA OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIOGÁS DE USO CALORÍFICO A BASE DE ESTIÉRCOL VACUNO”, de Chacha Pumasunta Jesús Manuel y Flores Erreyes Alex Danilo, de la carrera Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 15 febrero 2017

Ing. Carlos Alfredo Espinel Cepeda
Tutor del Trabajo de Investigación



Ingeniería
Electromecánica

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Con el presente documento, hago constar que los estudiantes: Chacha Pumasunta Jesús Manuel y Flores Erreyes Alex Danilo de la carrera Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Implementaron en mi propiedad un proyecto cuyo título: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR PILOTO UNIFAMILIAR PARA LA OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIOGÁS DE USO CALORÍFICO A BASE DE ESTIÉRCOL VACUNO”**, Ubicado en la Hacienda de la familia Terán, Sector La Dolorosa, Parroquia Belisario Quevedo, de la ciudad de Latacunga.

Los autorizo para que usen el presente documento para cualquier fin legal pertinente.

Los autorizo para que usen el presente documento para cualquier fin legal pertinente de la Universidad.

Latacunga, 19 Enero del 2017

Sr. CRISTOBAL GUILLERMO TERAN SIERRA

C.C. 050001229-9

PROPIETARIO DE LA HACIENDA

v

AGRADECIMIENTO

Agradezco inmensamente a Dios por darme fuerza y sabiduría, a la UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI por abrirme sus puertas para estudiar y ser un profesional, en especial al Ing. Álvaro Mullo, agradezco también de todo corazón al Ing. Roberto Rosero y al Dr. MsC. Edgar Chacha por brindarme sus conocimientos y experiencia, a mis compañeros de curso por su amistad y las experiencias más hermosas que hemos compartido, y por último quiero agradecer a mi Tutor del Proyecto Ing. Carlos Alfredo Espinel Cepeda Por la paciencia y por el apoyo incondicional para sacar adelante la investigación.

Jesús

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, doy gracias a Dios, por no haberme dejado solo en tiempo de crisis y angustia, a mi madre por estar a mi lado, darme ánimos para seguir adelante y no decaer y ser el pilar fundamenta en mi formación. Agradezco de todo corazón al Ing. Álvaro Mullo, Ing, Galo Gallo y al Ing. Christian Vaca por apoyarme de distintas maneras para sacar adelante este proyecto. A mis hermanos Renato, Humberto, Marcelo y Marcia Flores que en ciertas etapas de mi formación me supieron ayudar de diferentes maneras. De manera especial a mi amigo Jesús Chacha y a toda su familia por haberme apoyado en todo este proyecto. Y por último A mi tutor Ing. Carlos Espinel por la paciencia y el apoyo.

Alex

DEDICATORIA

Dedico este Proyecto de investigación A Dios por permitirme llegar a esta instancia con salud para conseguir el sueño anhelado, a mi querida madre Margarita por el apoyo incondicional en todo momento, su infinito amor, sus consejos y enseñanzas de valores que me permiten ser una persona de bien, a mi padre Juan por enseñarme el valor del trabajo y la perseverancia, sus sabios consejos en momentos dolorosos y difíciles, y por transmitirme toda su experiencia para buscar soluciones en la vida, a mis hermanos Enrique y Fabián por el apoyo mutuo en las buenas y malas situaciones y por el cariño inmenso.

Jesús

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi Dios, por darme salud y perseverancia para sacar adelante este sueño anhelado y darme fuerzas para no desmayar ante las adversidades de la vida. A Rosa Erreyes, mi hermosa madre que desde siempre me inculco buenos valores y humildad. A mi padre Gustavo Flores, que desde niño me enseñó a trabajar duro y ganarme el pan de cada día con esfuerzo y dedicación. A mis hermanos: Renato, Humberto, Marcelo y Marcia Flores que siempre creyeron en mí e influyeron en mi educación académica y personal. A mis compañeros y amigos de toda la vida con los cuales vivimos experiencias únicas.

Alex

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|------|
| CARATULA..... | i |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN..... | ii |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA | iii |
| AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | iv |
| AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | v |
| ÍNDICE DE CONTENIDO | x |
| INDICE DE FIGURAS | xiii |
| ÍNDICE DE TABLAS | xiv |
| 1. INFORMACIÓN GENERAL | 1 |
| 2. RESUMEN:..... | 2 |
| 3. JUSTIFICACIÓN:..... | 3 |
| 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO | 4 |
| 5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 4 |
| 6. OBJETIVOS | 5 |
| General..... | 5 |
| Específicos | 5 |
| 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACION A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS. | 6 |
| 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA | 7 |
| El estiércol | 7 |
| Composición química del estiércol | 7 |
| Estiércol disponible | 8 |
| Relación carbono – nitrógeno (C: N)..... | 9 |
| La temperatura | 10 |
| Tiempo de retención hidráulico | 10 |
| Digestión anaeróbica..... | 11 |

| | |
|--|----|
| Fases de la digestión anaeróbica | 12 |
| Biogás | 15 |
| Composición del biogás | 16 |
| Usos el biogás..... | 16 |
| Filtro para la eliminación de ácido sulfhídrico (H ₂ S) | 17 |
| Válvula de seguridad..... | 18 |
| El pH..... | 19 |
| Biodigestor | 19 |
| Tipos de Digestores..... | 20 |
| Digestores de estructura flexible (plantas de globo) | 20 |
| Digestores de domo fijo | 20 |
| Digestores de tambor flotante | 21 |
| Conceptos de diseño de un Biodigestor. | 22 |
| Volumen de carga diaria de entrada..... | 22 |
| Volumen total de fermentación | 22 |
| Volumen total..... | 23 |
| Diámetro de la estructura tubular | 23 |
| Longitud de la estructura tubular | 23 |
| Tubería de conducción de gas. | 24 |
| Códigos de colores para la señalización de tuberías | 25 |
| 9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS..... | 25 |
| Hipótesis | 25 |
| Variable independiente..... | 26 |
| Variable dependiente..... | 27 |
| Selección de hipótesis | 28 |
| 10. METODOLOGIAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL | 28 |
| Metodologías..... | 28 |

| | |
|--|----|
| Método Experimental..... | 28 |
| Implementación del Proyecto. | 28 |
| Caracterización del estiércol fresco..... | 28 |
| Selección del lugar. | 29 |
| Cálculos del diseño..... | 30 |
| Caracterización del biogás | 38 |
| Calculo del diámetro de la tubería para el transporte del Biogás..... | 39 |
| Planos del Biodigestor..... | 40 |
| 11. DESARROLLO DE LA PROPUESTA | 40 |
| Temperatura y Humedad relativa en el biodigestor | 40 |
| Comparación del Biogás generado por el Biodigestor con relación al GLP | 42 |
| Monitoreo del pH..... | 44 |
| 12. IMPACTOS | 45 |
| Técnicos | 45 |
| Ambientales | 45 |
| 13. PRESUPUESTO DEL PROYECTO..... | 45 |
| 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 47 |
| Conclusiones | 47 |
| Recomendaciones | 47 |
| 15. BIBLIOGRAFÍA. | 48 |
| 16. ANEXOS | 49 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Fases de la digestión anaerobia..... | 12 |
| Figura 2: Hidrólisis o solubilización..... | 13 |
| Figura 3: Acidificación..... | 14 |
| Figura 4: Metanización..... | 15 |
| Figura 5: Esquema del uso de biogás..... | 17 |
| Figura 6: Composición del biogás en función del pH..... | 19 |
| Figura 7: Biodigestor de polietileno..... | 20 |
| Figura 8: Esquema de un biodigestor de domo fijo..... | 21 |
| Figura 9: Esquema de domo flotante..... | 21 |
| Figura 10: Codificación de colores para fluidos en una tubería..... | 25 |
| Figura 11: Selección del lugar para el biodigestor..... | 30 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Beneficiarios directos e indirectos. | 4 |
| Tabla 2: Actividades relacionadas con los objetivos..... | 6 |
| Tabla 3: Composición química (%) del estiércol de vaca lechera..... | 7 |
| Tabla 4: Producción de estiércol fresco diario. | 8 |
| Tabla 5: Relación carbono a nitrógeno de las materias primas (aproximación). | 9 |
| Tabla 6: Ecorregiones según temperatura ambiente y altura..... | 10 |
| Tabla 7: Tiempo de retención en distintos tipos de estiércol. | 11 |
| Tabla 8: Tiempo de retención según la temperatura. | 11 |
| Tabla 9: Composición del Biogás..... | 16 |
| Tabla 10: Operacionalización de la variable independiente..... | 26 |
| Tabla 11: Operacionalización de la variable dependiente..... | 27 |
| Tabla 12: Caracterización del estiércol vacuno..... | 29 |
| Tabla 13: Cuantificación del estiércol fresco diario..... | 31 |
| Tabla 14: Cuantificación del estiércol en base al peso de la vaca..... | 31 |
| Tabla 15: Composición del biogás. | 38 |
| Tabla 16: Propiedades del biogás. | 38 |
| Tabla 17: Parámetros dentro del biodigestor y el invernadero..... | 40 |
| Tabla 18: Consumo de biogás ante el GLP. | 42 |
| Tabla 19: Rangos de pH en un tiempo determinado. | 44 |
| Tabla 20: Presupuesto del proyecto..... | 46 |

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR PILOTO UNIFAMILIAR PARA LA OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIOGÁS DE USO CALORÍFICO A BASE DE ESTIÉRCOL VACUNO.”

Autor/es: Chacha Pumasunta Jesús Manuel
Flores Erreyes Alex Danilo

RESUMEN

El estiércol generado por el ganado vacuno en la zona rural no es aprovechado de la mejor manera, los agricultores lo utilizan como abono para las siembras, desconociendo totalmente sus efectos negativos en el medio ambiente, además el inconveniente que tienen para transportar una fuente de energía térmica que es utilizada para uso doméstico, con estos parámetros analizados surgió la iniciativa de implementar un biodigestor de polietileno en base a estiércol vacuno para la generación de biogás en la Hacienda Terán ubicada en el sector La Dolorosa, Parroquia Belisario Quevedo, el cual se fundamenta en el proceso de digestión anaeróbica, además con la investigación se reforzó conocimientos sobre energías renovables en zonas rurales y un gran impacto y progreso en el cambio de la matriz energética, como punto de partida se analizó el estiércol fresco, obteniendo 13,7 % de sólidos totales, 25:1 en relación de C: N necesarios para los cálculos de dimensionamiento y otros elementos utilizados en la caracterización, además se estableció 100 kg de mezcla con la cuantificación del estiércol en un periodo de 10 días, para elevar las bajas temperaturas de la región se construyó un invernadero obteniendo un promedio de 25,38°C, un tiempo de retención de 30 días y una temperatura mínima de 18,1° C el cual está dentro de los parámetros establecidos para la generación de biogás. Con estos parámetros se dimensionó una biobolsa de 4,25 m³, se realizaron pruebas de cocción al biogás y al GLP hasta los 80° C obteniendo mayor tiempo el Biogás y se le recomendó a la familia la aplicación y difusión del proyecto por todo el sector, y que los residuos diarios del Biodigestor sean aprovechados en las siembras, ya que les sirve como Biofertilizante.

Palabras clave: Implementación, Estiércol, Digestión Anaeróbica, Temperatura. Biogás.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF SCIENCE AND ENGINEERING APPLIED

TITLE: “INSTALLATION OF A UNIFAMILIARY PILOT BIODIGESTOR IN ORDER TO OBTAIN AND CHARACTERIZATION OF BIOGAS USING CALORIFIC BASED ON MANURE BOVINE”.

Authors: Chacha Pumasunta Jesus Manuel
Flores Erreyes Alex Danilo

ABSTRACT

The manure generated by the cattle in the rural area is not used in the best way, the farmers use it as fertilizer for the sowing, they do not know its negative effects on the environment, besides the inconvenience they have to transport a thermal energy source that is used for domestic, with these elements analyzed appear the initiative to implement a polyethylene biodigester based on bovine manure for the biogas generation in Hacienda Terán located in La Dolorosa, Belisario Quevedo Parish, which it is based in the process of anaerobic digestion, in addition to the research was reinforced knowledge about renewable energy in rural areas and a great impact and progress in the change of matrix energy, as a starting point was analyzed fresh manure, obtaining 13.7% of total solids, 25: 1 in relation to C: N necessary for sizing calculations and other elements used in the characterization, in addition it established 100 kg of mixture with the quantification of the manure in a period of 10 days, in order to elevate the low temperatures of the region, it built a greenhouse for obtaining an average of 25.38 ° C, a retention time of 30 days and a minimum temperature of 18.1 ° C which is within the established parameters for the generation of biogas. With these parameters it dimensioned a bio-bag of 4.25 m³, it performed cooking tests biogas and the GLP until 80 ° C, obtaining a longer time the biogas and it recommended to the family the application and diffusion of the research around the area, and that the daily residues of the Biodigester are used in the sowing, because it serves as Bio fertilizer.

Key words: Installation, Manure, Anaerobic Digestion, Temperature. Biogas.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen del Proyecto de Titulación II, al Idioma Inglés presentado por los señores: Chacha Pumasunta Jesús Manuel y Flores Erreyes Alex Danilo: Egresados de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: cuyo título versa **“IMPLEMENTACION DE UN BIODIGESTOR PILOTO UNIFAMILIAR PARA LA OBTENSION Y CARACTERIZACION DE BIOGAS DE USO CALORIFICO A BASE DE ESTIERCOL VACUNO”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, 19 de Enero del 2017

Atentamente,


Lic. M. Sc. Sonia Jimena Castro Bungacho
DOCENTE CARRERA DE INGLÉS
C.C. 0501974729

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR PILOTO UNIFAMILIAR PARA LA OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIOGÁS DE USO CALORÍFICO A BASE DE ESTIÉRCOL VACUNO”

Fecha de inicio: Junio 2016

Fecha de finalización: Enero - 2017

Lugar de ejecución:

Sector La Dolorosa – Belisario Quevedo – Latacunga – Cotopaxi - Zona 3 - Universidad Técnica de Cotopaxi.

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Carrera de Ingeniería Electromecánica

Coordinadores:

Los estudiantes que desarrollan el trabajo de investigación.

Nombre/s: Chacha Pumasunta Jesús Manuel

Teléfonos: 0987202035

Correo electrónico: jevus.27@gmail.com

Área de Conocimiento:

Ingeniería y profesiones afines

Nombre/s: Flores Erreyes Alex Danilo

Teléfonos: 0998926399

Correo electrónico: lex_9850hotmail.com

Área de Conocimiento:

Ingeniería y profesiones afines

Equipo de trabajo.

Nombre/s: Ing. Carlos Alfredo Espinel Cepeda

Teléfonos: 0984744165

Correo electrónico: espinelc.caec@gmail.com

Área de Conocimiento:

Ingeniería y profesiones afines

Línea de investigación:

El proyecto de investigación se enfoca en los lineamientos de investigación de la Universidad “promover el aprovechamiento de las energías renovables, eficiencia energética, control y protección del medio ambiente.”

Sublínea de investigación de la carrera:

Implementación y utilización de fuentes alternativas de generación de energía.

PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR

Programa de Gobierno 2013-2017 define cambios en la estructura productiva para diversificar la economía, dinamizar la productividad, garantizar la soberanía nacional en la producción y el consumo internos, y salir de la dependencia primario-exportadora.

La conformación de nuevas industrias y el fortalecimiento de sectores productivos con inclusión económica en sus encadenamientos, apoyados desde la inversión pública, nueva inversión privada, las compras públicas, los estímulos a la producción (CEPAL, 2012b), y la biodiversidad y su aprovechamiento 29 (Senplades, 2009), potenciarán la industria nacional, sustituirán importaciones y disminuirán la vulnerabilidad externa.

POLÍTICA

Diversificar y generar mayor valor agregado en la producción nacional.

2. RESUMEN:

El estiércol generado por el ganado vacuno en la zona rural no es aprovechado de la mejor manera, los agricultores lo utilizan como abono para las siembras, desconociendo totalmente sus efectos negativos en el medio ambiente, además el inconveniente que tienen para transportar una fuente de energía térmica que es utilizada para uso doméstico, con estos parámetros analizados surgió la iniciativa de implementar un biodigestor de polietileno en base a estiércol

vacuno para la generación de biogás en la Hacienda Terán ubicada en el sector La Dolorosa, Parroquia Belisario Quevedo, el cual se fundamenta en el proceso de digestión anaeróbica, además con la investigación se reforzó conocimientos sobre energías renovables en zonas rurales y un gran impacto y progreso en el cambio de la matriz energética, como punto de partida se analizó el estiércol fresco, obteniendo 13,7 % de sólidos totales, 51,49 % de humedad necesarios para los cálculos de dimensionamiento y otros elementos utilizados en la caracterización, además se estableció 100 kg de mezcla con la cuantificación del estiércol en un periodo de 10 días, para elevar las bajas temperaturas de la región se construyó un invernadero obteniendo un promedio de 25,38°C, un tiempo de retención de 30 días y una temperatura mínima de 18,1° C el cual está dentro de los parámetros establecidos para la generación de biogás. Con estos parámetros se dimensionó una biobolsa de 4,25 m³, se realizó pruebas de cocción al biogás y al GLP hasta los 80° C obteniendo mayor tiempo el Biogás y se le recomendó a la familia la aplicación y difusión del proyecto por todo el sector, y que los residuos diarios del Biodigestor sean aprovechados en las siembras, ya que les sirve como Biofertilizante.

3. JUSTIFICACIÓN:

La progresiva demanda de recursos energéticos en las áreas rurales es debida al desarrollo del país en los últimos años, llevando consigo un incremento de problemas que son notorios y que perturban el bienestar del planeta y la humanidad, esta situación actual se debe al cambio climático, la contaminación de suelos, aire atmosférico y ríos causados por los residuos sólidos vacunos que generan gases de invernadero y presencia de agentes patógenos, además la difícil situación de obtención del GLP (gas licuado de petróleo) utilizado para uso doméstico.

Las energías alternativas tiene un gran impacto y progreso en el cambio de la matriz energética y cuidado al medio ambiente, una alternativa para tratar los residuos sólidos vacunos, es el uso de un Biodigestor, que tiene como función principal la supresión de la contaminación producida en los sitios de albergue de la especie vacuna, ríos y terrenos donde se las esparce, además las zonas rurales donde se implementará el Biodigestor necesitan poseer autonomía energética, garantizando una buena calidad de vida.

Los sistemas de tratamientos de residuos sólidos son esenciales e importantes en el control de la contaminación ambiental, su desarrollo se ha encaminado hacia una optimización

tecnológica, por medio de la emulación de los procesos que ocurren en la naturaleza, como el proceso anaeróbico por el cual permite conseguir Biogás que nos permitirá no solo la generación de energía, sino que también puede ser utilizado como gas doméstico para la cocción de alimentos, además se obtendrá del proceso el abono natural que puede ser utilizado como biofertilizante.

De los problemas encontrados nace la idea de crear nuevas alternativas de manejo ambiental para los residuos orgánicos generados por la actividad ganadera, creando así una nueva alternativa para la generación de energía renovable y amigable con el ambiente.

La implementación del biodigestor en el establo de la hacienda, generará biogás y abono orgánico, se podrá satisfacer necesidades básicas de la hacienda y sectores adjuntos, beneficiando la productividad de sus cultivos y cuidando al medio ambiente.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1: Beneficiarios directos e indirectos.

| Beneficiarios Directos | Beneficiarios Indirectos |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Sr. Guillermo Terán y su esposa(Propietarios.) • Sr. Manuel Plasencia (Cuidador del establo.) | <ul style="list-style-type: none"> • Jesús Chacha y Flores Alex (Equipo de investigación.) • Familias aledañas al lugar. |

Fuente: Grupo de investigación.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La producción ganadera en el mundo se ha ido incrementando paulatinamente lo cual produce grandes cantidades de materia orgánica (Estiércol), afectando al ecosistema del planeta, contaminando grandes y pequeñas extensiones de agua, degradación de las tierras y la pérdida de la biodiversidad.

Desde décadas atrás el combustible fósil es una de las principales fuentes de energía, pero al momento de la combustión genera demasiada contaminación del ambiente, contribuyendo al calentamiento global del planeta. En las parroquias rurales del Cantón Latacunga utilizan el estiércol vacuno como abono para la agricultura, este abono es beneficioso para los terrenos

porque aportan nutrientes como nitrógeno y fosforo, además aumenta la capacidad de retención del agua.

Debido a la acumulación de esta materia genera un desequilibrio en tales nutrientes provocando la erosión del suelo y posible muerte de las plantas, también al ser expuestas a factores como el agua, sol y viento que traen como consecuencia contaminación del agua, malos olores, agentes patógenos no deseados y gases que contribuyen al efecto invernadero.

Y por eso acorde a la necesidad de mejorar el proceso de tratamiento del estiércol a través de un biodigestor, el mismo que da a lugar a implementar esta tecnología en otros sectores.

6. OBJETIVOS

General

Implementar un biodigestor piloto unifamiliar para la obtención y caracterización de biogás de uso calorífico a base de estiércol vacuno en el establo de la familia Terán en el Sector de La Dolorosa, Parroquia Belisario Quevedo, Cantón Latacunga.

Específicos

- Recopilar información de fuentes bibliográficas para el análisis y el desarrollo del proyecto.
- Utilizar los parámetros establecidos de construcción para la construcción del biodigestor unifamiliar.
- Realizar pruebas de cocción para la comparación con otra fuente de energía.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACION A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

Tabla 2: Actividades relacionadas con los objetivos.

| Objetivo 1 | Actividad | Resultado de la actividad | Descripción de la metodología por actividad |
|--|---|---|--|
| Recopilar información de fuentes bibliográficas para el análisis y el desarrollo del proyecto. | Recopilar datos de libros y páginas electrónicas. | Información acerca de los tipos de biodigestores, estiércol y manuales de diseño. | Investigación de Campo |
| Utilizar los parámetros establecidos de construcción para la construcción del biodigestor unifamiliar. | Diseño del sistema del Biodigestor | Biodigestor de polietileno e invernadero. | Investigación Experimental |
| Realizar pruebas de cocción para la comparación con otra fuente de energía. | Prácticas con el Biogás generado. | Tablas comparativas | Investigación de Experimental |

Fuente: Grupo de investigación.

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

El estiércol

Es una mezcla de materia fecal y alimento rechazado, procedente del tracto digestivo de los animales, contienen residuos no digeridos de alimentos, y factores digestivos como enzimas, jugos gástricos, pancreáticos y células muertas de la mucosa intestinal, bacterias vivas y muertas del colon y productos del desecho del metabolismo (Durán, 2012).

Progresivamente, el cambio de la matriz energética ha permitido desarrollar y estudiar nuevas fuentes de energía, enfocándose más en las renovables, de ahí radica la importancia de la materia orgánica como lo es el estiércol de ganado vacuno, con un debido tratamiento se puede obtener biogás para satisfacer necesidades familiares e industriales, además proporciona un excelente fertilizante debido a su alto contenido en nitrógeno y sólidos totales.

Composición química del estiércol

Estiércol no es sólo materia fecal. Son subproductos de la producción ganadera que incluyen excremento animal, material de cama, agua de lavado, alimento salpicado, limpiadores y pelos. Su composición varía entre límites muy grandes, dependiendo de la edad, clase y características de los animales, cantidad y digestibilidad del forraje, alimentos concentrados consumidos por el ganado, cantidad y tipo de cama, duración, forma de almacenamiento y método de manejo del estiércol (ACPA, 2009).

Tabla 3: Composición química (%) del estiércol de vaca lechera.

| Materia Orgánica | Nitrógeno (N) | Fósforo (P) | Potasio (K) | Calcio (Ca) | Magnesio (Mg) | Humedad |
|-------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------|
| 36,1 | 1,51 | 1,20 | 1,51 | 3,21 | 0,53 | 25,5 |

Fuente: (ACPA, 2009).

Mediante un análisis físico-químico del estiércol del ganado vacuno de la Hacienda, se podrá caracterizar y obtener parámetros para la construcción del biodigestor, existen tablas realizadas

por otros investigadores sobre el análisis de muestras de estiércol de la misma especie, pero en climas calientes y con distinto tipo de alimentación.

Estiércol disponible

El estiércol disponible del ganado de pastoreo depende del peso del ganado, además como son de pastoreo no se aprovechará al 100%, debido a que se mezcla con otros elementos como la tierra, para el biodigestor se necesitará el estiércol lo más puro posible. Según (Botero & Preston, 1987). “La cantidad de estiércol producido por las diferentes especies animales varían con el peso y con la cantidad de alimento consumido” (p 13). Razón por la cual se trabaja solo con el generado por las noches en establo de piso de cemento

De manera general, hay que calcular cuánto estiércol se dispone al día. Para ello hay que considerar el manejo del ganado que se realiza, ya que, si es de pastoreo, el ganado duerme en la noche en un corral cercano a la vivienda, y solo se podrá recoger el 25% del estiércol producido por animal a lo largo del día (Herrero, 2008).

Tabla 4: Producción de estiércol fresco diario.

| Ganado | Kg de estiércol fresco producido por cada 100 Kg de peso del animal |
|---------------|--|
| Cerdo | 4 |
| Bovino | 8 |
| Caprino | 4 |
| Conejos | 3 |
| Equino | 7 |
| Humano adulto | 0,4 Kg por adulto |
| Humano niño | 0,2 Kg por niño |

Fuente: (Herrero, 2008).

Otra manera de determinar la cantidad de estiércol diario disponible es cuantificando al estiércol, se recoge por las mañanas mediante un determinado tiempo(días), después del traslado del ganado hacia el sector de ordeño, con el propósito de establecer un resultado promedio y real para el dimensionamiento del biodigestor.

Relación carbono – nitrógeno (C: N)

Para el proceso de biodigestión anaerobia, se deberá considerar la relación de nutrientes encontrada en el influente. Esta puede expresarse en función de la relación carbono-nitrógeno. Cuando esta relación es más alta (C: N > 30:1), existirá en el sistema una gran concentración de Ácidos Grasos Volátiles que inhibirán las etapas microbiológicas del sistema. En caso contrario (C: N < 20:1), la alta concentración de compuestos nitrogenados, también inhibirá la producción de biogás (SEMARNAT; SAGARPA, 2010).

La relación óptima para es C: N > 25:1, o que estece en el rango de establecido, por lo cual es necesario el análisis físico – químico del laboratorio, con el propósito de garantizar la generación de biogás y poner en marcha el proyecto.

Tabla 5: Relación carbono a nitrógeno de las materias primas (aproximación).

| Materias primas | Contenido de carbono de las materia primas por peso (%) | Contenido de nitrógeno de las materias primas por peso (%) | Relación carbono a nitrógeno (C/N) |
|-----------------------------|--|---|---|
| Paja seca de trigo | 46 | 0,53 | 87:1 |
| Paja seca de arroz | 42 | 0,64 | 67:1 |
| Tallo del maíz | 40 | 0,75 | 53:1 |
| Hojas secas | 41 | 1,00 | 41:1 |
| Estiércol de aves | 41 | 1,30 | 32:1 |
| Pasto | 14 | 0,54 | 27:1 |
| Cacahuets tallos y hojas | 11 | 0,59 | 19:1 |
| Estiércol fresco de oveja | 16 | 0,55 | 29:1 |
| Estiércol fresco de vaca | 7,3 | 0,29 | 25:1 |
| Estiércol fresco de caballo | 10 | 0,42 | 24:1 |
| Estiércol fresco de cerdo | 7,8 | 0,60 | 13:1 |
| Excretas frescas humanas | 2,5 | 0,85 | 2,9:1 |
| Estiércol de aves | | | 15:1 |

Fuente: (CEPIS, 1996).

La temperatura

A medida que aumenta la temperatura, aumenta la velocidad de crecimiento de los microorganismos y se acelera el proceso de digestión dando lugar a mayores producciones de biogás. La temperatura de operación en el digester, está considerada uno de los principales parámetros de diseño, ya que variaciones bruscas de temperatura en el mismo, pueden provocar desestabilización en el proceso (SEBAS - CSIC).

Existen tres rangos de temperatura en los que pueden trabajar los microorganismos anaeróbicos: psicrófilos (por debajo de 25°C), mesófilos (entre 25 y 45°C) y termófilos (entre 45 y 65°C), siendo la velocidad máxima específica de crecimiento ($\mu_{\text{máx.}}$) mayor, conforme aumenta el rango de temperatura. Dentro de cada rango de temperatura, existe un intervalo para el cual dicho parámetro se hace máximo, determinando así la temperatura de trabajo óptima en cada uno de los rangos posibles de operación (Varnero, 2011).

Tabla 6: Ecorregiones según temperatura ambiente y altura.

| Región | Temperatura ambiente | Temperatura de trabajo | Altura sobre el nivel del mar |
|---------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| Altiplano | -12 a 20° C | 6 – 10° C | 2900 – 4500 |
| Valle | 5 a 30° C | 15 – 20° C | 1800 – 2900 |
| Trópico | 13 a 38° C | 25 – 30° C | 0 - 1800 |

Fuente: (Herrero, 2008).

Para aumentar la temperatura del lugar y obtener una velocidad mayor de crecimiento de las bacterias, se analiza la construcción de un invernadero, el cual tiene la función además de proteger al biodigester de factores climáticos como: el sol, la lluvia, el viento, Además podemos evitar que personas o animales caigan por accidente, dañando el biodigester y provocando la inhibición de las bacterias.

Tiempo de retención hidráulico

Las bacterias requieren de un cierto tiempo para degradar la materia orgánica. La velocidad de degradación depende en gran parte de la temperatura; mientras mayor sea

la temperatura, menor es el tiempo de retención o fermentación para obtener una buena producción de biogás. Si se toma como ejemplo típico el uso de estiércol de ganado, los TRH varían con la temperatura media de cada región, con la variación diaria estacional. En un digestor que opera a régimen estacionario o “discontinuo”, el tiempo de retención es el que transcurre entre la carga del sistema y su descarga. En un sistema de carga diaria (régimen semicontinuo), el tiempo de retención va a determinar el volumen diario de carga que será necesario para alimentar al biodigestor (Varnero, 2011).

Tabla 7: Tiempo de retención en distintos tipos de estiércol.

| Materia prima | Tiempo de retención (días) |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Estiércol vacuno líquido | 20 – 30 |
| Estiércol porcino líquido | 15 – 25 |
| Estiércol aviar líquido | 20 - 40 |

Fuente: (Acuña, 2015).

Tabla 8: Tiempo de retención según la temperatura.

| Región característica | Temperatura (°C) | Tiempo de retención (días) |
|------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Trópico | 30 | 20 |
| Valle | 20 | 30 |
| Altiplano | 10 | 60 |

Fuente: (Herrero, 2008).

Es tiempo de retención hidráulico es un parámetro muy importante, el cual define el volumen del biodigestor en función de la temperatura, se establecerá temperaturas promedias, mínimas y máximas con la construcción de un invernadero, se establecerá el tiempo de retención basado en la mínima temperatura para garantizar la generación de biogás.

Digestión anaeróbica.

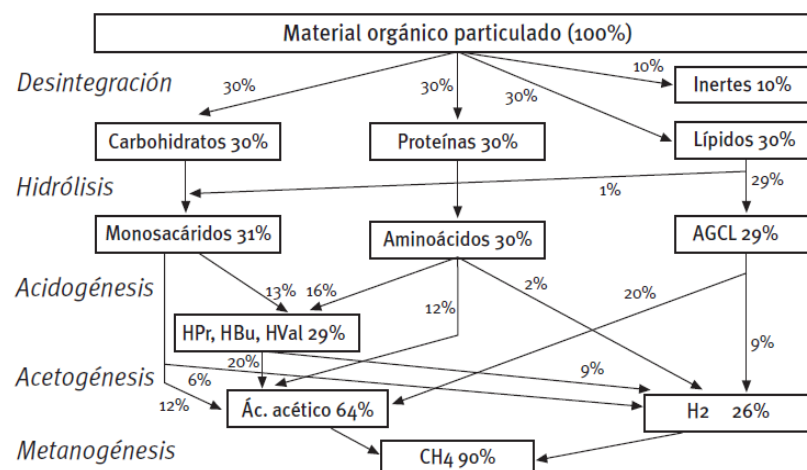
La digestión anaeróbica es un proceso biológico complejo y degradativo en el cual parte de los materiales orgánicos de un substrato (residuos animales y vegetales) son convertidos en biogás, mezcla de dióxido de carbono y metano con trazas de otros elementos, por un consorcio de bacterias que son sensibles o completamente inhibidas

por el oxígeno o sus precursores (e.g. H_2O_2). Utilizando el proceso de digestión anaeróbica es posible convertir gran cantidad de residuos, residuos vegetales, estiércoles, efluentes de la industria alimentaria y fermentativa, de la industria papelera y de algunas industrias químicas, en subproductos útiles. En la digestión anaerobia más del 90 % de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, consumiéndose sólo un 10 % de la energía en crecimiento bacteriano frente al 50 % consumido en un sistema aeróbico (Varnero, 2011).

Fases de la digestión anaeróbica

La digestión anaerobia está caracterizada por la existencia de varias fases consecutivas diferenciadas en el proceso de degradación del sustrato (término genérico para designar, en general, el alimento de los microorganismos), interviniendo 4 grandes poblaciones de microorganismos (Figura 1). Estas poblaciones se caracterizan por estar compuestas por seres de diferentes velocidades de crecimiento y diferente sensibilidad a cada compuesto intermedio como inhibidor (por ejemplo, H_2 , ácido acético o amoníaco producido de la acidogénesis de aminoácidos) (IDAE, 2007).

Figura 1: Fases de la digestión anaerobia.



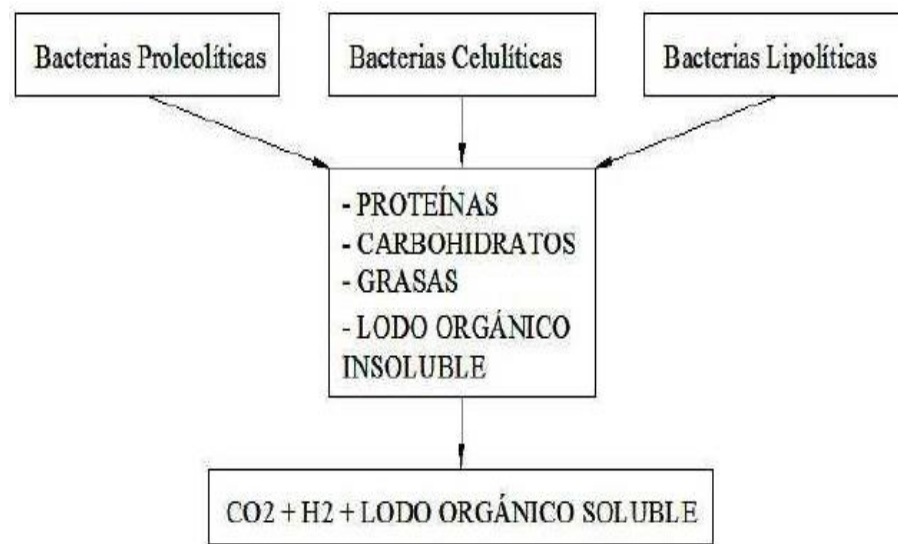
Fuente: (IDAE, 2007).

Hidrólisis

La hidrólisis es el primer paso necesario para la degradación anaeróbica de sustratos orgánicos complejos. La etapa hidrolítica puede ser el proceso limitante

de la velocidad global del proceso, sobre todo cuando se tratan residuos con alto contenido de sólidos. Además, la hidrólisis depende de la temperatura del proceso, del tiempo de retención hidráulico, de la composición bioquímica del sustrato (porcentaje de lignina, carbohidratos, proteínas y grasas), del tamaño de partículas, del nivel de pH, de la concentración de NH_4^+ y de la concentración de los productos del hidrólisis (Varnero, 2011).

Figura 2: Hidrólisis o solubilización.



Fuente: (Acuña, 2015).

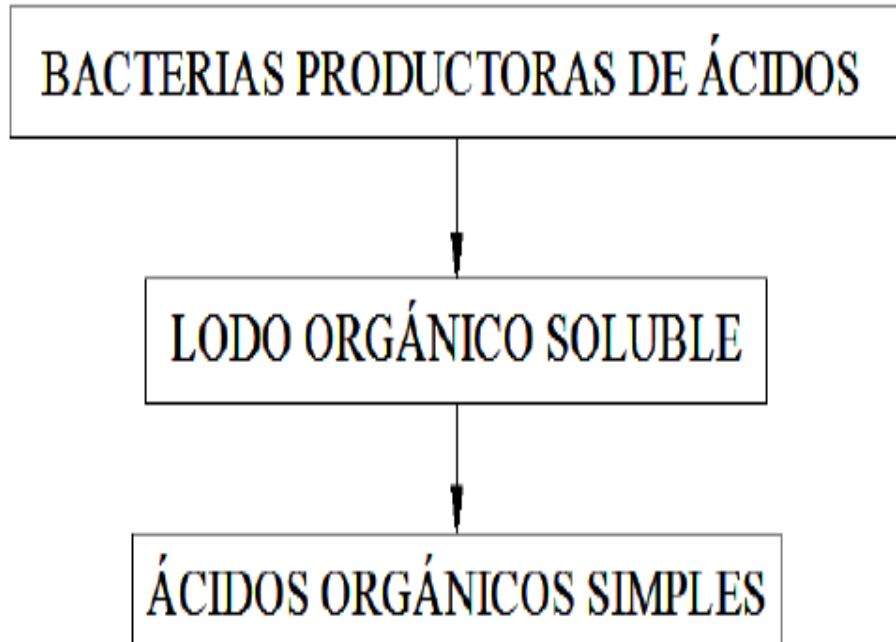
Etapa fermentativa o acidogénica

Durante esta etapa tiene lugar la fermentación de las moléculas orgánicas solubles en compuestos que puedan ser utilizados directamente por las bacterias metanogénicas (acético, fórmico, H_2) y compuestos orgánicos más reducidos (propiónico, butírico, valérico, láctico y etanol principalmente) que tienen que ser oxidados por bacterias acetogénicas en la siguiente etapa del proceso. La importancia de la presencia de este grupo de bacterias no sólo radica en el hecho que produce el alimento para los grupos de bacterias que actúan posteriormente, sino que, además eliminan cualquier traza del oxígeno disuelto del sistema (Varnero, 2011).

Este proceso es importante para eliminar rastros de oxígeno en el medio gaseoso del biodigestor porque el proceso se procede en ausencia del oxígeno para la fermentación, el cual nos generara un biogás de buena calidad, además es indispensable mantener los niveles de temperatura y ph

dentro del rango recomendado, con estas especificaciones se requiere de un control e inspección diaria.

Figura 3: Acidificación.



Fuente: (Acuña, 2015).

Etapa acetogénica

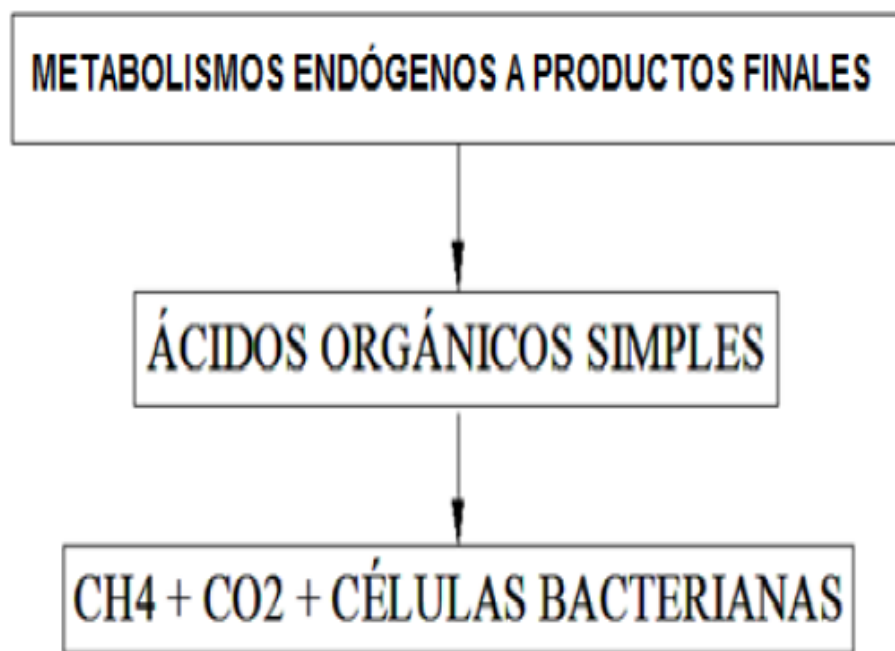
Mientras que algunos productos de la fermentación pueden ser metabolizados directamente por los organismos metanogénicos (H_2 y acético), otros (etanol, ácidos grasos volátiles y algunos compuestos aromáticos) deben ser transformados en productos más sencillos, como acetato (CH_3COO^-) e hidrógeno (H_2), a través de las bacterias acetogénicas. Representantes de los microorganismos acetogénicos son *Syntrophomonas wolfei* y *Syntrophobacter wolini*. Un tipo especial de microorganismos acetogénicos, son los llamados homoacetogénicos. Este tipo de bacterias son capaces de crecer heterotróficamente en presencia de azúcares o compuestos monocarbonados (como mezcla H_2/CO_2) produciendo como único producto acetato (Varnero, 2011).

Etapa metanogénica

En esta etapa, un amplio grupo de bacterias anaeróbicas estrictas, actúa sobre los productos resultantes de las etapas anteriores. Los microorganismos metanogénicos pueden ser considerados como los más importantes dentro del consorcio de

microorganismos anaerobios, ya que son los responsables de la formación de metano y de la eliminación del medio de los productos de los grupos anteriores, siendo, además, los que dan nombre al proceso general de biometanización. Los microorganismos metanogénicos completan el proceso de digestión anaeróbica mediante la formación de metano a partir de sustratos monocarbonados o con dos átomos de carbono unidos por un enlace covalente: acetato, H_2/CO_2 , formato, metanol y algunas metilaminas (Varnero, 2011).

Figura 4: Metanización.



Fuente: (Acuña, 2015)

Las etapas son muy esenciales para la generación de biogás y biofertilizante, creando un proceso el cual las bacterias que se forman en cada etapa, se descomponen, además transforman la materia compuesta en simple y consumen el oxígeno dentro del espacio del gasómetro, generando gases como el metano, el dióxido de carbono y otros de gran importancia que nos permitirá la combustión de los mismos, contribuyendo a la demanda térmica del lugar.

Biogás

El biogás es simplemente la fusión de dos elementos principales que son el metano y el bióxido de carbono (CH_4 Y CO_2 respectivamente), producido por la fermentación de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas (ausencia de oxígeno). Tiene

características similares al gas natural (FACHAGENTUR NACHWACH ROHSTOFFE).

Alrededor de diferentes ambientes, encontramos una gran variedad de residuos orgánicos como por ejemplo el estiércol de animales, restos vegetales y diferentes residuos domésticos que procesados de una buena manera generarían biogás.

Composición del biogás

La composición del biogás es metano y dióxido de carbono entre otros componentes que los detallamos a continuación:

Tabla 9: Composición del Biogás.

| COMPONENTE | FORMULA QUÍMICA | % VOLUMEN |
|---------------------|------------------|-----------|
| METANO | CH ₄ | 60-70 |
| GAS CARBÓNICO | CO ₂ | 30-40 |
| HIDROGENO | H ₂ | 1.0 |
| NITROGENO | N ₂ | 0.5 |
| MONÓXIDO DE CARBONO | CO | 0.1 |
| OXIGENO | O ₂ | 0.1 |
| ÁCIDO SULFHIDRICO | H ₂ S | 0.1 |

Fuente: (SEMARNAT; SAGARPA, 2010).

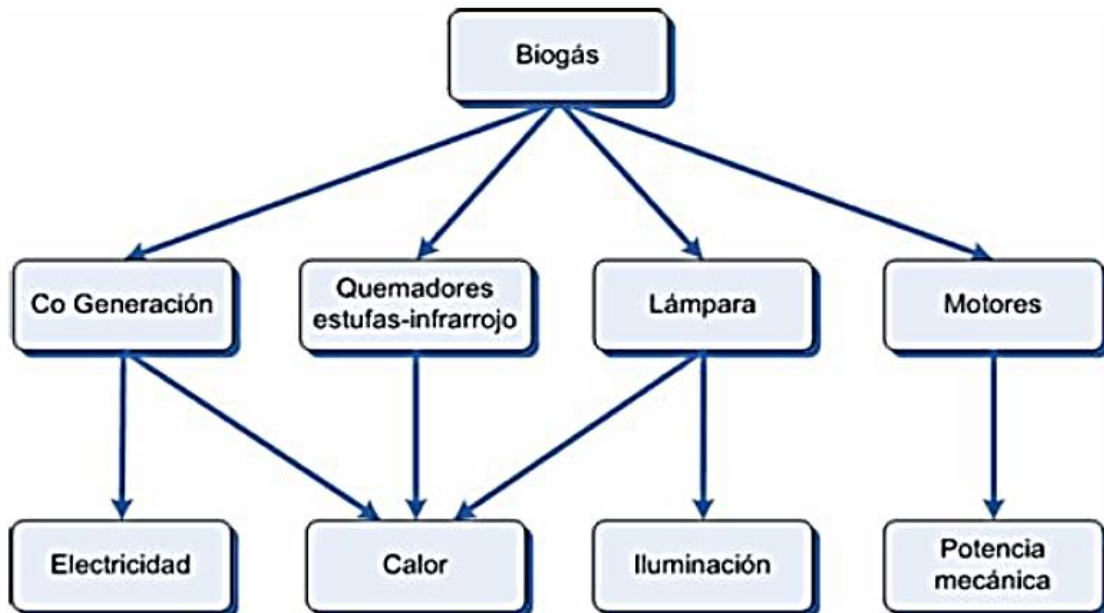
Para cálculos posteriores de necesita saber porcentajes y parámetros reales de la composición del biogás, debido a que todas las tablas están en función a un sitio determinado, lo cual influye el tipo de alimentación del ganado, o el tipo de pasto y la temperatura del lugar.

Usos el biogás

Sus usos pueden ser varios, pero como se genera a presión baja, se necesita de un sistema que aumente la presión, como puede ser el uso de un elemento que sirva como peso, o a su vez alguna máquina que aumente la presión para implementaciones industriales. El biogás puede

ser utilizado en diferentes equipos comerciales diseñados para uso con gas natural, con el debido transporte por tubería o a su vez el almacenamiento en un tanque de alta presión, tomado en cuenta siempre medidas de seguridad y señalización de los elementos que componen todo el sistema de generación.

Figura 5: Esquema del uso de biogás.



Fuente: (Olaya & Luis, 2009).

Filtro para la eliminación de ácido sulfhídrico (H₂S)

En aquellos sistemas que realicen el aprovechamiento del biogás para generar energía eléctrica o térmica, se deberá instalar un filtro para la retención del ácido sulfhídrico, debido a que éste ácido es precursor de ácido sulfúrico, mismo que corroe las partes metálicas y acorta el tiempo de vida útil de los equipos. El tamaño del filtro y su capacidad estará en función del volumen de biogás producido y de la concentración en partes por millón (ppm) del ácido sulfhídrico y se instalará antes del medidor del flujo de biogás y la línea de alimentación en donde se ubique el equipo de generación de electricidad y/o el aprovechamiento térmico (motogenerador, caldera, entre otros) (SEMARNAT; SAGARPA, 2010).

Para calcular el volumen H₂S en el día se utilizará las siguientes ecuaciones (UNASAM, s.f.):

$$H_2S_{\text{producido}} = 0,1 \% \cdot \left(\frac{V}{\psi}\right) \quad (1)$$

Donde:

$H_2S_{\text{producido}}$ = Volumen Total de H_2S producido en función del tiempo ($L_{\text{biogás}}/\text{día}$).

0,1 % = Porcentaje de H_2S por cada 100 litros de biogás ($L_{H_2S}/L_{\text{biogás}}$).

v/v = Volumen del biogás generado en función del tiempo ($L_{\text{biogás}}/\text{día}$).

Para la determinación de la cantidad de hierro se puede utilizar la ecuación general de los gases ideales a condiciones normales (UNASAM, s.f.).

$$P.V = n.R.T \quad (2)$$

Donde:

P = Presión en condiciones normales (atm).

V = Volumen del H_2S para un tiempo mínimo de operación (L_{H_2S}).

R = Constante universal de los gases ideales ($L.atm/mol.^{\circ}K$).

T = Temperatura a condiciones normales ($^{\circ}K$).

n = número de moles de H_2S (mol de H_2S).

La eliminación del ácido sulfúrico es indispensable para evitar la corrosión de la tubería, además alargar la vida útil de la cocina de adaptada para biogás, además se suprime el olor característico a cascara de huevo podrido.

Válvula de seguridad

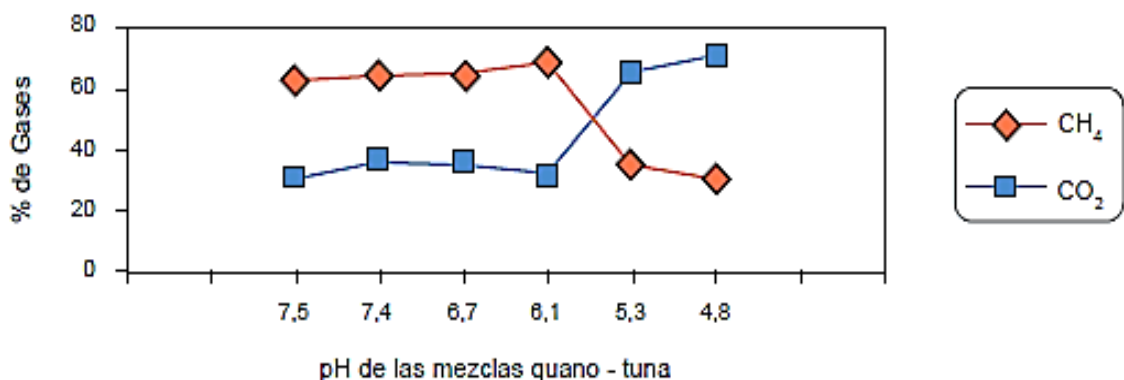
La válvula de seguridad se coloca cerca del biodigestor, para que en la carga diaria podamos revisarla. Esta válvula va a permitir que en caso de que no se consuma biogás, éste tenga un lugar por donde escapar y a la vez evitar que entre aire de fuera (que mataría el proceso interno del biodigestor que produce biogás). La válvula de seguridad se realiza con una botella de refresco. Se hace un agujero en su parte superior para poder ir rellenándola de agua cuando ésta se vaya evaporando (Herrero, 2008).

El biodigestor genera presión con el biogás almacenado, cuando esta aumenta es necesario equilibrarlo para evitar rupturas del biodigestor, siempre mantener una inspección del nivel del líquido de la válvula, además también permitirá la recolección de condensados creado por la humedad de biogás. No confiarse demasiado que este artefacto siempre mantendrá el nivel de presión estable, siempre buscar alternativas de control para evitar daños a la biobolsa, el cual generará mayores costos.

El pH

Para que el proceso se desarrolle satisfactoriamente, el pH no debe bajar de 6.0 ni subir de 8.0. El valor del pH en el digestor no sólo determina la producción de biogás sino también su composición (Figura 3.4). Una de las consecuencias de que se produzca un descenso del pH a valores inferiores a 6 es que el biogás generado es muy pobre en metano y, por tanto, tiene menores cualidades energéticas. Debido a que la metanogénesis se considera la etapa limitante del proceso, es necesario mantener el pH del sistema cercano a la neutralidad. Los acidogénicos son significativamente menos sensibles a valores más extremos de pH (Varnero, 2011).

Figura 6: Composición del biogás en función del pH.



Fuente: (Varnero, 2011).

El pH es un factor importante, debido a que si no está entre los rangos óptimos (aproximado a la neutralidad) el gas generado no tendrá un poder calorífico deseado, obteniendo mayores tiempos de cocción, el cual no es el propósito de la investigación, el pH se puede corregir en forma práctica: obteniendo frecuentemente una pequeña cantidad de afluente y agregando materia prima fresca en la misma cantidad y en la forma simultánea.

Biodigestor

Un digestor está formado por un tanque hermético donde ocurre la fermentación y un depósito de almacenaje de gas. Las dos partes pueden estar juntas o separadas y el tanque de gas puede ser de campana fija o flotante. Un digestor está formado por un tanque hermético donde ocurre la fermentación y un depósito de almacenaje de gas. Las dos partes pueden estar juntas o separadas y el tanque de gas puede ser de campana fija o flotante.

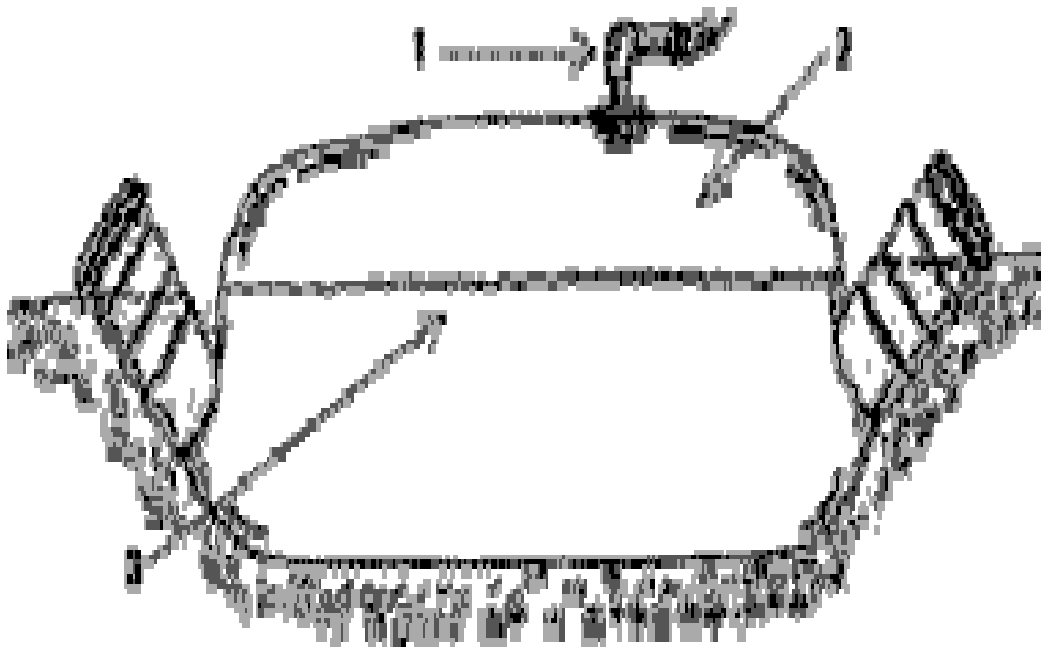
Tipos de Digestores

Se clasifican de la siguiente manera:

Digestores de estructura flexible (plantas de globo)

Este tipo de planta tiene en la parte superior un digestor de bolsa en el cual se almacena gas, la entrada y salida se encuentran en la misma superficie de la bolsa. Sus ventajas son de 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 receptibilidad a ser dañado, baja generaciones empleo y por lo tanto limitado potencial de auto ayuda (<http://www.cubasolar.cu>).

Figura 7: Biodigestor de polietileno.



Fuente: (<http://www.cubasolar.cu>).

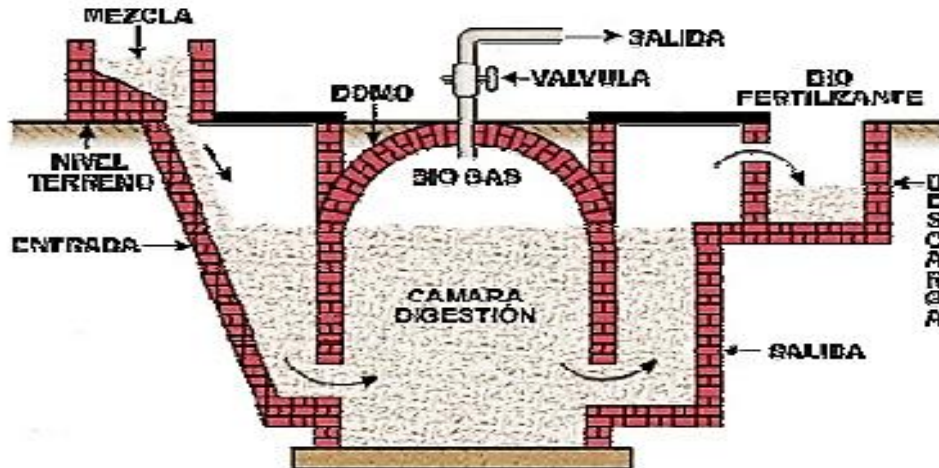
Este tipo de biodigestor se utiliza en zonas de altiplano con una estructura de protección y consta de: (1) Válvula de alivio, (2) volumen gaseoso y (3) volumen líquido.

Digestores de domo fijo

Consiste 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 de 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 (<http://www.energianatural.com>).

Figura 8: Esquema de un biodigestor de domo fijo.

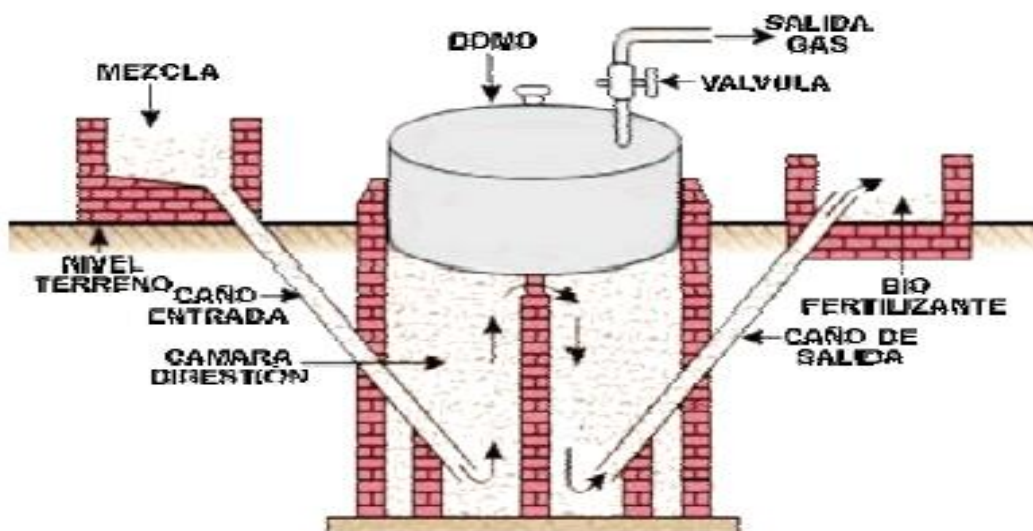


Fuente: (<http://www.energianatural.com>).

Digestores de tambor flotante

Consiste 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.

Figura 9: Esquema de domo flotante.



Fuente: (<http://www.energianatural.com>)

Conceptos de diseño de un Biodigestor.

Volumen de carga diaria de entrada.

Todos los días hay que cargar el biodigestor con una carga de estiércol mezclada 1:4 con agua. De esta manera, una parte es de estiércol y cuatro de agua. A esto se le llama mezcla de carga diaria (estiércol más agua). En biodigestores tipo chino la mezcla se realiza 1:1, pero en biodigestores tubulares conviene diluir mucho más el estiércol de forma que no se formen ‘natas’ en la superficie. Además, una buena dilución de la mezcla asegura que el biodigestor realmente sea de flujo continuo, evitando que se atasque por exceso de materia sólida en su interior (Herrero, 2008).

Debido al alto contenido de humedad en el estiércol de la hacienda, el proceso de la mezcla será con la mínima cantidad recomendada tomado como referencia uno de tipo chino, además el estiércol fresco siempre será mezclado con cantidades bajas de agua, y si la materia ya está por más de 2 días será mucho mayor el porcentaje de agua para mezcla.

Volumen total de fermentación

El volumen total de fermentación está relacionado con el tiempo de retención hidráulico y la carga diaria del biodigestor, la siguiente ecuación permitirá el cálculo total del volumen total líquido o de fermentación.

Ecuaciones para el cálculo del volumen total de fermentación y el cálculo del volumen de la carga total (CEPIS, 1996):

$$VCF = VCT + (5 - 10) \% \cdot VCT \quad (3)$$

$$VCT = TRH \cdot VCD \quad (4)$$

Donde:

VCF = Volumen de la cámara de fermentación (m³).

VCT = Volumen de la carga total (m³).

TRH = Tiempo de retención hidráulico (días).

VCD = Volumen carga diaria (m³).

Volumen total.

El volumen total del biodigestor ha de albergar una parte líquida y otra gaseosa. Normalmente se da un espacio del 75% del volumen total a la fase líquida, y del 25% restante a la fase gaseosa. El volumen total es la suma del volumen gaseoso y el volumen líquido (Herrero, 2008).

Las ecuaciones para el cálculo son (Herrero, 2008):

$$VT = VL + VG \quad (5)$$

Donde:

VT = Volumen total (m³).

VL = Volumen líquido (m³).

VG = Volumen Gaseoso (m³).

El volumen gaseoso se calcula despejando de la ecuación y haciendo referencia a los porcentajes citados en el contexto anterior.

Diámetro de la estructura tubular

Para el diámetro de sección de la estructura tubular se utilizarán la siguiente ecuación (Botero & Preston, 1987):

$$C = \pi \cdot D \quad (6)$$

Donde:

C = Longitud de circunferencia de la estructura tubular (m).

D = Diámetro de la estructura tubular (m).

π = Constante de relación entre la longitud de una circunferencia y su diámetro.

Longitud de la estructura tubular

Hay que tomar en cuenta que la longitud a calcularse es solo para establecer el volumen total del biodigestor, ya que se necesitara a cada extremo de la estructura añadir longitudes para la fijación de la tubería de entrada. Además, la tubería que debe sobrepasar por lo menos 50 cm, con el fin de que el extremo de la tubería quede inmerso en la mezcla.

El biodigestor a implementar tiene una similitud a un cilindro, por lo cual para el cálculo se utilizará la ecuación del volumen del cilindro (Botero & Preston, 1987):

$$V_T = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L_0}{4} \quad (7)$$

Donde:

V_T = Volumen total (m^3).

D = Diámetro de la estructura tubular (m).

L_0 = Longitud del Biodigestor (m)

Tubería de conducción de gas.

Para calcular tuberías en baja presión se aplica la fórmula lineal de Renouard, la cual establece una relación entre la pérdida de carga, densidad relativa del gas, caudal, longitud y diámetro de una tubería. Podemos obtener la diferencia entre la presión al inicio de la tubería y la presión al final de la tubería (P. Formatec, 2012).

A continuación, se presentarán las ecuaciones para el cálculo correspondiente (P. Formatec, 2012).

$$\Delta H = 232,000 \cdot \rho_s \cdot L_e \cdot \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}} \quad (8)$$

Donde:

D = Diámetro interior de la tubería (mm).

L_e = Longitud equivalente del tramo de tubería (m).

Q = Caudal que circula por la tubería (m^3/h).

ρ_s = Densidad relativa del gas.

H = Presión (mmca).

La longitud equivalente es una longitud mayor que la longitud real de la tubería de gas para tener en cuenta las pérdidas de presión puntuales de los accesorios y "accidentes" de las tuberías tales como: codos, tes, válvulas, etc. Para la elección de los materiales a instalarse en la línea de gas se debe tomar en cuenta normas que permitan establecer un buen funcionamiento.

$$L_e = 1,2 \cdot L_r \quad (9)$$

Donde:

L_e = Longitud real de la tubería (m).

Códigos de colores para la señalización de tuberías

Debemos tener presente siempre la seguridad en cualquier proceso. Se establecerá y pondrá en marcha acciones de prevención mediante la señalización y codificación de los lugares de mayor riesgo.

Figura 10: Codificación de colores para fluidos en una tubería.

| TIPO DE FLUIDO | COLOR DE LETRA | COLOR DE FONDO | COMBINACIÓN |
|--|----------------|----------------|------------------------------|
| Agentes extintores | Blanco | Rojo | Letras blancas sobre rojo |
| Fluidos tóxicos y corrosivos | Negro | Naranja | Letras negras sobre naranja |
| Fluidos inflamables | Negro | Amarillo | Letras negras sobre amarillo |
| Fluidos combustibles | Blanco | Café | Letras blancas sobre café |
| Agua potable, enfriamiento, alimentación de calderas, etc. | Blanco | Verde | Letras blancas sobre verde |
| Aire comprimido | Blanco | Azul | Letras blancas sobre azul |

Fuente: <https://www.arslura.com/index.php/component/content/article?id=1025>

9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

Hipótesis

La cantidad de estiércol diario disponible en el establo permitirá la obtención de biogás para su utilización como energía térmica auxiliar.

Variable independiente

Estiércol diario disponible en el establo.

Tabla 10: Operacionalización de la variable independiente.

| CONCEPTUALIZACIÓN | DIMENSIONES | INDICADORES | ITEM BÁSICOS | TÉCNICA E INSTRUMENTOS |
|--|-----------------|---|---|---------------------------------|
| Estiércol diario disponible en el establo. | Biodigestor | <ul style="list-style-type: none"> Tiempos de diseño y construcción | Datos obtenidos en el proceso de generación. | Observación Experimental |
| | Biofertilizante | <ul style="list-style-type: none"> Cuantificación Impacto Ambiental | Tiempo de recolección Propiedades químicas | Observación Experimental |

Fuente: Grupo de investigación.

Variable dependiente

Obtención de biogás para su utilización como energía térmica auxiliar.

Tabla 11: Operacionalización de la variable dependiente.

| CONCEPTUALIZACIÓN | DIMENSIONES | INDICADORES | ITEM BÁSICOS | TÉCNICA E INSTRUMENTOS |
|--|------------------|--|--------------------------|--------------------------|
| Obtención de biogás para su utilización como energía térmica auxiliar. | Gasómetro | <ul style="list-style-type: none"> • Volumen. • Ph | Datos obtenidos diarios. | Observación Experimental |
| | Consumo familiar | <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Horas de cocción. | Instrumentos de Medición | Observación Experimental |

Fuente: Grupo de investigación.

Selección de hipótesis

Se obtuvo información importante con la aplicación de los instrumentos de investigación que demostró la factibilidad del proyecto programado, debido a que la hipótesis planteada es la adecuada para continuar con el desarrollo del presente proyecto de investigación por su importancia en el sector agrario, al tratamiento eficiente del residuo agrario por el biodigestor de polietileno, lo que aprobará que las personas podrán obtener gas para consumo doméstico y con propósitos a futuro de mayor generación para abastecer las instalaciones eléctricas.

10. METODOLOGIAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Metodologías

Método Experimental

Avila H (2006) afirma: “El Método experimental es como una prueba o ensayo, en la que es posible manipular deliberadamente una o más variables independientes para observar en los cambios en la variable dependiente en una situación o contexto estrictamente controlado por el investigador (p. 74).

El método experimental se utiliza debido a que es de gran importancia realizar un experimento para determinar la viabilidad del proyecto de investigación para la implementación del Biodigestor de polietileno.

Implementación del Proyecto.

La Hacienda Terán está ubicado en la Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia Belisario Quevedo, sector La Dolorosa, en donde se ejecutó la investigación que comenzó con la recolección de muestras de estiércol de ganado vacuno en fundas ziploc, para su transporte al laboratorio de análisis físico, químico y bacteriológico. **Anexo 1.**

Caracterización del estiércol fresco.

Es necesario hacer la caracterización de estiércol, ya que esto nos permitirá determinar el porcentaje de humedad, la relación de carbono – nitrógeno y la cantidad de sólidos totales para

el adecuado dimensionamiento de la estructura tubular, y la estimación de la cantidad de producto que se obtendrá al final del sistema de biodigestión.

Para la recolección de la muestra se utilizó una pala de plástico pequeña, guantes de caucho y fundas ziploc, esto se lo realizó en la mañana y empaquetándola en una caja cooler para el debido transporte al Laboratorio Veterinario AnimaLAB ubicada en la ciudad de Machachi.

Anexo 2.

Tabla 12: Caracterización del estiércol vacuno.

| Parámetros | Unidad | Muestra |
|--------------------|---------------|-------------------|
| Sólidos totales | % | 13,72 |
| Materia orgánica | % | 24,30 |
| Carbono | % | 18,84 |
| Nitrógeno | % | 1,26 |
| Fosforo | mg/kg | 120,28 |
| Potasio | mg/kg | 12872,15 |
| Manganeso | mg/kg | 301,15 |
| Zinc | mg/kg | 101,38 |
| Cobre | mg/kg | 20,88 |
| Hierro | mg/kg | 857,33 |
| Humedad | % | 51,49 |
| Coliformes totales | Col/g | $5,2 \times 10^5$ |
| Coliformes fecales | Col/g | $4,8 \times 10^4$ |
| pH | - | 4,3 |

Fuente: Centro de Diagnóstico.

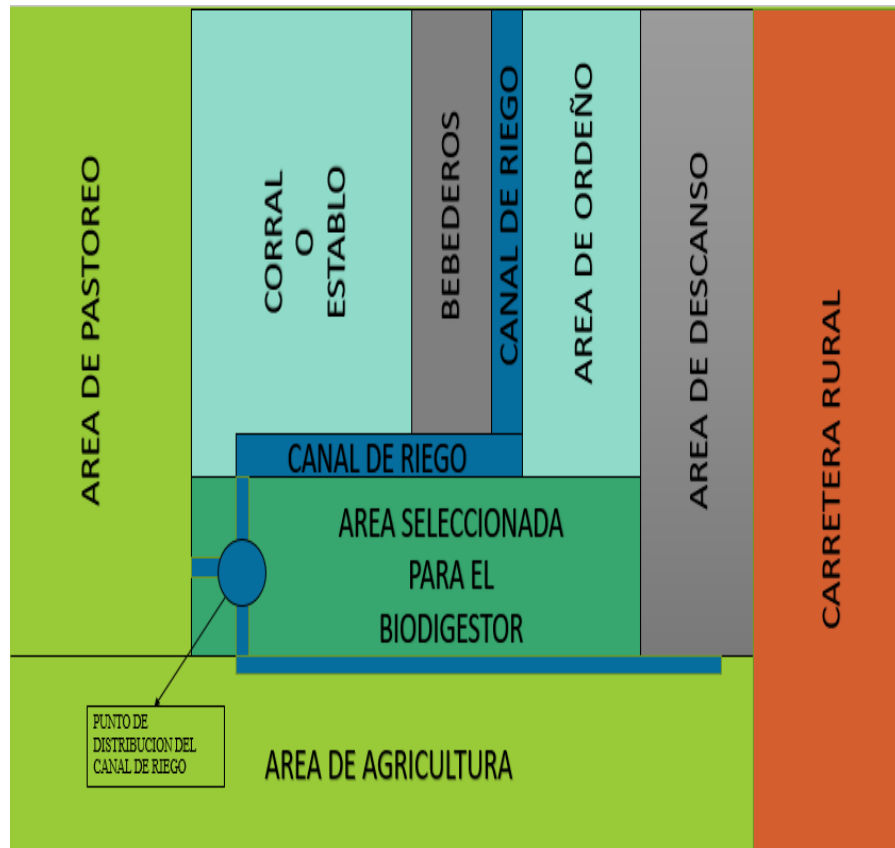
Selección del lugar.

Se realizó la inspección del lugar, y en común acuerdo con los propietarios, se estableció el área más apropiado para el análisis y el diseño del biodigestor, tomando en cuenta algunos aspectos como:

- La cercanía del establo para la disposición del estiércol fresco.
- El canal de riego.

- Sitio al que se desea conducir el biogás.
- Punto de distribución del canal de riego, que se utilizó como caja de descarga del biofertilizante.

Figura 11: Selección del lugar para el biodigestor.



Fuente: Grupo de investigación.

Cálculos del diseño.

Determinación de la cantidad de estiércol en el establo.

Para el diseño se realizó la inspección del lugar donde se genera la mayor cantidad de estiércol fresco, con un total de vacas de 10 de raza Holstein con un peso aproximado de 400 Kg, que descansan en un corral por las noches, el estiércol se recolecta con 2 palas manuales en 2 baldes de 10 litros de volumen y con una balanza de gancho se realizó la cuantificación del estiércol durante un periodo de 10 días a las 7:30 a.m., debido que a las 7:00 am se le cambia la ubicación al ganado para su ordeño, se tabuló los siguientes datos:

Tabla 13: Cuantificación del estiércol fresco diario.

| Día | Peso diario Kg | Peso diario (lb) | Peso promedio diario (Kg) | Peso promedio diario (lb) |
|------------|---------------------------|-----------------------------|--|--|
| 1 | 50 | 110,2 | | |
| 2 | 48 | 105,8 | | |
| 3 | 51 | 112,4 | | |
| 4 | 52 | 114,6 | | |
| 5 | 49 | 108,0 | 50,0 | 110,2 |
| 6 | 48 | 105,8 | | |
| 7 | 50 | 110,2 | | |
| 8 | 51 | 112,4 | | |
| 9 | 49 | 108,0 | | |
| 10 | 52 | 114,6 | | |

Fuente: Grupo de investigación.

Para cuantificar según la literatura de la **Tabla 4**, se establece un promedio de cada vaca:

Tabla 14: Cuantificación del estiércol en base al peso de la vaca.

| Peso promedio (kg) | Numero de vacas | Estiércol generado al día (kg) |
|-------------------------------|----------------------------|---|
| 300 | 10 | 60 |

Fuente: Grupo de investigación.

La recolección y cuantificación emiten datos más reales permitiendo no sobredimensionar la bolsa.

Determinación de la carga diaria al Biodigestor

Se tomó como punto de partida la cantidad de estiércol que se genera a diario en el establo, una relación de 1:1 (1 kg de estiércol fresco + 1 litro de agua), debido al porcentaje de humedad el cual es un poco mayor a la mitad, como la relación es igual, entonces 1kg=1litro. La densidad del estiércol es casi igual a la densidad del agua por esa razón se asume la relación de mezcla.

Entonces:

$$VCD = 100 \text{ kg}$$

Cálculos del dimensionamiento del Biodigestor

Para calcular la parte líquida que corresponde al 75% del biodigestor, se toma en cuenta el tiempo de retención, utilizando la ecuación 4 tenemos:

$$VL = 100 \frac{\text{litros}}{\text{dia}} * 30 \text{ dias}$$

$$VL = 3000 \text{ litros}$$

$$VL = 3 \text{ m}^3$$

Volumen de la parte gaseosa 25%, y le adicionamos un 5% de factor de seguridad.

$$VG = 1200 \text{ litros}$$

$$VG = 1200 \text{ litros} * \frac{\text{m}^3}{1000 \text{ litros}}$$

$$VG = 1,2 \text{ m}^3$$

Con los resultados del volumen líquido y el volumen gaseoso, se reemplazó en la **Ecuación 5** para obtener el volumen total.

$$VT = 4200 \text{ litros}$$

$$VT = 4200 \text{ litros} * \frac{\text{m}^3}{1000 \text{ litros}}$$

$$VT = 4,2 \text{ m}^3$$

Para el calcular la longitud del Biodigestor se tomó en cuenta el lugar seleccionado y la disponibilidad en el establo de un rollo termoplástico de polietileno tubular de baja densidad de 3 m de ancho de la **ecuación 6**:

$$D = 0,95 \text{ m}$$

Con el diámetro, se procede a calcular la longitud necesaria para el Biodigestor a partir de la **ecuación 7**.

$$L = 6 \text{ m}$$

Dique de asentamiento del Biodigestor

El dique de asentamiento del Biodigestor se dimensiono en base a la longitud y diámetro del Biodigestor (**Anexo 4**), cubierto todo el dique con plástico para evitar derrumbamientos, además en el piso se le diseño con un desnivel de 2°, con el propósito del fácil flujo de el biofertilizante al canal de riego.

Li = largo inferior igual al largo del Biodigestor, por motivos de crecimiento ganadero a futuro se amplió el largo a 8 m.

$$Li = 8 \text{ m}$$

La profundidad es igual al diámetro del Biodigestor:

$$PD = D$$

PD = Profundidad del dique.

$$PD = 0,95 \text{ m}$$

El ancho de la parte inferior y superior también es igual al diámetro del Biodigestor.

$$AD = D$$

AD = Ancho del dique.

$$AD = 0,95$$

El largo superior del dique se calcula en base a la profundidad y al ángulo que forma con la pendiente;

Ls = Largo superior.

$$Ls = 8,36 \text{ m}$$

Invernadero para el Biodigestor

La temperatura es uno de los factores más importantes en el proceso de descomposición de la mezcla dentro del biodigestor, con la construcción del invernadero se logró conseguir

temperaturas entre el rango de 20° a 35° C y un promedio de 25 °C además protege a la biobolsa de factores ambientales como la lluvia, el viento y el sol, la cual permite una mayor durabilidad.

(Anexo 4).

Materiales

- 4 pingos de madera de 1,7 m de largo y 0,1 m de diámetro.
- 4 pingos de madera de 1,3 m de largo y 0,1 m de diámetro.
- 2 pingos de madera de 2,6 m de largo y 0,05 m de diámetro.
- 5 tablas de madera
- Clavos de 2 pulgadas y 2 ½ pulgadas.
- Plástico térmico calibre 8.
- Tubo de caucho.
- Cinta para invernadero
- Rollo de alambre galvanizado.

Caja de entrada y salida

Para la caja de entrada se utilizó un tanque cilíndrico de capacidad de 200 litros, el cual fue retirada unas de sus caras para la mezcla del agua – estiércol (**Anexo 6**), también se le hizo un orificio en la pared inferior para el acople de la línea de carga, el cual tiene los siguientes materiales:

- 2 empaques de caucho de 0,12 m de diámetro.
- Adaptador bushin de 4 pulgadas.
- 20 cm de tubo PVC de 4 pulgadas.
- 2 Uniones bushin de 4 pulgadas.
- Válvula de paso de 4 pulgadas.
- 20 cm de tubo PVC de 4 pulgadas.
- Codo 45° PVC de 4 pulgadas.
- 150 cm de tubo PVC.
- Banda de caucho de 10m de largo y 0,05 m de ancho.
- Pega tubo.

En la caja de salida se tomó en cuenta la cercanía del canal de riego para el depósito del biofertilizante, permitiendo el transporte del mismo hasta el área de Agricultura, la línea de descarga consta de los siguientes materiales:

- 0,3 m de tubo PVC.
- Banda de caucho de 15 m de largo y 0,05 m de ancho.
- 1 m² de plástico térmico calibre 8.

Línea de transporte de gas

Una vez colocado la biobolsa en el dique de asentamiento se procedió a colocar la línea de transporte de acuerdo a la disposición planificada (**Anexo 8**), con los siguientes materiales:

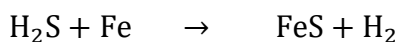
- Adaptador PVC de $\frac{3}{4}$ a $\frac{1}{2}$ de pulgada.
- Neplo perdido de $\frac{1}{2}$ pulgada.
- Llave de paso galvanizado de $\frac{1}{2}$ pulgada.
- Adaptador universal.
- Unión PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada.
- 2 Abrazaderas para tubería.
- 12 m de manguera de polietileno transparente de $\frac{1}{2}$ pulgada.
- Precintos plásticos.
- Teflón.
- Pegamento especial para tubería PVC.

Estos elementos fueron enroscados y asegurados con pegamento especial y teflón para evitar fugas en el transporte del gas

Válvula de seguridad, filtro de humedad y filtro de Ácido sulfúrico

La generación de gas diaria crea presión, hay que evitar que la presión aumente demasiado, por esa razón se implementó al final de la línea de transporte una válvula de seguridad de biogás, un mecanismo de escape simple el mismo que se lo elaboro a partir de una botella de plástico de 4 litros. El filtro de humedad se lo coloco para bajar los niveles de vapor de agua en el biogás, y así obtener una combustión más limpia, este filtro se le adapto de un compresor. El biogás tiene un olor característico similar a la cascara de huevo podrido, esto se debe a un porcentaje

de ácido sulfúrico que contiene el gas, para eliminar el ácido sulfúrico se implementó un filtro de ácido sulfúrico (**Anexo 9**), el cual se le calcula la cantidad de hierro necesario para filtrar el ácido sulfúrico empleando la estequiometría de la reacción química y la **ecuación 1** siguientes:



Producción diaria estimada de biogas = $1 \text{ m}^3 = 1750$ litros.

$$\text{H}_2\text{S} = 1 \frac{\text{litros H}_2\text{S}}{\text{dia}}$$

Para 1 año de operación = 365 días.

$$1 \frac{\text{litros H}_2\text{S}}{\text{dia}} * 365 \text{ dias} = 365 \text{ litros H}_2\text{S}$$

Para el cálculo de la cantidad de Hierro se utilizó la **ecuación 2**:

$$R = 0,082 \frac{\text{litros} * \text{atm}}{\text{mol} * ^\circ\text{K}}; \quad P = 1 \text{ atm}; \quad T_{\text{promedio}} = 30^\circ \text{ C} + 273 = 293^\circ \text{ K}$$

$$n = 14,69 \text{ mol H}_2\text{S}$$

$$14,69 \text{ mol H}_2\text{S} * \frac{56 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol H}_2\text{S}} = 822,64 \text{ g Fe}$$

Se requerirá 0,82 Kg de hierro como esponja para lavar ollas para los extremos y clavos de 2 pulgadas en un tubo PVC de 2 pulgadas y 50 cm de largo con tapas de PVC para los extremos, en las tapas se colocó 2 adaptadores hembra para permitir el paso del gas.

Los demás elementos del conjunto, kit o paquete se irán enlistando en orden para su montaje:

- Abrazadera para manguera.
- Union PVC de media pulgada.
- Union universal.
- Adaptador bushin de 3/8 de pulgada.
- Filtro de humedad.
- Adaptador bushin de 3/8 de pulgada.
- Adaptador de 3/8 a 1/2 de pulgada.
- T PVC de 1/2 pulgada.
- Neplo perdido de 1/2 pulgada.
- Codo de 45° de 1/2 pulgada.

- Neplo de 30 cm de largo.
- Botella plástica de 4 litros con agujero en la tapa y en la pared superior.
- Agua.
- Válvula de paso de ½ pulgada para la cocina.
- Neplo de 10 cm.
- Filtro de ácido sulfúrico.
- Neplo de 10 cm.
- T PVC de ½ pulgada con tapón en la parte superior proyectada para almacenamiento.
- Abrazadera para manguera.
- 2 m de manguera de gas.

A todos los elementos roscados se les fijo con teflón y pegamento especial para tubería, para evitar fugas de gas.

Todos los elementos utilizados son analizados bajo norma, se utilizó accesorios de PVC y polietileno por su resistencia a la corrosividad.

Cantidad diaria de biogás que produce el Biodigestor a diario

Con los resultados del Biodigestor piloto, se realizó la medición del volumen diario de generación de Biogás, el cual dio como resultado 1050 litros o 1,05 m³.

Cantidad de energía diaria que produce el Biodigestor

La cantidad de energía diaria se calcula de la producción del Biogás diario del Biodigestor:

ED = Energía diaria del biodigestor.

$$ED = 1 \frac{\text{m}^3 \text{ de biogas}}{\text{dia}} * \frac{1,2 \text{ KWh}}{1 \text{ m}^3 \text{ de biogas}}$$

$$ED = 1,2 \frac{\text{KWh}}{\text{dia}}$$

Calculo de la Producción mensual de energía:

EM = Energía mensual del biodigestor:

$$EM = 63,8 \frac{\text{m}^3 \text{ de biogas}}{\text{mes}}$$

Con estos parámetros realizamos el cálculo para establecer si se puede reemplazar por el GLP (Gas licuado de petróleo), ya que la familia utiliza 1 tanque de GLP para uso doméstico al mes y medio.

Cocina: 1 tanque de GLP en 1,5 meses.

1 tanque de GLP = 15 Kg de GLP

$$15 \frac{\text{kg de GLP}}{\text{mensual}} * \frac{1 \text{ m}^3 \text{ de biogas}}{0,45 \text{ kg de GLP}} = 33,3 \frac{\text{m}^3 \text{ de biogas}}{(1,5)\text{mensual}}$$

$$33,3 \frac{\text{m}^3 \text{ de biogas}}{(1,5)\text{mensual}} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} * \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ dias}} = 0,72 \frac{\text{m}^3 \text{ de biogas}}{\text{dia}}$$

$$0,72 \frac{\text{m}^3 \text{ de biogas}}{\text{dia}} * \frac{1,2 \text{ kWh}}{1 \text{ m}^3 \text{ de biogas}} = 0,86 \frac{\text{kWh}}{\text{dia}}$$

Caracterización del biogás

Tabla 15: Composición del biogás.

| COMPONENTE | % Peso | % Moles |
|-----------------|--------|---------|
| Nitrógeno | 4,27 | 3,97 |
| Oxígeno | 3,64 | 2,96 |
| Metano | 36,77 | 59,91 |
| CO ₂ | 54,88 | 32,51 |
| Agua | 0,45 | 0,65 |

Fuente: Grupo de investigación.

Tabla 16: Propiedades del biogás.

| DETALLES | RESULTADO |
|--|-----------|
| Densidad relativa | 0,904 |
| Peso molecular promedio (g/mol) | 26,07 |
| Poder calorífico superior a 25 °C (Btu/lb) | 14294,81 |

| | |
|---|----------|
| Poder calorífico superior a 25 °C (Btu/pie ³) | 968,19 |
| Poder calorífico inferior a 25 °C (Btu/lb) | 12881,56 |
| Poder calorífico inferior a 25 °C (Btu/pie ³) | 872,47 |

Fuente: Grupo de investigación.

La caracterización es indispensable para los parámetros de cálculo de las tuberías, se recogió muestras de biogás en sondas de orina, el cual fue transportado al Laboratorio de la Escuela Superior Politécnica Nacional **Anexo 10**.

Calculo del diámetro de la tubería para el transporte del Biogás

Para la elección de un adecuado sistema de transporte de Biogás hasta la estufa, se realizó una serie cálculos con el fin de establecer el diámetro correcto para la tubería.

$$P = 30 \text{ mmca.}$$

La longitud equivalente se obtiene de la **ecuación 9**:

$$L_e = 16,8 \text{ m}$$

El coeficiente 1,2 se debe a la pérdida que tendrá la presión en el trayecto debido a los acoples y aparatos.

Los siguientes datos los obtuvimos del análisis del biogás y las características de la cocina de biogás de un quemador.

$$Q = 0,6 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$ds = 0,904$$

Con los datos establecidos, calculamos el diámetro de la tubería, despejándola de la **ecuación 8**:

$$D = 9,1 \text{ mm.}$$

Con esta medida nos permite establecer que vamos a utilizar una tubería de ½ de pulgada, y ya que tenemos presiones bajas se puede elegir el polietileno.

Planos del Biodigestor

Para la realización los planos del biodigestor se utilizó el software de diseño computarizado INVENTOR 2017 con licencia original **Anexo 10**.

11. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

El biodigestor de polietileno diseñado, cumple de manera satisfactoria con los objetivos planteados en el proceso de investigación de tal manera que se ha logrado implementar esta alternativa con materiales existentes en lugar, lo que reduce significativamente el costo del prototipo lo cual permite a las familias del lugar optar por el sistema de tratamiento de residuos agrícolas.

El sistema completo del biodigestor es de fácil operación para las personas que integran la familia, lo que permitió continuar satisfactoriamente y obteniendo datos para tabular para previos análisis de otras implementaciones en el lugar. Debido a la gran demanda de ganadería para la producción de leche, también se puede hacer énfasis al estado del mediente, el cual es un punto muy importante en la implementación del proyecto.

Temperatura y Humedad relativa en el biodigestor

Con estos parámetros se diseñó el Biodigestor, en el cual, se fue tomando datos de Temperatura y humedad dentro del invernadero y dentro del biodigestor, los cuales fueron tabulados en la siguiente tabla para el análisis y promediación. En la salida del gas se adapta una entrada o punto de revisión con el cual se puede utilizar instrumentos para la obtención de datos

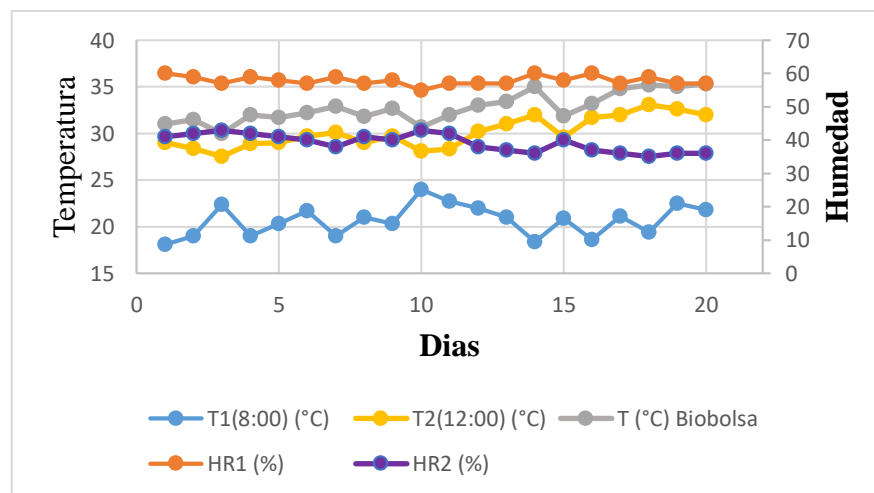
Tabla 17: Parámetros dentro del biodigestor y el invernadero.

| DIAS | TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DENTRO DEL INVERNADERO | | | | TEMPERATURA DENTRO DE LA BIOBOLSA | |
|------|---|---------|----------------|---------|-----------------------------------|--|
| | T1(8:00) (°C) | HR1 (%) | T2(12:00) (°C) | HR2 (%) | T3(12:00) (°C) | |
| 1 | 18,1 | 60 | 29 | 41 | 31 | |
| 2 | 19 | 59 | 28,4 | 42 | 31,5 | |
| 3 | 22,4 | 57 | 27,5 | 43 | 30 | |
| 4 | 19 | 59 | 28,9 | 42 | 32 | |
| 5 | 20,3 | 58 | 29 | 41 | 31,7 | |

| | | | | | |
|----|-------|----|------|----|-------|
| 6 | 21,7 | 57 | 29,7 | 40 | 32,2 |
| 7 | 19 | 59 | 30,1 | 38 | 32,9 |
| 8 | 21 | 57 | 29 | 41 | 31,8 |
| 9 | 20,3 | 58 | 29,7 | 40 | 32,7 |
| 10 | 24 | 55 | 28,1 | 43 | 30,7 |
| 11 | 22,7 | 57 | 28,3 | 42 | 32 |
| 12 | 22 | 57 | 30,2 | 38 | 33 |
| 13 | 21 | 57 | 31 | 37 | 33,4 |
| 14 | 18,4 | 60 | 32 | 36 | 35 |
| 15 | 20,9 | 58 | 29,6 | 40 | 31,9 |
| 16 | 18,6 | 60 | 31,7 | 37 | 33,2 |
| 17 | 21,1 | 57 | 32 | 36 | 34,8 |
| 18 | 19,4 | 59 | 33,1 | 35 | 35,2 |
| 19 | 22,5 | 57 | 32,6 | 36 | 35 |
| 20 | 21,8 | 57 | 32 | 36 | 35,3 |
| | 20,66 | 58 | 30,1 | 39 | 32,77 |

Fuente: Grupo de investigación.

Gráfica 1: Temperatura y humedad relativa en función del tiempo.



Fuente: Grupo de investigación.

Como se observa en el gráfico con la construcción del invernadero logramos aumentar la temperatura para garantizar el proceso generación de Biogas, obteniendo los siguientes resultados:

$T_{min} = 18,1^{\circ} C$.

$T_{\text{promedio}} = 25,38^{\circ} \text{C}$.

$T_{\text{max}} = 33,1^{\circ} \text{C}$.

Además, mediante la inspección del biodigestor, se estableció que al medio día aproximadamente se genera Biogás, debido a las burbujas que se observan en la válvula de presión, y lo cual nos permite establecer la temperatura promedio dentro de la biobolsa:

$T_{\text{biobolsa}} = 32,77^{\circ} \text{C}$.

Comparación del Biogás generado por el Biodigestor con relación al GLP

Se procedió a hervir un litro de agua en un recipiente utilizando las dos fuentes de energía, el biogás se recolecto en una funda vacía por un tiempo promedio establecido en la tabla para volverla a pesarla, de igual forma se pesó inicialmente al tanque de gas para utilizarlo por un tiempo promedio de la tabla y después volver a pesar al tanque gas, obteniendo los siguientes datos:

Peso inicial del Biogás: 0,46 Kg,

Tiempo en calentar 1 litro de agua a $80^{\circ} \text{C} = 0,2606 \text{ h}$.

Peso final del Biogás = 0,10 kg.

CB = Consumo de Biogás = 0,36 kg/0,26 h.

$$CB = \frac{0,36 \text{ kg de Biogas}}{0,26 \text{ h}} \quad \rightarrow \quad CB = 1,38 \frac{\text{kg de Biogas}}{\text{h}}$$

Peso inicial del tanque de gas = 25 Kg.

Tiempo en calentar 1 litro de agua a $80^{\circ} \text{C} = 0,2953 \text{ h}$.

Peso final del tanque de gas = 23,9 Kg.

CGLP = Consumo del GLP = 1,5 Kg/0,3 h.

$$CGLP = \frac{1,1 \text{ Kg de GLP}}{0,2953 \text{ h}} \quad \rightarrow \quad CB = 3,72 \frac{\text{Kg de GLP}}{\text{h}}$$

Relación de Consumo = $3,72/1,38 = 2,7/1$.

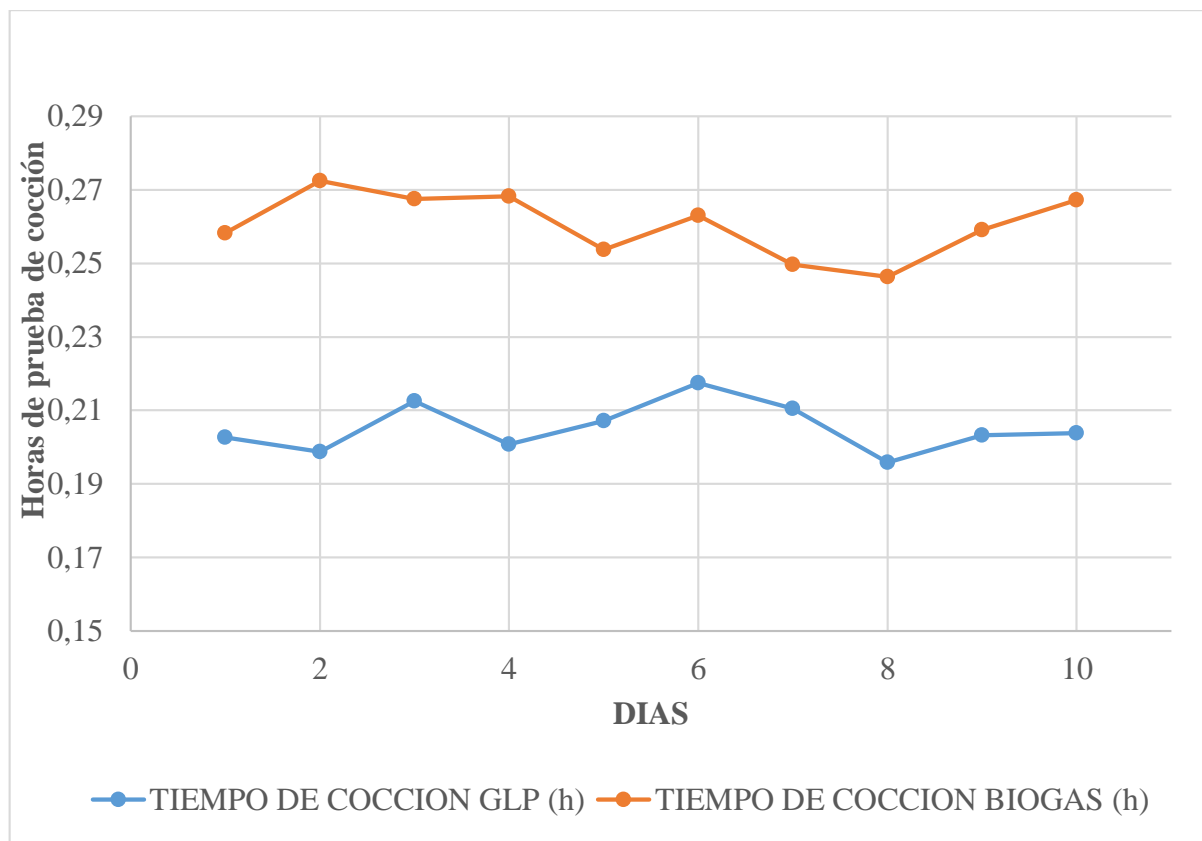
Tabla 18: Consumo de biogás ante el GLP.

| DIA | TIEMPO DE COCCION GLP (h) | TIEMPO DE COCCION BIOGAS (h) | TEMPERATURA AMBIENTE DEL AGUA ($^{\circ}\text{C}$) | TEMPERATURA FINAL DEL AGUA ($^{\circ}\text{C}$) |
|------------|----------------------------------|-------------------------------------|--|---|
| 1 | 0,2027 | 0,2583 | 20 | 80 |

| | | | | |
|----|---------------|---------------|--------------|-----------|
| 2 | 0,1988 | 0,2725 | 21 | 80 |
| 3 | 0,2125 | 0,2675 | 19,2 | 80 |
| 4 | 0,2008 | 0,2683 | 20,7 | 80 |
| 5 | 0,2072 | 0,2538 | 19,5 | 80 |
| 6 | 0,2175 | 0,263 | 19 | 80 |
| 7 | 0,2105 | 0,2497 | 19,6 | 80 |
| 8 | 0,1958 | 0,2463 | 21,5 | 80 |
| 9 | 0,2033 | 0,2591 | 19,9 | 80 |
| 10 | 0,2038 | 0,2672 | 19,7 | 80 |
| | 0,2053 | 0,2606 | 20,01 | 80 |

Fuente: Grupo de investigación.

Grafica 2: Comparación del tiempo de cocción del biogás ante el GLP.



Fuente: Grupo de investigación.

Monitoreo del pH

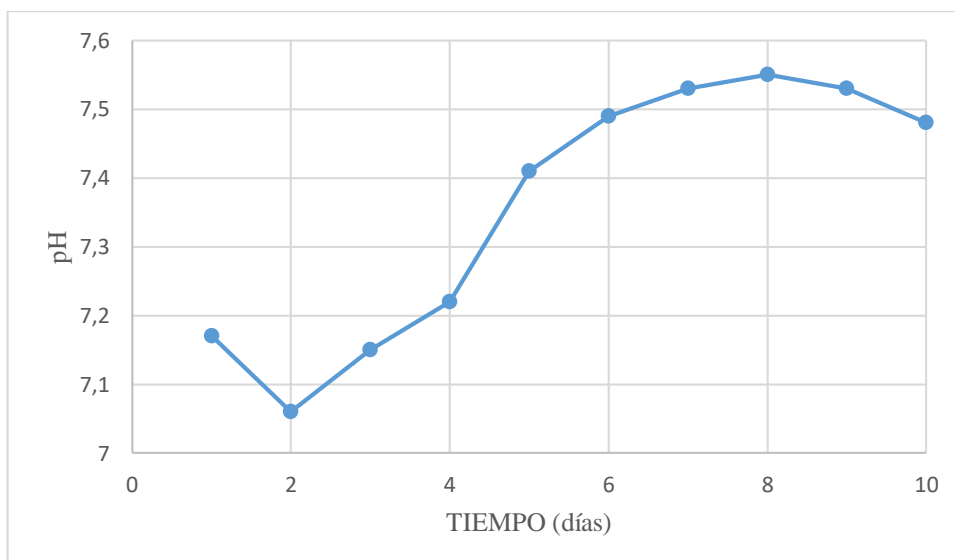
El pH es el factor que determina que cantidad de amoníaco en el biogás, no de bajar de 6, ni debe ser mayor a 8, para verificar que el biogás producido sea de buena calidad, se hizo un monitoreo del pH de la mezcla dentro de la biobolsa, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 19: Rangos de pH en un tiempo determinado.

| Tiempo (días) | pH |
|---------------|------|
| 1 | 7,17 |
| 2 | 7,06 |
| 3 | 7,15 |
| 4 | 7,22 |
| 5 | 7,41 |
| 6 | 7,49 |
| 7 | 7,53 |
| 8 | 7,55 |
| 9 | 7,53 |
| 10 | 7,48 |
| | 7,4 |

Fuente: Grupo de investigación.

Grafica 3: pH dentro del biodigestor.



Fuente: Grupo de investigación.

Para monitorear el correcto funcionamiento del biodigestor, se tomó datos diarios del pH, el cual está dentro de los rangos establecidos de 6 – 8 para una mejor calidad de biogás, el cual no necesita la adición de una sustancia en la babosa para la regulación.

12. IMPACTOS

Técnicos

Este sistema se implementó para el tratamiento de los residuos agrícolas, en especial al de ganado vacuno, creando una fuente de energía alternativa, además se puede utilizarlo para la investigación de otros residuos agrícolas, aportando gran información para futuras implementaciones.

Se lo realizó con materiales existentes en la región, además estos materiales cumplen con la norma establecida, haciendo que los costos de implementación sean bajos y accesible para los sectores rurales.

Ambientales

Para la humanidad la preservación del medio ambiente es uno de los mayores desafíos, por ese motivo surge la necesidad de tecnologías alternativas que están en auge a nivel mundial, con la implementación de sistemas que trabajan amigablemente con el ambiente y el aprovechamiento de los recursos disponibles, estableciendo un entorno prospero para la inserción de los sistemas de generación de biogás a partir del estiércol, obteniendo un beneficio para el sector agrario.

El diseño contribuye en la reducción de la contaminación ambiental con el tratamiento de los residuos de ganado vacuno, reduciendo los gases causantes de la contaminación, suplantando al anterior proceso que se realiza en la actualidad.

13. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

El presente proyecto requirió de una constante investigación, el presupuesto está basado en los materiales existentes en el lugar, analizadas con las normas para su implementación, además se incluye los gastos de mano de obra, transporte y alimentación, después de concluir con el proyecto las aplicaciones e implementaciones posteriores tendrán un costo más bajo en la

región, porque ya no se necesitará otro análisis de los laboratorios porque se consiguió afirmar la hipótesis.

Tabla 20: Presupuesto del proyecto.

| Resultados/Actividades | Proyecto de Investigación | | | | |
|--|---------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1er Bimestre | 2do Bimestre | 3er Bimestre | 4to Bimestre | 5to Bimestre |
| Búsqueda de Información Bibliográfica | 50,00 | | | | |
| Compra de materiales para la construcción del Biodigestor piloto. | | 60,00 | | | |
| Plástico térmico para invernadero, clavos y cinta para sellar uniones de plástico. | | 35,00 | | | |
| Medidor de temperatura y humedad relativa. | | | 60,00 | | |
| Rollo tubular de polietileno de baja densidad | | | 250,00 | | |
| Tubería y accesorios para la biobolsa. | | | 50,00 | | |
| Conjunto de transporte de Biogás y accesorios de protección. | | | | 150,00 | |
| Gastos Extras | | | | | 100,00 |
| Transporte | 10,00 | 10,00 | 50,00 | 20,00 | 40,00 |
| Total | 60,00 | 105,00 | 410,00 | 170,00 | 140,00 |

| | |
|----------------------|---------------|
| Total General | 885,00 |
|----------------------|---------------|

Fuente: Grupo de investigación.

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Realizado las indagaciones en las fuentes bibliográficas y analizando su contenido se adquiere conocimientos concretos sobre el diseño de biodigestores de polietileno tipo salchicha para sectores rurales, el cual facilito el procedimiento para la implementación del sistema unifamiliar en base a estiércol de ganado vacuno.
- Se establece los parámetros obtenidos con la caracterización y cuantificación del estiércol, con la construcción del invernadero se obtuvo temperaturas de hasta 35 °C, tiempo de retención de 30 días y producción diaria de biogás de 1,5 m³ satisfaciendo una demanda térmica del 30%.
- El tiempo para calentar 2 litros de agua con biogás hasta los 80° C, es poco mayor, que calentar 2 litros de agua en GLP (Gas licuado de petróleo), además, el biodigestor genera 1 m³ de biogás al día, lo cual satisface los 0,72 m³ para uso doméstico.

Recomendaciones

- Para la realización del proyecto tener presente medidas de protección de la biobolsa, para alargar la vida útil del diseño.
- Realizar el diseño acorde a las necesidades que se establezcan para realizar la implementación de este de procesos.
- Difundir en el sector sobre la aplicación del proyecto, debido a que es una buena alternativa para el tratamiento de los residuos agrícolas.

15. BIBLIOGRAFÍA.

- ACPA. (2009). Estiércol bovino. *Mitos y realidades*, 36. Obtenido de <http://www.actaf.co.cu/revistas/Revista%20ACPA/2009/REVISTA%2004/17%20ESTIERCOL%20BOVINO.pdf>
- Acuña, J. (2015). Diseño e implementación de un biodigestor para el tratamiento de excretas de ganado vacuno (Tesis de pregrado). Quito, Pichincha.
- AQUALIMPIA. (s.f. de 06 de 2013). *Niendorfer str.53 b 29525 uelzen*. Recuperado el 12 de 09 de 2016, de Control de procesos en biodigestores: <http://www.aqualimpia.com/PDF/Control-de-proceso.pdf>
- ARLSURA. (s.f.). *Señalización de tuberías*. Obtenido de <https://www.arlsura.com/index.php/component/content/article?id=1025>
- Avila, H. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación*. Guadalajara: Edmud.net.
- Botero, R., & Preston, T. (1987). *Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible*. Cuernavaca, Mexico: Fayetteville.
- CEPIS. (1996). *Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaeróbicos rurales*. Lima: A.G.V.
- Durán, L. (2012). *Manual de cultivos orgánicos y alelopatía*. Culiacan: Grupo Latino LTDA.
- ENDESA. (s.f. de s.f. de s.f.). *Centrales de biomasa*. Recuperado el 03 de 09 de 2016, de Endesa educa: http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/xiv.-las-centrales-de-biomasa
- Energía en línea. (2011). *Energía en línea*. Obtenido de Energía en línea: <https://www.sites.google.com/site/energiaenlinea/calendar>
- FACHAGENTUR NACHWACH ROHSTOFFE. (03 de 05 de 2013). *Guía sobre el biogas*. Recuperado el 28 de 08 de 2016, de Leitfadenbiogas: <https://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/1/e/leitfadenbiogas-es-2013.pdf>
- Herrero, M. (2008). *Biodigestores Familiares*. La Paz, Bolivia: Creative Commons.
- IDAE. (2007). *Biomasa: Digestores anaerobios*. Madrid: Fondo editorial IDAE.
- Lugones, B. (s.f. de s.f. de s.f.). *Análisis de biodigestores*. Obtenido de cubasolar: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia22/HTML/articulo04.htm>
- Olaya, Y., & Luis, G. (2009). *Fundamentos para el diseño de biodigestores*. Palmira: UNC.
- Oyala, Y., & Gonzales, L. (2009). *Fundamentos para el diseño de biodigestores*. Palmira: UNC.

- P. Formatec. (29 de Agosto de 2012). *Cálculos de tuberías de baja presión: P. Formación Técnica*. Obtenido de P. Formacion Tecnica: <http://javiponce-formatec.blogspot.com/2012/08/calculos-tuberias-de-gas-en-baja-presion.html>
- SEBAS - CSIC. (1 de Enero de 2012). *AGROWASTE*. Obtenido de AGROWASTE: <http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/DIGESTION-ANAEROBIA.pdf>
- SEMARNAT; SAGARPA. (2010). *Especificaciones técnicas para el Diseño y Construcción de Biodigestores*. Mexico D.F., Mexico: Firco.
- Silva, J. (1 de Abril de 2009). *Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental*. Obtenido de bvsde: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/biogas.pdf>
- UNASAM. (s.f. de s.f. de s.f.). *Biogas y Biabonos producidos en biodigestores tubulares*. Obtenido de UNASAM: <http://www.unasam.edu.pe/sistemas/biodigestores/documentos/BIODIGESTOR%20DE%20MANGA%20%20DE%20POLIETILENO.pdf>
- Varnero, M. (2011). *Manual de Biogas*. Santiago de Chile, Chile: Viale delle Terme di Caracalla.

16. ANEXOS

ANEXOS



L.V.Z. Hernán Calderón
Director ANIMALAB

CENTRO DE DIAGNÓSTICO CLÍNICO VETERINARIO "ANIMALAB CIA. LTDA."

Dirig.: Av. Pablo Guarderas y Mariana de Jesús
Telfs.: Of. 022314376 / Cel.: 0984 484 385 / 0997 984 371 • Mail: c.d.c.animalab@hotmail.com
Machachi - Ecuador

INFORME DE RESULTADOS

Código: R PCE AB- 19 01
Revisión: 03

Fecha de Aprobación: 2016-07-04

Nº DE CASO: A-581-2016
CÓDIGO: SVT-050-2016

| | | | |
|----------------------|-------------------------------|------------------|--|
| Fecha de recepción: | Viernes, 08 de julio del 2016 | | |
| Fecha de evaluación: | Viernes, 08 de julio del 2016 | | |
| Fecha de entrega: | Martes, 26 de julio del 2016 | | |
| PROPIETARIO: | Sr. Guillermo Torres | TELÉFONO: | 0985710997 |
| RUC: | S/D | UBICACIÓN: | Latacunga- Belisario Quevedo |
| HACIENDA: | Hacienda Torres | MAIL: | jmsv.27@gmail.com |
| SOLICITANTE: | Sr. Jesús Chacón | RESPONSABLE: | MVZ Hernán Calderón |
| ESPECIE: | Bovino | RAZA: | Holstein Frisian |
| Nº DE MUESTRAS: | 1 | EDAD: | 3 Años |
| PRUEBAS SOLICITADAS: | Humedad Sólidos Totales | TIPO DE MUESTRA: | Heces |

RESULTADOS

MUESTRA: HECES
IDENTIFICACIÓN: S/D

| CARACTERÍSTICAS | | |
|-----------------|-----------|----------------|
| HECES | COLOR | Característico |
| | OLOR | Característico |
| | ESTADO | Líquido |
| | CONTENIDO | 500 g |

INFORME

| PARÁMETROS | UNIDAD | MUESTRA | MÉTODO |
|------------------------|--------|---------------------|-----------------------------|
| Sólidos totales | % | 13,72 | MA113/AOC92510 |
| Materia orgánica | % | 24,30 | GRAVIMETRICO |
| Carbono orgánico total | % | 18,84 | EPA 9060 |
| Nitrógeno total | % | 1,26 | KJELDAHL EPA 3612 |
| Fósforo | mg/Kg | 120,28 | Booker Tropical Soil Manual |
| Potasio | mg/Kg | 12872,15 | Booker Tropical Soil Manual |
| Manganeso | mg/Kg | 301,5 | Booker Tropical Soil Manual |
| Zinc | mg/Kg | 101,58 | Booker Tropical Soil Manual |
| Cobre | mg/Kg | 20,88 | Booker Tropical Soil Manual |
| Hierro | mg/Kg | 857,33 | Booker Tropical Soil Manual |
| Humedad | % | 51,49 | Gravimétrico |
| Coliformes totales | Col/g | 5,2x10 ⁶ | SM 9222 B |
| Coliformes fecales | Col/g | 4,8x10 ⁴ | SM 9222 D |
| pH | - | 4,3 | -- |

REV 003

S.G.C. ANIMALAB ISO/IEC 17025:2005

1/1

| | | |
|--|---|-----|
| ANEXO 2 | Recolección de la muestra de estiércol. | 1-1 |
|  | | |
| <p>Fuente: Grupo de investigación.</p> | | |

| | | |
|--|-------------------------------|-----|
| ANEXO 3 | Cuantificación del estiércol. | 1-1 |
|  | | |
| <p>Fuente: Grupo de investigación.</p> | | |



Fuente: Grupo de investigación.



Fuente: Grupo de investigación.

**Fuente:** Caja de entrada y Salida.**Fuente:** Grupo de investigación.



Fuente: Grupo de investigación.



Fuente: Grupo de investigación.



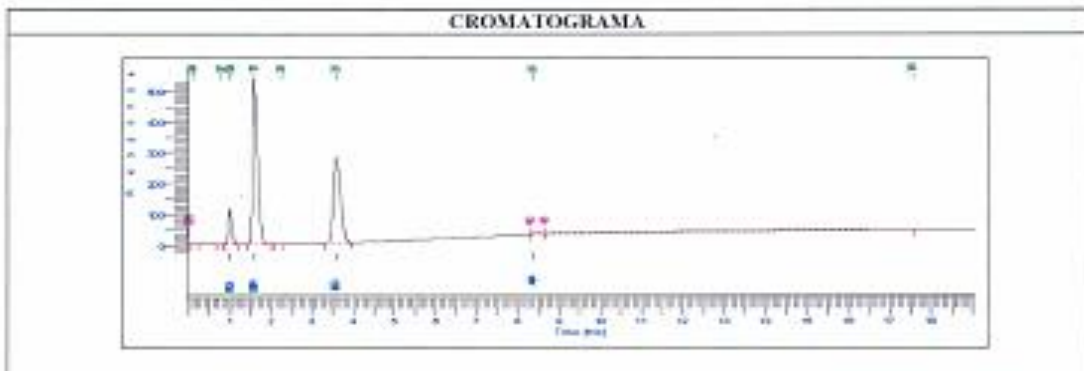
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL

REPORTE DE ANÁLISIS LAI-17-011
OT, 5061

| PARÁMETROS DE LA MUESTRA | | | |
|--------------------------|--------------|-------------------------------|------------|
| Cliente: | Jesús Chucho | | |
| Muestra: | Biogas | | |
| Fecha de recepción: | 30/01/2017 | Fecha de entrega del informe: | 01/02/2017 |

| CONDICIONES DE TRABAJO | | | |
|------------------------|----|---------------------|-----------------------|
| Temperatura (°C) | 20 | Norma de referencia | ASTM D 1945-03 (2010) |

| RESULTADOS | | | |
|--|--|----------|---------|
| COMPOSICIÓN | COMPONENTE | % Peso | % Moles |
| | Nitrógeno | 5.27 | 1.97 |
| | Oxígeno | 3.64 | 2.96 |
| | Metano | 36.77 | 59.91 |
| | CO2 | 54.88 | 32.51 |
| Agua | 0.45 | 0.65 | |
| PROPIEDADES | Densidad relativa | 0.904 | |
| | Peso molecular promedio [g/mol] | 26.07 | |
| | * Poder calorífico superior a 25°C [Btu/lb] | 14294.81 | |
| | * Poder calorífico superior a 25°C [Btu/pie ³] | 968.19 | |
| | * Poder calorífico superior a 25°C [Btu/lb] | 12881.56 | |
| * Poder calorífico inferior a 25°C [Btu/pie ³] | 872.47 | | |



| | |
|---|--|
| | |
| Ing. Lactia Montenegro | Ing. Gabriela Pérez |
| Jefa del Laboratorio de Análisis Instrumental | Especialista en técnicas de Análisis Químico |

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL
Quito - Ecuador

Fuente: Grupo de investigación.

Especificadas en las hojas siguientes.

Fuente: Grupo de investigación.

HOJA DE VIDA



DATOS PERSONALES

Nombres: Carlos Alfredo
Apellidos: Espinel Cepeda
Cédula Ciudadanía: 050268518-3
Fecha de Nacimiento: 16 de Abril de 1983
Edad: 33 años
Estado Civil: Casado
Dirección: Urbanización Miño Molina
Residencia: Latacunga
Teléfonos: 032812162
Celular /emergencias: 0984744165
Correo electrónico: chinoespinel@yahoo.es espinelc.caec@gmail.com

ESTUDIOS REALIZADOS

Educación Superior: Universidad Técnica de Cotopaxi

- Ingeniero en Electromecánica.
- Suficiencia en el Idioma Ingles.

Educación Secundaria: Colegio Técnico “Ramón Barba Naranjo”

- Bachiller técnico industrial.

Educación Primaria: Escuela “Simón Bolívar”

SEMINARIOS Y CAPACITACIONES

- Motor de Combustión Interna.
- Aplicaciones Informáticas para el Análisis Financiero en Proyectos de Inversión.
- Alternativas en Multimedia para la Enseñanza Aprendizaje en las Ciencias.
- Sistema Nacional Interconectado del Ecuador.
- Recursos Energéticos No Convencionales.
- Control de Calidad.
- Automatización Industrial.
- Segundas Jornadas Nacionales de Ingeniería en Electromecánica.

- Terceras Jornadas Nacionales de Ingeniería en Electromecánica.
- Montaje y Desmontaje de Rodamientos.
- Clasificación de Áreas Peligrosas y Tecnologías de Iluminación.
- Termografía y Alineación de Ejes.
- Licencia de riesgos eléctricos.
- Materiales para la ingeniería, tecnología del mecanizado y metrología dimensional.
- Prevención de Riesgos Eléctricos y de la Construcción.
- Primer congreso ELINDELM (Eléctrica, Industrial y Electromecánica)
- VII Feria UTCiencia (expositor)
- Segundo lugar en la Feria Interna Utecina 2016
- Ponente del II Seminario Internacional “Universidad-Sociedad”
- Ponente y participante en el I Congreso Internacional De Electromecánica y Eléctrica.
- Organizador y participante en las Jornadas Científicas Internacionales 2016.

EXPERIENCIAS LABORALES

- Universidad Técnica de Cotopaxi. Docente de la Carrera de Ingeniería Electromecánica (2015/2016)
- Novacero (032998400). Comprador de Repuestos Mecánicos y Eléctricos (2011/2015)
- Industrias Verton (023260641). Automatización de una inyectora de poliuretanos (2009/2010)
- Eduplastic (032271303). Jefe de producción y mantenimiento industrial (2001/2009)
- Tecni Industrias Mash. Operador de tornos y fresadoras (1999)
- Tornos Mena e Hijos (032809766). Ayudante y operador de tornos (1998)

OTROS MERITOS Y CONOCIMIENTOS

- Mejor Egresado de la Segunda Promoción de la Especialización de Ingeniería Electromecánica.
- Curso de AUTODESK INVENTOR 2013
- Manejo de Paquetes Informáticos (Word , Excel, Power Point, Internet)
- Brigadista y líder de brigada de primeros auxilios en Novacero Planta Lasso.
- Poder de Negociación con Proveedores Externos.
- Buenas Relaciones Interpersonales

REFERENCIAS PERSONALES

Ing. M.Sc. Diana Marín 0987778058
Decana de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
Universidad Técnica de Cotopaxi

Ing. Edwin Moreano MgC. 0984568934
Cordinador Carrera de Ingeniería Electromecánica
Universidad Técnica de Cotopaxi

Ing. Doris Villamarín 0998777305
Jefe de Compras NOVACERO

Ing. Geovanny Santacruz 0999731635
Jefe de Producción Tren 1 NOVACERO

Ing. Juan Carlos Pérez Salinas M.Sc. 0990311574
Administrador de Redes y Sistemas NOVACERO

Dra. Elizabeth Granja 0958844206
Medico Ocupacional de Planta Lasso NOVACERO

Sr. Tomas Verbik 0996037993
Gerente General INDUSTRIAS VERTON

Sr. John Maldonado 0987780648
Gerente General EDUPLASTIC

Lic. Néstor Gómez 0983506398
Gerente Tecni Industrias Mash

Sr. Miller Mena 0984124610
Tornos Mena e Hijos

HOJA DE VIDA



DATOS PERSONALES

APELLIDOS Y NOMBRES: Chacha Pumasunta Jesús Manuel
C.I. No: 050293369-0
FECHA DE NACIMIENTO: 27 de octubre de 1987
NACIONALIDAD: Ecuatoriano
ESTADO CIVIL: Soltero
TIPO DE SANGRE: ARH+
DIRECCIÓN DOMICILIARIA: Vicente León y Av. Circunvalación, Salcedo
TELÉFONO: 032-727-759
CELULAR: 0995014108
EMAIL: jevus.27@gmail.com

PERFIL

Carácter emprendedor, dinámico, responsable, puntual, trabajo en equipo, visionario y motivador, etc.

ESTUDIOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS

INSTITUCIÓN PRIMARIA: Escuela Fiscal Mixta “Federico Gonzales Suarez”
INSTITUCIÓN SECUNDARIA: Colegio Nacional Experimental “Salcedo”
TÍTULO DE BACHILLER: Físico-Matemático

ESTUDIOS SUPERIORES

Ingeniería Electromecánica
Universidad Técnica de Cotopaxi
Latacunga, Ecuador, 2016

Fecha: 13 de agosto de 2011.

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI: UNIDAD DE BIENESTAR ESTUDIANTIL
Reconocimiento por haber obtenido beca al mérito académico
Duración: Periodo Octubre 2011 – Marzo 2012.

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI.
Certificado Suficiencia en Ingles.

EXPERIENCIA PROFESIONAL

JWEB.NET
SERVICIOS INFORMATICOS Y DE MANTENIMIENTO DE COMPUTADORAS.

Funciones: Asistencia Técnica, servicio al cliente, proyectos eléctricos, Instrucción en (Word, Excel, Power Point, AutoCAD, Física, circuitos eléctricos.

Período: junio de 2011 - Septiembre de 2013

RUC: 0502965247001

Telf. 032-295-152

PASANTIAS PRE-PROFESIONALES EN IMHOTEP COSTRUCTORES.

Funciones: Residente de Obra en Distribución de Media y Baja tensión, Medidores, Instalaciones residenciales.

Periodo: Agosto del 2015 – Enero del 2016

Telf. 032805610-0969059948-0998940500

REFERENCIAS

Ing. José Mise Pasuña

Telf. 0998679276

Tlgo. Carlos Chicaiza Lescano

Telf. 0987898222

Ing. Amanda Perez Pumasunta

Telf. 098764025

Tlgo. Cristian Pumasunta Caiza

Telf. 0995837513

HOJA DE VIDA



DATOS PERSONALES

NOMBRE:
DOCUMENTO DE IDENTIDAD:
FECHA DE NACIMIENTO:
LUGAR DE NACIMIENTO:
ESTADO CIVIL:
DIRECCIÓN Y CIUDAD DE RESIDENCIA:
TELÉFONO:
E-MAIL:
PERMISO DE CONDUCCIÓN:

Alex Danilo Flores Erreyes
0503285983
28 Marzo de 1990
Latacunga, La Matriz
Soltero
Barrio San Felipe, Calle Rafael M Vásquez. Latacunga
03225-3611 / 0998926399
lex_9850@hotmail.com
Licencia tipo B

ESTUDIOS

| | |
|------------------------------|---|
| Estudios Primarios: | Escuela "Manuel Salcedo" |
| Estudios Secundarios: | Instituto "Ramón Barba Naranjo" Bachiller Técnico en Mecanizado y Estructuras Metálicas |
| Universitarios: | Universidad Técnica de Cotopaxi Ingeniero Electromecánico |
| Idioma Extranjero: | Suficiencia en idioma Inglés. (Universidad Técnica de Cotopaxi) |
| Dominio del idioma hablado | (Bueno) |
| Dominio del idioma escrito | (Bueno) |

SEMINARIOS Y OTROS

“QUINTO CONGRESO NACIONAL DE ELECTRICIDAD Y ENERGIAS ALTERNATIVAS”, Avalado por la Universidad de Cuenca, Ministerio de Electrividad y Energías Alternativas, duracion 32 horas, Cuenca 7, 8, 9 de Noviembre, 2013.

“SEGUNDO JORNADAS DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTROMECHANICA CON ENFOQUE DE TECNOLOGIA”, Avalado por la Universidad Tecnica de Cotopaxi, La Carrera de Ingenieria Electrica y Electromecanica, duracion 40 horas, Latacunga 21 de Enero, 2014.

“TERCER SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTROMECHANICA CON ENFOQUE DE TECNOLOGIA”, Avalado por la Universidad Tecnica de Cotopaxi, La Carrera de Ingenieria Electrica y Electromecanica, duracion 32 horas, Latacunga 3,4 y 5 de Febrero, 2015.

“LICENCIA DE PREVENCION DE RIESGOS ELECTRICOS” Avalado por Coporsuper, Ministerio de Educación, Ministerio de Relaciones Laborales, Secretaria Técnica de Capacitación y Formación Profesional, CISHT (Comité Internacional de Seguridad e Higiene del Trabajo), duración 60 horas, Latacunga 06 de Octubre, 2013.

EXPERIENCIA LABORAL

INSTITUTO TECNOLOGICO “RAMON BARBA NARANJO”

CARGO: Tecnico Industrial en mantenimiento estructural.

FUNCIONES: Mantenimiento.

JEFE INMEDIATO: Lic. Antonio Medina

Julio 2006

KONTROLEC

CARGO: Técnico Electrico.

FUNCIONES: Cambio de medidores e instalación de circuito expreso.

JEFE INMEDIATO: Ing. Carlos A. Chiluisa R.

TELEFONO: 2 602394 / 0996041651

GYS INGENIEROS CIA. LTDA.

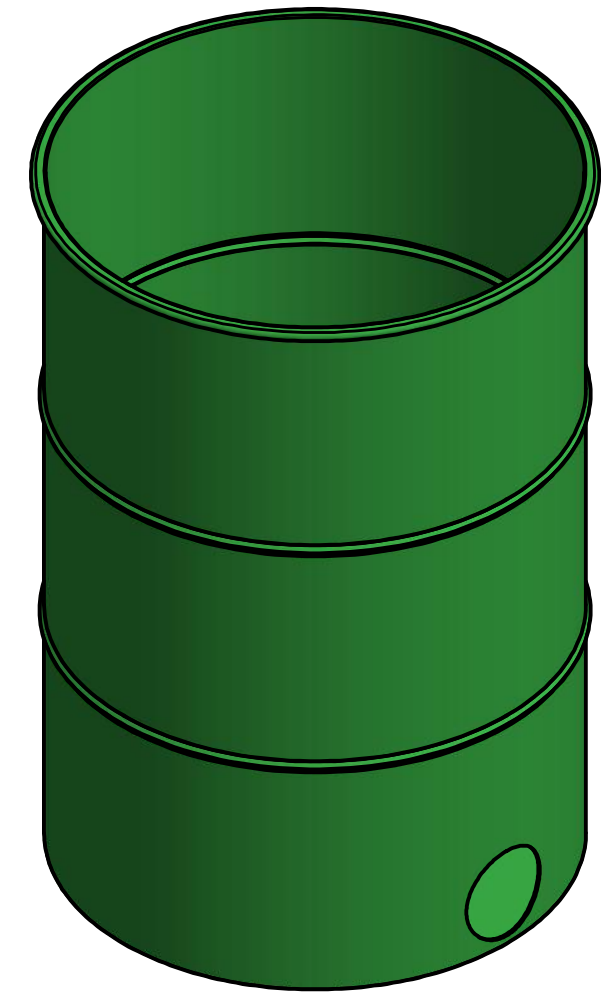
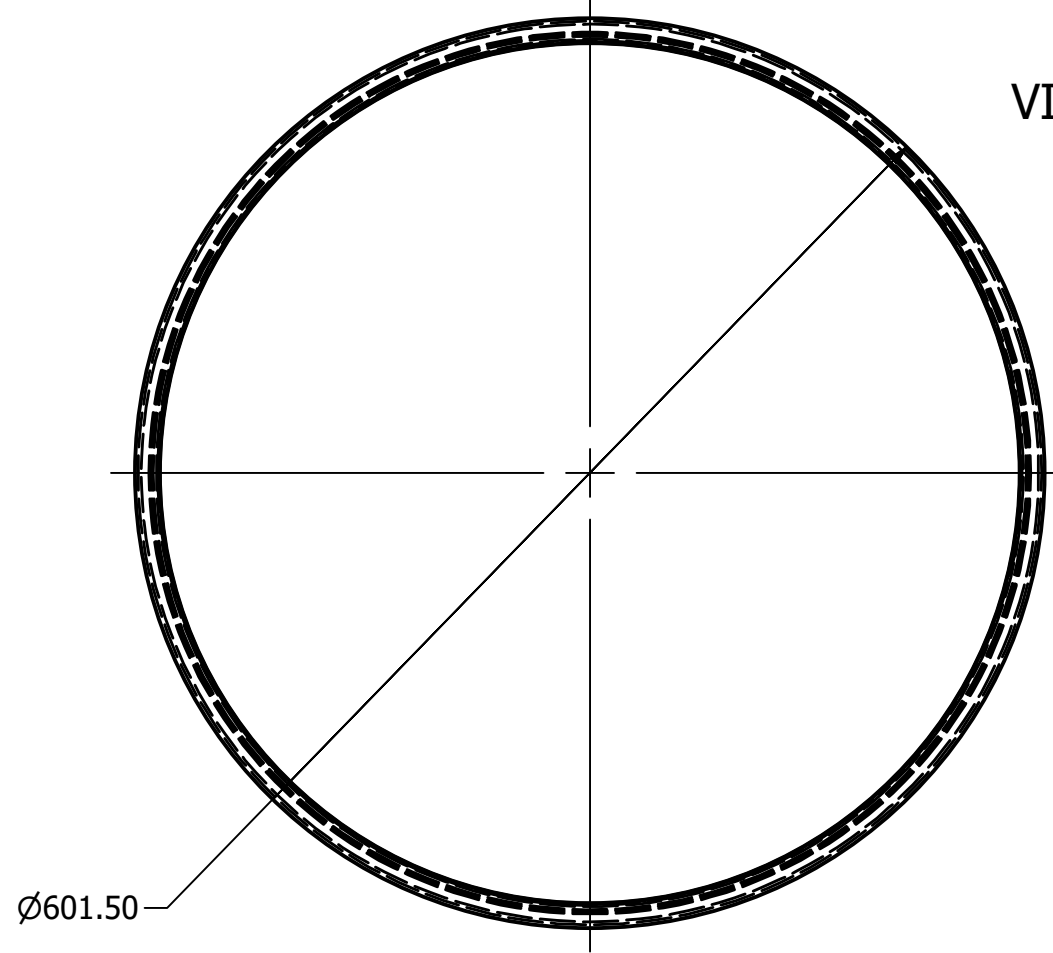
CARGO: Pasantias como Asistente Tecnico. Departamento de Ingenieria y Construccion

FUNCIONES: Estudios técnicos, repotenciación de transformadores, análisis de redes eléctricas en baja tensión.

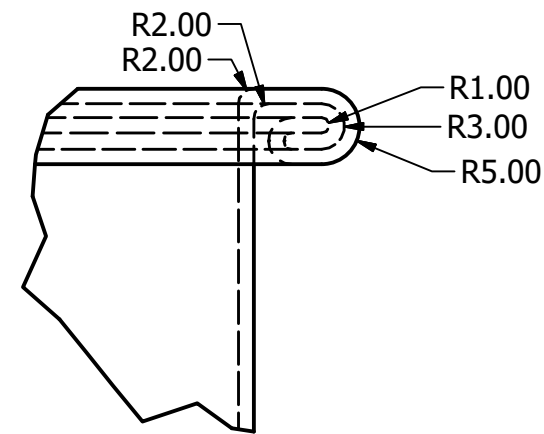
JEFE INMEDIATO: Ing. Galo Gallo

TELEFONO: 0999234212

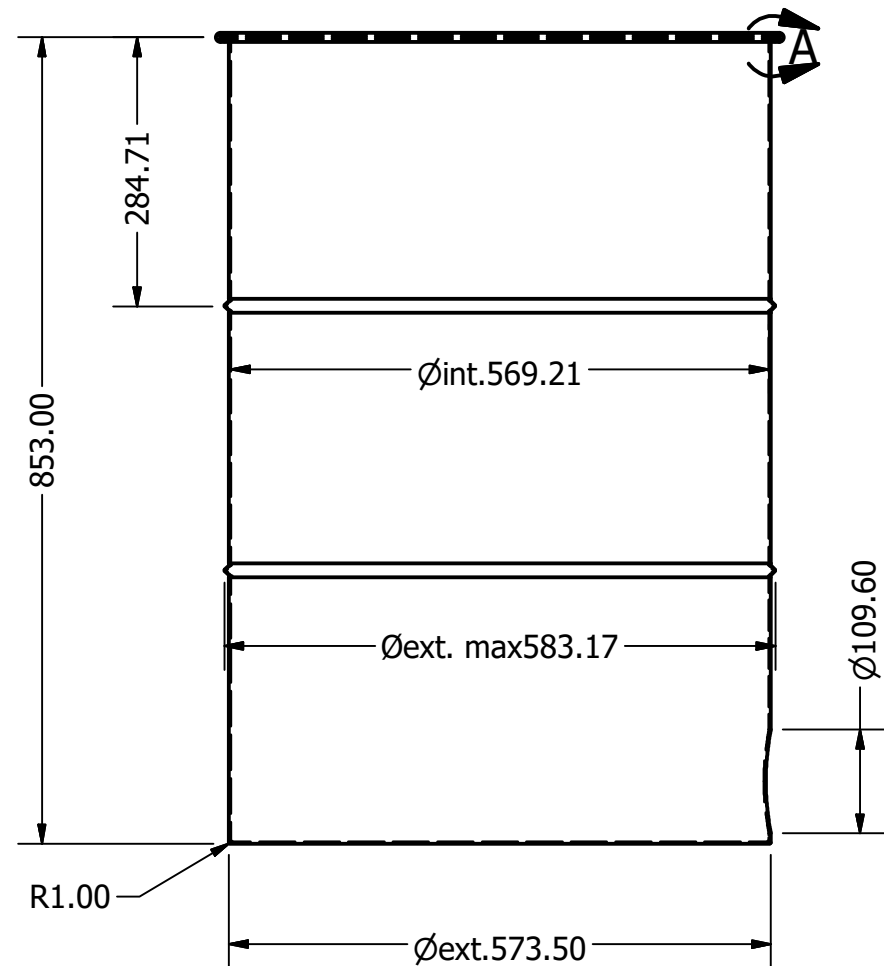
VISTA SUPERIOR
SCALE 1 / 5



ISOMETRICO

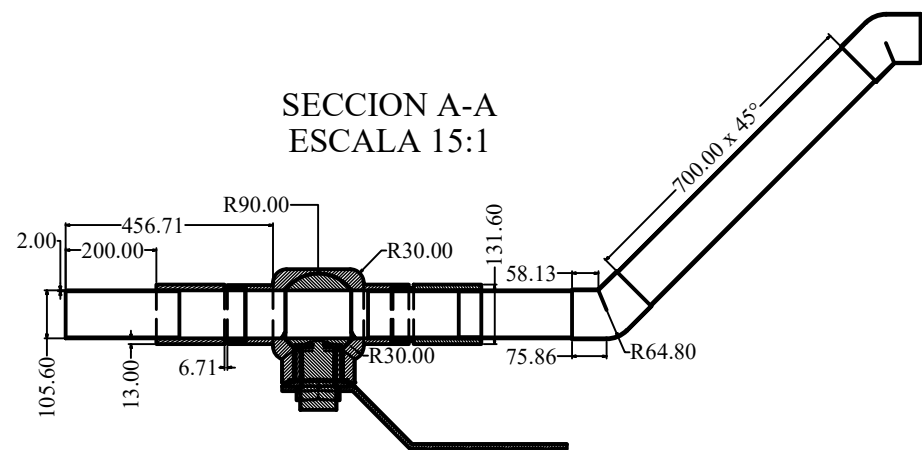


DETAIL A
SCALE 1:1

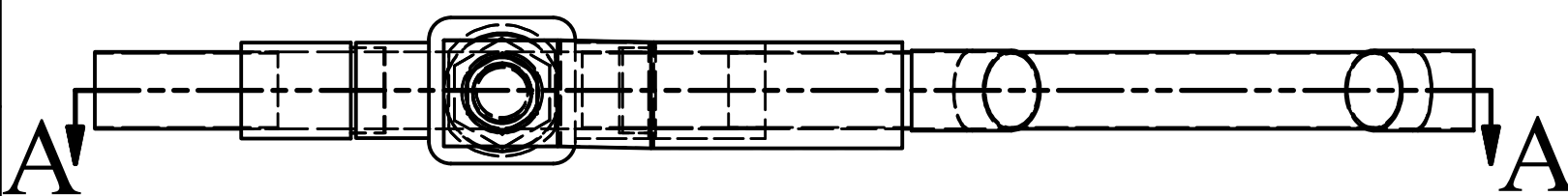


VISTA FRONTAL

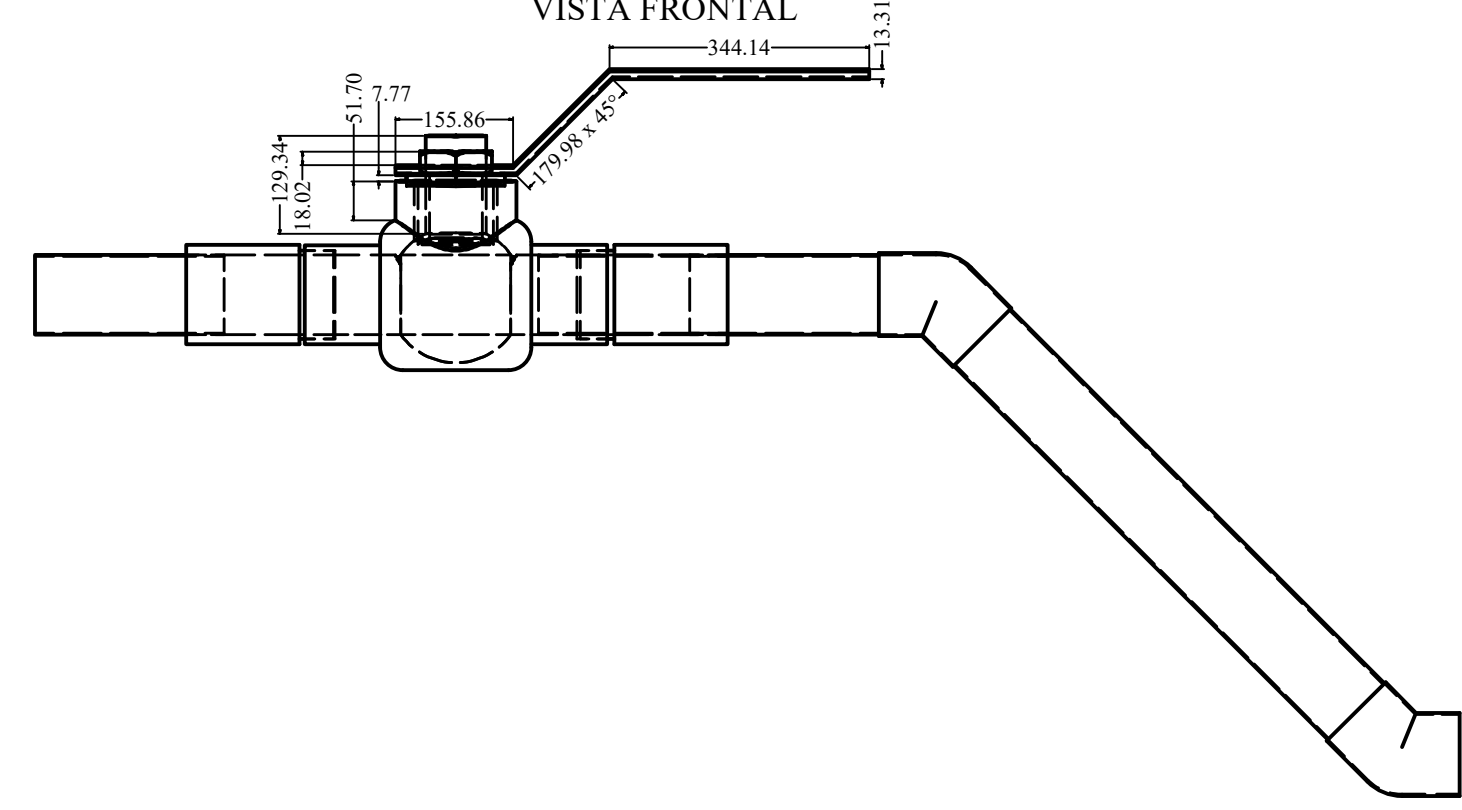
| | | | | | |
|----------------------|---|---------------|-----------------------------|-----------------------|------|
| E | E | U.T.C. | INGENIERIA ELECTROMECHANICA | | |
| Tratamiento Térmico: | No aplica | | Dib. | Chacha J. & Flores A. | 2017 |
| Recubrimiento: | | | Dis. | | 02 |
| Materiales: | Acero Galvanizado | Tol. Gral: | Escala: | 1/8 | Rev. |
| Denominación: | Tanque cilindro de entrada de la carga | | Nº de Dibujo: | Lamina 1 de 4 | |



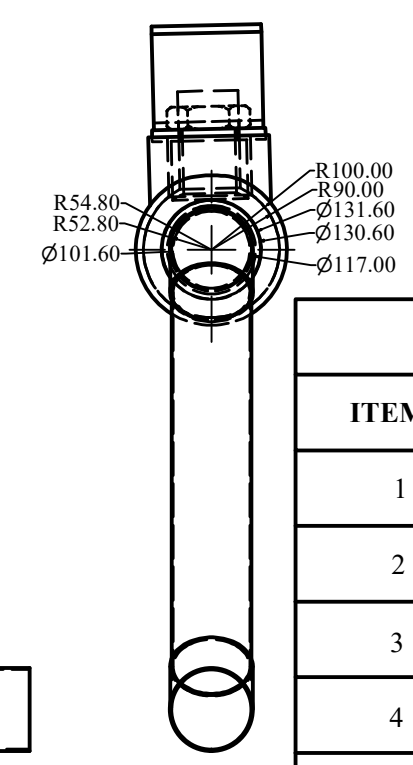
VISTA SUPERIOR



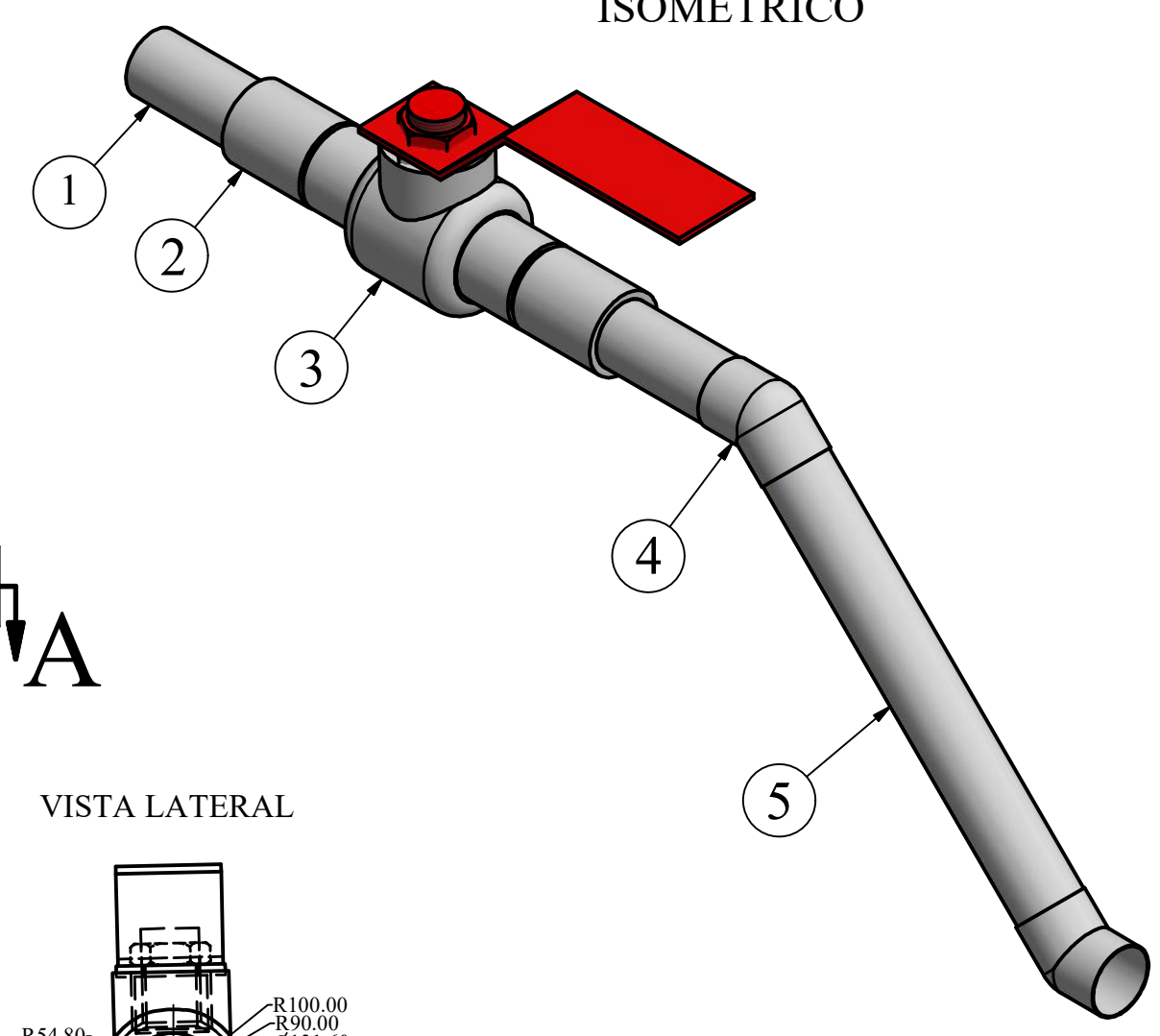
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



ISOMETRICO



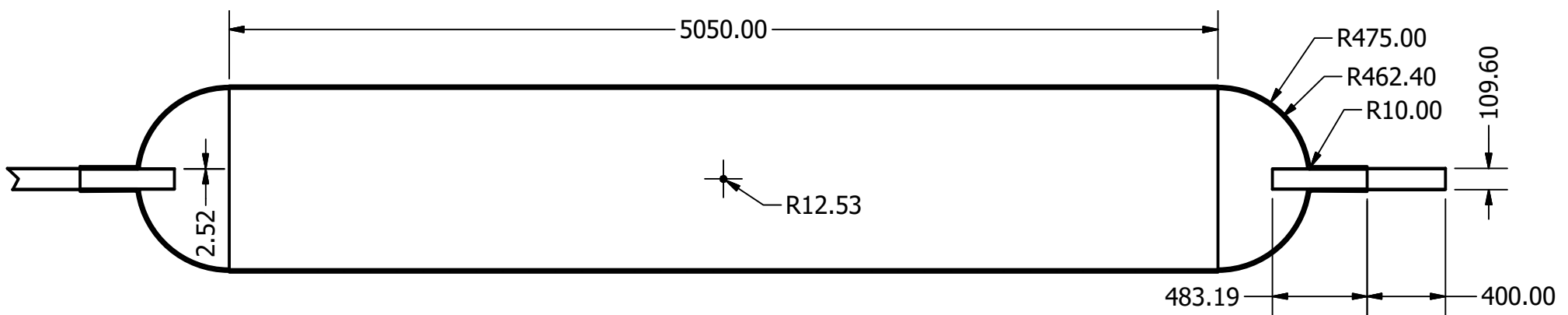
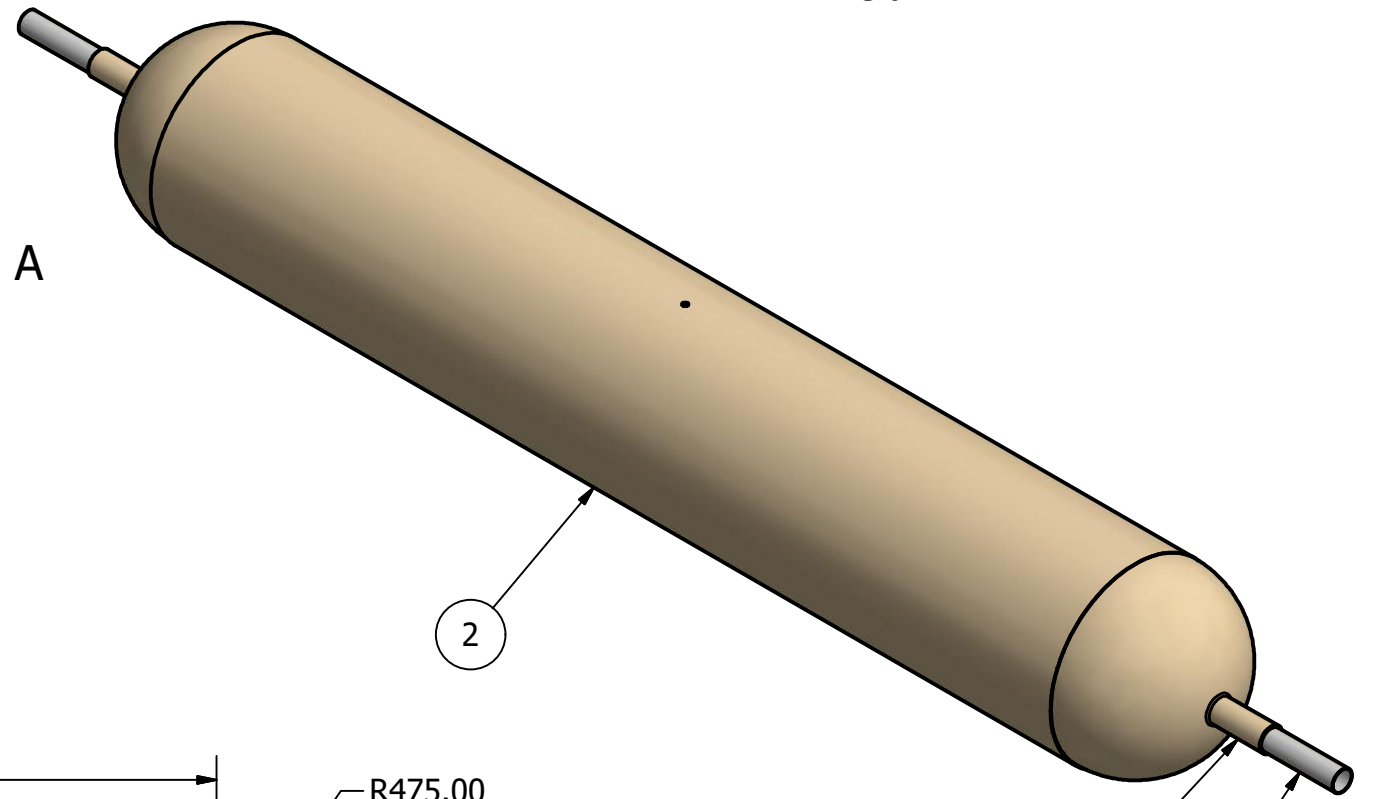
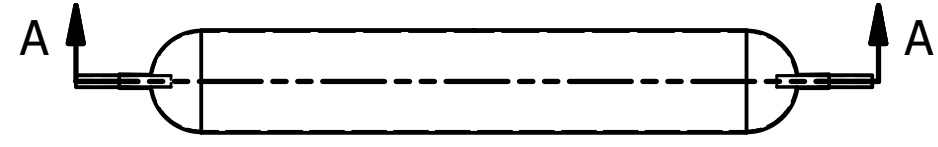
PART LIST

| ITEM | QTY | PART NUMBER | DESCRIPTION |
|------|-----|-------------------------------|----------------|
| 1 | 2 | Sección de tubo de 4 pulgadas | Plastico - PVC |
| 2 | 2 | Adaptador de rosca y presión | Plastico - PVC |
| 3 | 1 | Valvula de paso | Plastico - PVC |
| 4 | 2 | Codo de 45° | Plastico - PVC |
| 5 | 1 | Sección de tubo | Plastico - PVC |

| | | | | | | | |
|------------------------------------|--|---------------|--|-----------------|--|-----------------------------|--|
| E | | E | | U.T.C. | | INGENIERIA ELECTROMECHANICA | |
| Tratamiento Térmico: | | | | | | | |
| Recubrimiento: | | | | | | | |
| Materiales: | | | | Tol. Gral: | | Escala: | |
| Especificada en la lista de partes | | | | | | 1:12 | |
| Denominación: | | N° de Dibujo: | | Dib. | | 2017 | |
| Linea de carga del biodigestor | | Lamina 2 de 4 | | Dis. | | 02 | |
| | | | | Rev. | | 06 | |
| | | | | Ing. Espinel C. | | | |

ISOMETRICO
ESCALA 1/30

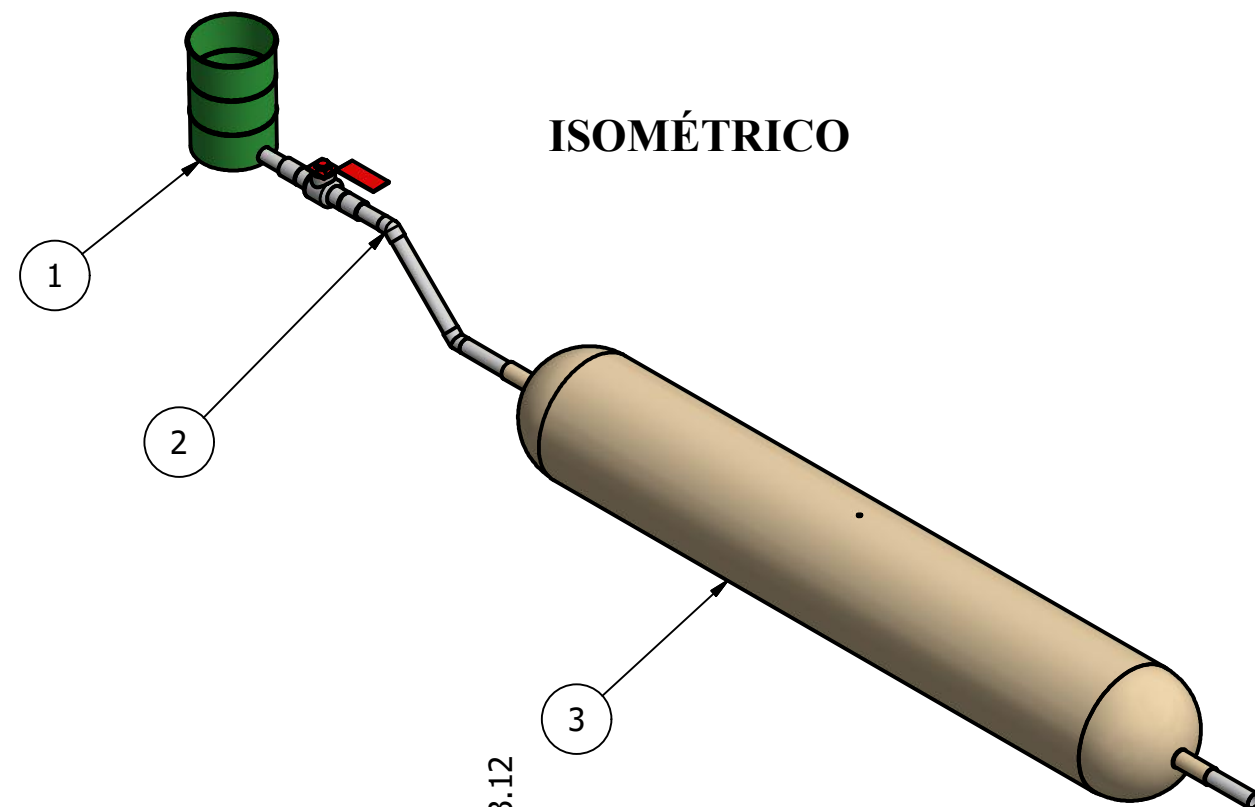
VISTA FRONTAL
ESCALA 1/70



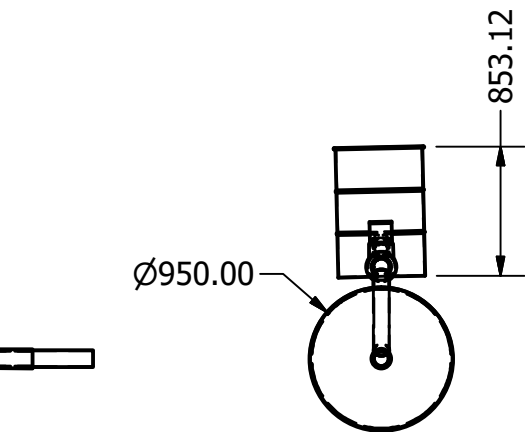
SECTION A-A
SCALE 1 / 30

| PART LIST | | | |
|-----------|----------------|----------------------------|------------------------------|
| ITEM | QTY | PART NUMBER | DESCRIPTION |
| 1 | 20 m. de rollo | Plastico tubular calibre 8 | Polietileno de baja densidad |
| 2 | 2 | Seccion de tubo de 4 pulg. | Plastico - PVC |
| 3 | 2 | Seccion de tubo de 4 pulg. | Plastico - PVC |

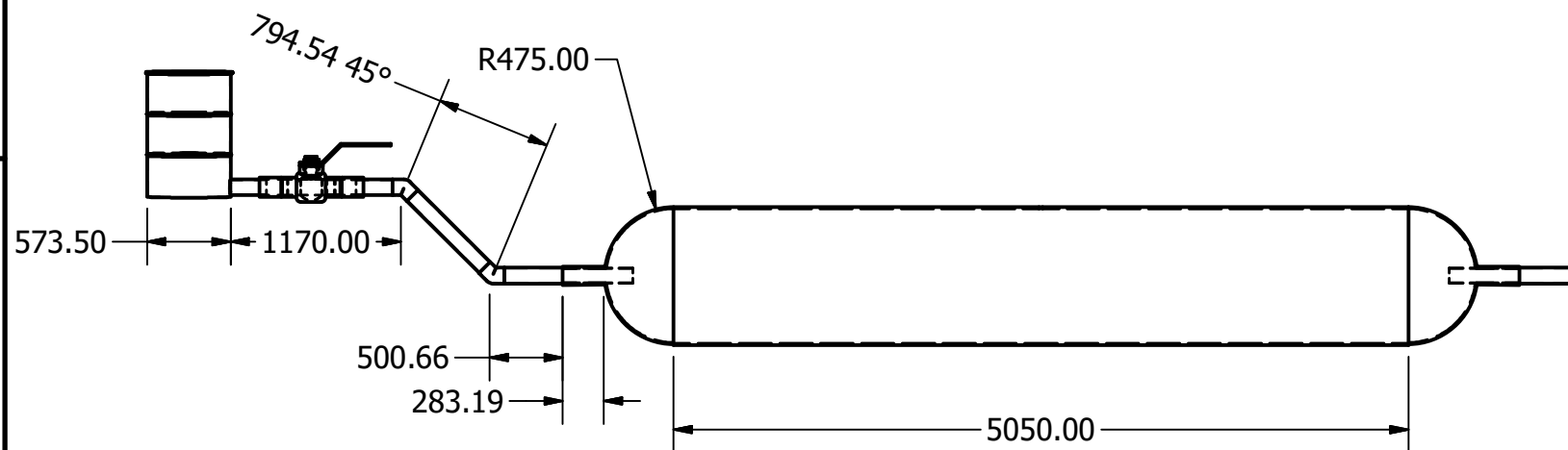
| | | | | | |
|-------------------------|--------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------|------|
| E | E | U.T.C. | INGENIERIA ELECTROMECHANICA | | |
| Tratamiento Térmico: | | | Dib. | Chacha J. & Flores A. | 2017 |
| Recubrimiento: | | Escala: | Dis. | | 02 |
| Materiales: | Especificada | Tol. Gral: | Rev. | Ing. Espinel C. | 06 |
| Denominación: | | N° de Dibujo: | | | |
| Biobolsa Tubular | | Lamina 3 de 4 | | | |



ISOMÉTRICO



VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL

| PART LIST | | | |
|-----------|-----|----------------------------|------------------------------|
| ITEM | QTY | PART NUMBER | DESCRIPTION |
| 1 | 1 | TANQUE CILINDRO DE ENTRADA | ACERO GALVANIZADO |
| 1 | 1 | LÍNEA DE CARGA | PLASTICO - PVC |
| 1 | 1 | BIOBOLSA | POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD |

| | | | | | | | |
|----------------------|------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------|---------------|-----------------|----|
| E | E | U.T.C. | INGENIERIA ELECTROMECHANICA | | | | |
| Tratamiento Térmico: | | | Dib. | CHACHA & FLORES | 2017 | | |
| Recubrimiento: | | Dis. | | 02 | | | |
| Materiales: | IND. EN LA TABLA | Tol. Gral: | Escala: | 1/50 | Rev. | ING. ESPINEL C. | 06 |
| Denominación: | | SISTEMA DE GENERACION DE BIOGAS | | | Nº de Dibujo: | Lamina 4 de 4 | |