



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“DISEÑO DE UN BIODIGESTOR ANAERÓBICO PARA LA
OBTENCIÓN DE BIOGÁS, A PARTIR DE LAS EXCRETAS
DE GANADO VACUNO EN EL RANCHO GUADALUPE, EN
EL CANTÓN MOCHA PROVINCIA DE TUNGURAHUA EN
EL AÑO 2015”**

Trabajo de titulación presentando para obtener el grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: TATIANA CAROLINA TOSCANO SANGUIL

RIOBAMBA-ECUADOR

2016

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: el trabajo de investigación **“DISEÑO DE UN BIODIGESTOR ANAERÓBICO PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGÁS, A PARTIR DE LAS EXCRETAS DE GANADO VACUNO EN EL RANCHO GUADALUPE, EN EL CANTÓN MOCHA PROVINCIA DE TUNGURAHUA EN EL AÑO 2015”**, de responsabilidad de la señorita egresada Tatiana Carolina Toscano Sanguil, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Edmundo Caluña
DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN

Ing. Juan González
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

HOJA DE RESPONSABILIDAD

“Yo, Tatiana Carolina Toscano Sanguil, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”.

Tatiana Toscano

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Tatiana Carolina Toscano Sanguil, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 3 de Diciembre de 2015

TATIANA CAROLINA TOSCANO SANGUIL

Cedula de Identidad 180404081-2

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos que han estado en los buenos y malos momentos durante estos años de estudio.

De una manera especial se lo dedico a mi hijo por venir a mi vida y llenarme de fortaleza para continuar, y a quienes ya no están conmigo en la Tierra pero siempre estarán presente en mi corazón y mis recuerdos en especial a Mami Chana, una persona ejemplar quien siempre con una sonrisa lo arreglaba todo.

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermanos quienes a pesar de todo siempre me han apoyado para continuar hasta el final de una de mis metas, a Danny y a mis amigos que me han apoyado y colaborado de una u otra forma para culminar con mi trabajo de titulación.

Agradezco a la ESPOCH por ser una institución seria con personas que más que docentes han sido guías dentro de sus aulas, un fuerte Gracias!! a mi tutor, Dr. Rodrigo C. y a mi colaborador Ing. Juan G. por ser un buen apoyo en la realización del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
RESUMEN	iii
ABSTRAC	iv
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Situación Problemática.....	1
1.2 Justificación de la Investigación	3
1.3 Objetivos de la Investigación	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivos Específicos	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	6
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	6
2.2 Bases Teóricas	7
2.2.1 Composición del Estiércol	7
2.2.2 Uso de los Estiércoles	8
2.2.3 Abono Orgánico	8
2.2.4 Fundamentos de la Fermentación Metanogénica	10
2.2.4.1 Etapas de la Fermentación Metanogénica	10
2.2.4 Biodigestores.....	15
2.2.5 Digestor Circular de Domo Fijo Usado en China.....	15
2.2.5.1 Digestor Janata con Domo Fijo.....	17
2.2.5.2 Digestor Tubular de Polietileno	18
2.2.6 Componentes de un Digestor Anaerobio.....	19
2.2.6.1 Reactor.....	19
2.2.6.2 Ingreso del Afluente.	19
2.2.6.3 Salida del Afluente.	20
2.2.6.4 Extracción de Lodos.....	20

2.2.6.5	Sistema de Gas.....	20
2.2.7	Beneficios Ambientales de la Digestión Anaeróbica	21
2.2.8	Biogás	21
2.2.9	El Biogás Para Generación de Electricidad.....	22
2.2.10	El Biogás Para Combustible Para Cocina	23
2.2.11	Manejo del Biogás Producido.....	23
2.2.12	Ventajas de los Biodigestores	24
2.2.13	Dificultades Técnicas de los Biodigestores	25
2.3	Marco Conceptual	26
CAPÍTULO III		27
METODOLOGÍA		27
3.1	Tipo y Diseño De Investigación	27
3.2	Unidad de Análisis.....	27
3.3	Población de Estudio.....	28
3.3.1	Tamaño de la Muestra.....	28
3.4	Técnicas de Recolección de Datos	28
3.5	Análisis e Interpretación de la Información.....	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		35
4.1	Línea Base del Lugar de Estudio YANAHURCO.....	35
4.1.1	Límites.....	35
4.1.2	Clima	35
4.1.3	Análisis de la Vivienda. Agua y Red Eléctrica	36
3.1.4	Ganadería	37
4.2	Línea Base de Rancho Guadalupe	37
4.2.1	Infraestructura Vial	38
4.2.2	Servicios Básicos	38
4.2.3	Flora Existente en el Rancho	38
4.2.4	Fauna Existente en el Rancho	39
4.3	Cálculo Para Determinar la Capacidad de Carga Animal.....	39
4.3.1	Producción total de potrero	40

4.3.2	Pasto perdido por pisoteo.....	40
4.3.3	Pasto aprovechable.....	40
4.4	Resultado de la Caracterización del Estiércol	44
4.4.1	Análisis de Resultados Físicos y Químicos	44
4.4.1.1	Determinación del pH.....	45
4.4.1.2	Demanda Química de Oxígeno	45
4.4.1.3	Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	45
4.4.1.4	Ceniza	46
4.4.1.5	Sólidos Disueltos	46
4.4.1.6	Sulfuros	46
4.4.2	Análisis de Resultados Coproparasitarios	46
4.5	Cuantificación de la Carga Diaria de Estiércol Encontrado en el Rancho. 48	
4.6	Encuesta	49
4.7	Selección de un Biodigestor Adecuado Para el Rancho.	61
4.8	Cálculos Para el Dimensionamiento del Biodigestor	63
4.8.1	Requerimientos de Energía.....	64
4.8.2	Cantidad de Unidades Animal para cumplir requerimientos.....	65
4.8.3	Volumen de la carga diaria de entrada.....	68
4.8.4	Tiempo de Retención	69
4.8.5	Volumen del digestor.....	69
4.8.6	Volumen Líquido	70
4.8.7	Volumen Gaseoso	70
4.8.8	Estimación de la Producción de Biogás	70
4.8.9	Dimensionamiento de la zanja del biodigestor	72
4.8.10	Pendiente de la zanja.....	74
4.9	Producción de bioabono.....	74
CAPÍTULO V.....		76
IMPACTOS		76
5.1	Propuesta Para la Solución del problema	76
5.1.1	Dimensionamiento del Biodigestor y Elaboración de Planos.....	76

5.1.2	Resumen de resultados de diseño	77
5.1.2	Localización del biodigestor dentro del rancho Guadalupe	78
5.1.3	Elaboración de planos.....	79
5.2	Costos de Implementación.....	79
5.3	Beneficios que Aporta la Propuesta	82
CONCLUSIONES		84
RECOMENDACIONES		85
BIBLIOGRAFÍA		86
ANEXOS.....		89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N. 1-3. Método empleado para el análisis físico-químico del estiércol vacuno.	33
Tabla N. 1-4. Flora del Rancho Guadalupe, 2015.....	38
Tabla N. 2-4. Fauna del Rancho Guadalupe, 2015.....	39
Tabla N. 3-4. Unidades Animal	41
Tabla N. 4-4. Resultados físico químicos, In-situ	44
Tabla N. 5-4. Resultados físico químicos, Ex-situ	44
Tabla N. 6-4. Resultado coproparasitario microscópico	47
Tabla N. 7-4. Peso de ejemplares en el rancho Guadalupe.....	48
Tabla N. 8-4. Recolección de estiércol en estado de estabulación	49
Tabla N. 9-4. Género	50
Tabla N. 10-4. Nivel Académico.....	50
Tabla N. 11-4. Tipo de combustible	51
Tabla N. 12-4. Valor del combustible	52
Tabla N. 13-4. Uso del combustible	53
Tabla N. 14-4. Promocionar energía alternativa.....	54
Tabla N. 15-4. Conoce energía alternativa	55
Tabla N. 16-4. Adquiriría biogás.....	56
Tabla N. 17-4. Biogas positivo	57
Tabla N. 18-4. Recolectar excretas.....	58
Tabla N. 19-4. Efectos negativos del biogas.....	59
Tabla N. 20-4. Ha pesado excretas.....	60
Tabla N. 21-4. Comparación de los modelos de biodigestores más empleados...	62
Tabla N. 22-4. Características del estiércol en algunos animales.....	63
Tabla N. 23-4. Dimensiones de la zanja	72
Tabla N. 24-4. Posibles dimensiones de la zanja.....	73
Tabla N. 25-4. Elementos en el estiércol fresco y biodigerido	74
Tabla N. 1-5. Requerimiento energético en el Rancho Guadalupe, 2015	77
Tabla N. 2-5. Resultados de diseño	77
Tabla N. 3-5. Presupuesto de materiales.....	79
Tabla N. 4-5. Personal para la construcción	80
Tabla N. 5-5. Transporte	80
Tabla N. 6-5. Costo total	80
Tabla N. 7-5. Requerimientos económicos a través de los años	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N. 1-2. Esquema de reacciones de la digestión anaeróbica de materiales poliméricos.....	11
Figura N. 2-2. Digestor de domo fijo	16
Figura. N 3-2. Digestor Janata con domo fijo	17
Figura N. 4-2. Digestor tubular de polietileno	19
Figura N.5-2. Etapas de la digestión aeróbica	22
Figura N 1-4 Localización del rancho Guadalupe	50
Figura N. 2-4. Género	50
Figura N. 3-4. Nivel académico	51
Figura N. 4-4. Tipo de combustible	52
Figura N. 5-4. Valor del combustible	53
Figura N. 6-4. Uso del combustible	54
Figura N. 7-4. Promocionar energía alternativa	55
Figura N. 8-4. Conoce energía alternativa	56
Figura N. 9-4. Adquiriría biogás	57
Figura N. 10-4. Biogás positivo	58
Figura N. 11-4. Recolectar excretas.....	59
Figura N. 12-4. Efectos negativos del biogás.....	60
Figura N. 13-4. Peso de la excreta.....	61
Figura N. 14-4. Biodigestor	63

RESUMEN

Se realizó el “Diseño de un biodigestor anaeróbico para la obtención de biogás, a partir de excretas de ganado vacuno en el rancho Guadalupe, en el cantón Mocha provincia de Tungurahua en el año 2015” para aprovechar y dar un buen manejo a las excretas del ganado vacuno, primero se realizó el reconocimiento del sector para conocer la línea base, se tomaron datos mediante una encuesta en la que se verificó la aceptación de los moradores del lugar en ejecutar un diseño de este tipo para en un futuro implementarlo en sus propiedades, seguido a esto se obtuvieron datos mediante análisis de campo y de laboratorio para la caracterización microbiológica y fisicoquímica de las excretas del ganado, se seleccionó un biodigestor apropiado para el rancho y finalmente se dimensionó al biodigestor tubular de flujo continuo de polietileno por ser el más apropiado a las necesidades del Rancho Guadalupe, además se elaboró un diseño de invernadero que cubrirá al biodigestor para incrementar la temperatura en las reacciones. Como resultados con una carga diaria de 138,95 kg/día de excretas, las dimensiones de la zanja son, 1m de altura, 1,5m el ancho superior de la zanja, 1,2m el ancho inferior de la zanja y 9,63m de longitud. Se concluye que el biodigestor producirá 4,51 m³/día de biogás luego de un tiempo de retención de 45 días. Se recomienda al propietario del rancho considerar la implementación del biodigestor para manejar adecuadamente las excretas y contar con un desarrollo sostenible.

Palabras claves: DISEÑO BIODIGESTOR ANAERÓBICO BIOGÁS
EXCRETAS DE GANADO RANCHO GUADALUPE CANTÓN MOCHA
PROVINCIA DE TUNGURAHUA

ABSTRACT

It was made the "Design of an anaerobic biodigester to obtain biogas, draw from the excreta of the beef cattle in ranch Guadalupe, in Mocha Canton Tungurahua province in 2015" to take advantage and give good management to excreta of beef cattle, first it made to recognition of the sector to know the base line was performed, data were collected through a survey in which it verified the acceptance of the inhabitants of the place to execute a design of this type in the future to implement it in its properties, It followed this was obtained data by analysis of field and laboratory for microbiological and physicochemical characterization of excreta of livestock, a suitable biodigester to the ranch was selected and finally it was dimensioned the tubular biodigester streaming polyethylene as the most appropriate the needs of Rancho Guadalupe, It also developed a greenhouse design that will cover the biodigester to increase the temperature in the reactions. As results with a daily load of 138,95Kg / day of excretas, the dimensions of the trench are 1m high, 1.5m upper trench width, 1.2m, lower trench width and length 9,63m. We conclude that the biodigester will produce biogas 4,51m³ dia after a retention time of 45 days. It recommend to the owner of the ranch consider implementing biodigester to properly handle excreta and count on sustainable development

Keywords: < Design > < Anaerobic Biodigester > < Biogas > < Excreta Cattle >
< Guadalupe Ranch > < Mocha Canton > < Tungurahua Province >

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Situación Problemática

En la actualidad la demanda de energía ha producido un desequilibrio ambiental, teniendo en cuenta que los recursos naturales son solo potencialmente renovables, a causa de la intervención del hombre y que el crecimiento poblacional hace que estos recursos pierdan su potencial renovación por la creciente y desmedida demanda de combustibles fósiles.

El uso de los combustibles fósiles trae problemas, los cuales se derivan en contaminación atmosférica, contaminación al agua y suelo, y el fenómeno del calentamiento global, todo esto es producido por los humanos que a pesar de tener el conocimiento del daño que causan estos combustibles cada vez se busca más reservorios para su aprovechamiento.

El manejo de las excretas del ganado que se da en el rancho consiste en la acumulación de estas, en pequeñas cantidades para dejarlas secar a cielo abierto y otro tanto se las deja en el lugar donde deposito la vaca el excremento lo cual es inadecuado ya que la acumulación de estas sin tratamiento, trae problemas además de los malos olores, tales como el crecimiento de vectores de enfermedades, la lluvia que cae sobre esta acumulación ocasiona la escorrentía superficial que alcanza los cultivos y los contamina, y los gases que se emiten a la atmosfera al descomponerse al aire libre aportan al calentamiento global.

Cada vaca puede producir de 4 a 6 kg de estiércol al día, y los gases que produce contaminan el ambiente pues el 80% del nitrógeno se pierde como amoníaco (NH_3) que se volatiliza, además se pierde desde el estiércol, el metano (CH_4), si sabemos que un kilo de estiércol vacuno pueden producir entre 37 a 170 ml de gas metano, durante un periodo de 10 a 18 días, podemos ver que la industria ganadera a pequeña y gran escala es un problema ambiental. (Cruz, 2011)

1.2 Formulación del Problema

Los combustibles fósiles (GLP) se han convertido en una necesidad para el desarrollo de las actividades humanas, las cuales con el crecimiento poblacional y desarrollo industrial se han extendido, teniendo que buscar nuevas fuentes de obtención de petróleo para lo cual se realizan exploraciones, excavaciones que dañan los suelos fértiles y una vez concluido la explotación de petróleo ya no son fértiles y quedan contaminados convirtiéndose en un problema ambiental y socio-económico.

Los desechos ganaderos específicamente las excretas, son un problema que hay que controlar ya que estas al descomponerse emiten al aire gases contaminantes que incrementan el calentamiento global a más de lo emitido el peor gas es el óxido nitroso, gas 296 veces más perjudicial que el CO_2 , que procede directamente del estiércol de cada uno de estos animales. (Gabler, 2011)

De acuerdo con la problemática detectada se plantea la siguiente interrogante:

¿Las excretas de ganado vacuno generadas en el rancho Guadalupe pueden producir gas como fuente alternativa de combustible?

1.2 Justificación de la Investigación

En lo relacionado al uso de combustibles fósiles para cocinar, la preocupación comienza con el costo ambiental que se debe pagar para la obtención de esta energía (GLP), ya que se utiliza maquinaria la cual para llegar al sitio de explotación requiere la creación de nuevas carreteras y muchas veces estas se abren en territorios con naturaleza virgen, además la pérdida de diversidad en zonas de explotación puede afectar las cadenas tróficas.

El manejo de los desechos de ganado vacuno en el rancho Guadalupe es técnicamente inadecuado por lo tanto los excrementos se desperdician, ya que al estar dispersos en los terrenos ocasionan situaciones de insalubridad por los malos olores y frecuente presencia de vectores de enfermedades.

En la actualidad la energía tiene una gran demanda ya que se lo requiere para satisfacer a toda la población, convirtiendo esto en un problema económico y ambiental, para minimizar estos problemas se necesita buscar alternativas tecnológicas que cumplan con metas de conservación y ahorro energético.

El presente proyecto de investigación está planteado con el fin de aprovechar las excretas del ganado vacuno encontrado en el rancho Guadalupe ubicado en el cantón Mocha, las cuales hasta la actualidad no se las ha dado un buen aprovechamiento, más allá de ser utilizadas como abono para los sembríos pero en poca cantidad. Para facilitar un mejor uso de estos desechos y evitar problemas ambientales y de salud, es de vital importancia dar a conocer a las personas este tipo de proyectos para obtener biogás, y ya que el Rancho Guadalupe en el futuro pretende ser un paradero turístico con finalidades recreativas, que mejor manera de dar a conocer a la población los beneficios de un biodigestor que en el campo con una breve explicación de su funcionamiento, es lo que el dueño del Rancho espera realizar para de esta manera concientizar y motivar a los visitantes de utilizar alternativas energéticas ambientalmente amigables.

Es necesario e importante explotar estos recursos que se encuentran disponibles dentro del rancho para la producción de biogás, ya que aparte de minimizar los gases efecto invernadero que producen las excretas al descomponerse al aire libre, también da como producto el abono orgánico y el biol los cuales pueden ser usados en los sembríos y reducir así fertilizantes químicos y promover además una agricultura orgánica.

El tipo de investigación será considerada como aplicada ya que se propone transformar el conocimiento adquirido, en conocimiento útil, con la finalidad de aplicar los resultados a la producción de tecnología limpia en el lugar que se desarrollará la investigación.

La investigación también será descriptiva ya que una vez conocido los resultados se tratarán de interpretar la cantidad de biogás a producir en el biodigestor con la cantidad de excretas de ganado y el lugar donde será colocado.

Por el lugar donde se realizara será: In situ, para muestreo y observación de las actividades dentro del rancho así como su flora y fauna. Será de laboratorio para el análisis de la muestra de excretas del ganado a ser usado en la investigación.

Para la recolección de información se realizó el procedimiento de acuerdo a la técnica de dilución que será utilizada para conocer la cantidad de sólidos totales encontrados en el estiércol, dicha dilución será en una relación 1:-3, es decir 1 kg de estiércol fresco y en 3 litros de agua. Seguido se llevarán las muestras al laboratorio para ser analizadas.

A partir de los datos In situ y de laboratorio se procederá al dimensionamiento del biodigestor.

Posteriormente se registraron los datos obtenidos tanto in situ como los de laboratorio. La información de los análisis servirá para el dimensionamiento del biodigestor y de acuerdo a este se podrá realizar la interpretación de la información obtenida en los análisis.

Al final del dimensionamiento con los valores obtenidos se podrá realizar una relación de proporcionalidad para conocer si la utilización del biogás resultara más económica que la utilización de la bombona de gas.

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

- Diseñar un biodigestor anaerobio para la producción de biogás, a partir de las excretas de ganado vacuno en el rancho Guadalupe ubicado en el cantón Mocha provincia de Tungurahua.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar las excretas del ganado vacuno del rancho Guadalupe del cantón Mocha
- Seleccionar un biodigestor apropiado de acuerdo a las características y necesidades del lugar.
- Realizar el diseño del biodigestor para la producción de biogás aprovechable como energía en el Rancho Guadalupe.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes de la Investigación

El biogás inicio hace 5000 años atrás. De la revisión bibliográfica se menciona que el uso de desechos y los “recursos renovables” para el suministro de energía no son percepciones novedosas, esto ya era conocido y se hacía uso mucho antes del nacimiento de Cristo. Se dice que el inicio del biogás surge alrededor de 3000 A.C., los sumerios ya practicaban la limpieza anaerobia de los residuos (Bermúdez, et al. p. 17)

En 1890 Donald Cameron diseñó una gran fosa séptica para la ciudad inglesa de Exeter y un año después en 1894, Pasteur consideró que la fermentación debía ser investigada más a fondo, apuntando que este gas podía ser utilizado para iluminación y calefacción y, afirmó que la proporción de producción de biogás obtenida podía ser suficiente para cubrir los requisitos de energía para la iluminación de las calles de París. Pero la propuesta para mejorar la iluminación callejera de París con la fermentación del estiércol de los caballos, de las numerosas taxis, fue tomada a broma por el periódico “Le Figaro” y no se ejecutaron los trabajos. La aplicación de las fuentes de energía renovable comienza aquí su camino. Entre 1895-96, en la población de Exeter las lámparas del alumbrado público comenzaron a ser alimentadas por el gas recolectado de los digestores que fermentaban los lodos de su alcantarillado. Constituyendo esto, el primer uso dado al gas metano obtenido por fermentación (Chaúr, J.2001 p. 23)

Una Alternativa en el Ecuador

Un sinnúmero de experiencias se han desarrollado en el Ecuador con los biodigestores, en el año 2009 a 20 km de Manta, en la Ruta del Spondylus, específicamente en la playa San José, se construyó la primera urbanización ecológica del Ecuador. Se trata de la urbanización Mirador San José, con capitales extranjeros y ecuatorianos. En el lugar antes mencionado se desarrolló el proyecto enfocado en la recuperación de aguas hervidas con la instalación de fosas biodigestoras autolimpiables, bajo la responsabilidad del biólogo Iván Murillo Voelcker. El biodigestor usado en Mirador San José es enterrado, autolimpiable, porque la materia orgánica que entra al tanque sale en forma de lodo por una acción hidráulica que es ejercida por el agua que está dentro del equipo (Vélez, 2013)

Otra experiencia se encuentra en la zona Intag - cantón Cotacachi de la provincia de Imbabura, consiste en la producción de biogás y bioabono líquido (biol) a través del uso del biodigestor como un complemento innovador importante entre los diversos componentes de una finca manejada bajo principios agroecológicos. Esta experiencia ha sido desarrollada por la Asociación de Campesinos de Intag (ACAI) (Vélez, 2013)

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Composición del Estiércol

Relación C/N: La relación C/N describe la relación de peso de carbono orgánico y nitrógeno en un material orgánico. Los microorganismos, como todos los organismos vivos, necesitan carbono y relativamente poco nitrógeno para vivir. Si reciben esos elementos en una relación correcta, se reproducen rápidamente y consecuentemente, la descomposición de la materia orgánica también se acelera. La relación C/N óptima durante el inicio del proceso del compostaje de residuos, es de 25 hasta 35. Si la relación es más alta, la descomposición es más lenta. Si la relación es <20 durante el compostaje, se podría producir amoníaco gaseoso, lo cual no solamente daña al medio

ambiente sino también empeora la calidad del compost. Teniendo materia prima con una relación C/N >30 se puede añadir nitrógeno (por ejemplo en forma de estiércol líquido, urea, lodo de depuradora) para acelerar la descomposición. (Castells, X. 2004 p. 726)

2.2.2 Uso de los Estiércoles

En las actividades ganaderas se producen residuos los mismos que deben ser considerados o vistos desde 2 ópticas, la primera como residuos que deberían ser desechados lo que constituye actualmente el desgaste ambiental, la segunda como material utilizado para enmienda orgánica de la tierra sujeta a la concepción de sustentabilidad.

Desde el punto de vista de la producción sustentable el manejo eficiente de los desechos de animales puede verse como una interesante actividad agronómica. El reciclado de los nutrientes se produce con la incorporación de las excretas de diversos animales al suelo. Desde la prehistoria el estiércol era utilizado como abono a pesar de existir los fertilizantes químicos y los fertilizantes inorgánicos fueron una práctica masiva, los suelos sufrieron procesos degradativos por la baja fracción orgánica de los suelos. (Sosa, 2013)

La agricultura orgánica cada día cobra mayor importancia dentro de la población, aunque una de las razones de la reciente atención por los fertilizantes orgánicos es también el aumento de los costos en los inorgánicos, este panorama renueva, el interés por una agricultura con materiales orgánicos de diversos orígenes. (Sosa, 2013)

2.2.3 Abono Orgánico

Las características del bioabono, dependen en gran medida del tipo de tecnología y de las materias primas utilizadas para la digestión. Durante el proceso anaeróbico, parte de la materia orgánica se transforma en metano, por lo que el contenido en materia orgánica es menor al de las materias primas.

Gran parte de la materia orgánica de este producto se ha mineralizado, por lo que normalmente aumenta el contenido de nitrógeno amoniacal y disminuye el nitrógeno orgánico. (Castells p. 95)

La sustentabilidad de la idea planteada es que los estiércoles no sólo proveen nutrientes, sino que particularmente ejercen acciones positivas al ser utilizados por largo tiempo por sus propiedades edáficas. Esto hace que se pueda agregar mejoras en relación con el contenido y la calidad de la materia orgánica. Los tenores orgánicos de estos materiales son variados y fundamentalmente están en relación con la especie animal, con la alimentación del ganado y con el medio en donde los mismos se acumulan y recogen. Puede decirse, no obstante ello, que siempre resultan altos (entre 30 y 80%). En el caso específico de los rumiantes, el forraje rico en fibra que compone su dieta fundamental también contiene una cierta proporción de ligninas. Estas ligninas no son prácticamente degradadas ni por las enzimas de digestión ni por los microorganismos, y se excretan en el estiércol, junto a las sustancias constituidas por proteínas indigeribles. Representan los componentes más importantes para la generación de las sustancias húmicas estables. Así, aplicaciones reiteradas de estiércoles de ganado durante períodos prolongados suelen elevar los contenidos de humus del suelo.

En correspondencia con el beneficio que producen sobre la fracción orgánica, se ha demostrado que el estercolado es capaz de actuar positivamente sobre la condición física de las tierras. Así, se han logrado importantes disminuciones de la densidad aparente, aumentos de la porosidad total, de la macroporosidad y de la estabilidad estructural y mejoras en la capacidad de almacenaje de agua del suelo, mediante la incorporación al suelo de variados tipos de estiércoles. (Sosa, 2013)

2.2.4 Fundamentos de la Fermentación Metanogénica

2.2.4.1 Etapas de la Fermentación Metanogénica.

La digestión anaeróbica es un proceso muy complejo tanto por el número de reacciones bioquímicas que tienen lugar como por la cantidad de microorganismos involucrados en ellas.

De hecho, muchas de estas reacciones ocurren de forma simultánea. Los estudios bioquímicos y microbiológicos realizados hasta ahora, dividen el proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica en cuatro fases o etapas:

1. Hidrólisis
2. Etapa fermentativa o acidogénica
3. Etapa acetogénica
4. Etapa metanogénica

La primera fase es la hidrólisis de partículas y moléculas complejas (proteínas, carbohidratos y lípidos) que son hidrolizadas por enzimas extracelulares producidas por los microorganismos acidogénicos o fermentativos. Como resultado se producen compuestos solubles más sencillos (aminoácidos, azúcares y ácidos grasos de cadena larga) que serán metabolizados por las bacterias acidogénicas dando lugar, principalmente, a ácidos grasos de cadena corta, alcoholes, hidrógeno, dióxido de carbono y otros productos intermedios. Los ácidos grasos de cadena corta son transformados en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono, mediante la acción de los microorganismos acetogénicos. Por último, los microorganismos metanogénicos producen metano a partir de ácido acético, H_2 y CO_2 . (Hilbert, J.2007 pp. 24-29)

a. Hidrólisis

Cuando los microorganismos se hidrolizan en compuestos solubles que atraviesen la pared celular es la única forma en que la materia orgánica polimérica puede ser utilizada directamente. La hidrólisis es el primer paso

necesario para la degradación anaeróbica de sustratos orgánicos complejos. Por tanto, es el proceso de hidrólisis el que proporciona sustratos orgánicos para la digestión anaeróbica. La hidrólisis de estas moléculas complejas es llevada a cabo por la acción de enzimas extracelulares producidas por microorganismos hidrolíticos.

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 de la hidrólisis. (Hilbert, et al.)

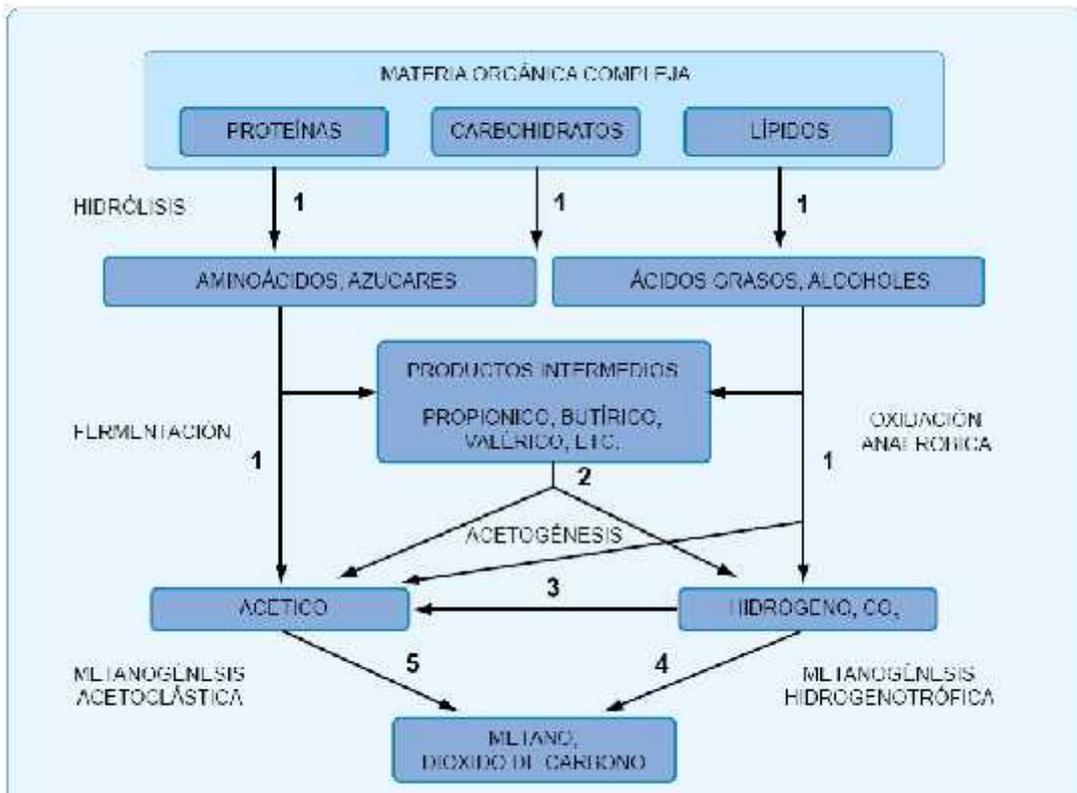


Figura N. 0-2. Esquema de reacciones de la digestión anaeróbica de materiales poliméricos

Fuente: (Hilbert, J.2007)

En la ilustración 1.1, los números indican la población bacteriana responsable del proceso: 1) bacterias fermentativas; 2) bacterias acetogénicas que

producen hidrógeno; 3) bacterias homoacetogénicas; 4) bacterias metanogénicas hidrogenotróficas; 5) bacterias metanogénicas acetoclásticas. Cualquier sustrato se compone de tres tipos básicos de macromoléculas: hidratos de carbono, proteínas y lípidos. (Hilbert, J.2007)

Dentro del proceso de digestión anaeróbico las proteínas son el sustrato fundamental debido a que son fuente de carbono y energía y los aminoácidos derivados de su hidrólisis tienen un valor elevado nutricional. Las proteínas son hidrolizadas en péptidos y aminoácidos por la acción de enzimas proteolíticas llamadas proteasas. Parte de estos aminoácidos son utilizados directamente en la síntesis de nuevo material celular y el resto son degradados a ácidos volátiles, dióxido de carbono, hidrógeno, amonio y sulfuro en posteriores etapas del proceso. (Castells)

La degradación de los lípidos en ambientes anaeróbicos inicia con la ruptura de las grasas por la acción de enzimas hidrolíticas denominadas lipasas produciendo ácidos grasos de cadena larga y glicerol. (Gabler, 2011)

La velocidad de degradación de los materiales lignocelulósicos compuestos principalmente por lignina, celulosa y hemicelulosa, es tan lenta que suele ser la etapa limitante del proceso de hidrólisis. Esto es debido a que la lignina es muy resistente a la degradación por parte de los microorganismos anaeróbicos afectando también a la biodegradabilidad de la celulosa, de la hemicelulosa y de otros hidratos de carbono. Los principales productos de la hidrólisis de la celulosa son celobiasa y glucosa, mientras que la hemicelulosa produce pentosas, hexosas y ácidos urónicos. La tasa de hidrólisis, en general, aumenta con la temperatura. La tasa de hidrólisis depende, también, del tamaño de las partículas, debido fundamentalmente a la disponibilidad de superficie para la adsorción de las enzimas hidrolíticas. Los pretratamientos físico-químicos, cuyo principal efecto es la reducción del tamaño de las partículas, producen un aumento en la tasa de hidrólisis, y si esta fase es la limitante del proceso anaerobio, supone un beneficio para el proceso general, produciendo menores tiempos de retención y tamaños de reactor menores. (Gabler, 2011)

b. 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 (ácido propiónico, ácido butírico, ácido valérico, ácido 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.

Este grupo de microorganismos, se compone de bacterias facultativas y anaeróbicas obligadas, colectivamente denominadas bacterias formadoras de ácidos (Beez.2014).

c. Etapa acetogénica

Mientras que algunos productos de la fermentación pueden ser metabolizados directamente por los organismos metanogénicos (H_2 y ácido acético), otros (etanol, ácidos grasos volátiles y algunos compuestos aromáticos) deben ser transformados en productos más sencillos, como ion 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 ión acetato. Al contrario que las bacterias acetogénicas, éstas no producen hidrógeno como resultado de su metabolismo, sino que lo consumen como sustrato. Según se ha estudiado, el resultado neto del metabolismo homoacetogénico permite mantener bajas

presiones parciales del hidrógeno y, por tanto, permite la actividad de las bacterias acidogénicas y acetogénicas (Hilbert, 2009)

A esta altura del proceso, la mayoría de las bacterias anaeróbicas han extraído todo el alimento de la biomasa y, como resultado de su metabolismo, eliminan sus propios productos de desecho de sus células. Estos productos, ácidos volátiles sencillos, son los que van a utilizar como sustrato las bacterias metanogénicas en la etapa siguiente. (Hilbert, 2009)

d. 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: ión acetato, H_2/CO_2 , formato, metanol y algunas metilaminas.

Se ha demostrado que un 70% del metano producido en los reactores anaeróbicos se forma a partir de la descarboxilación de ácido acético, a pesar de que, mientras todos los organismos metanogénicos son capaces de utilizar el H_2 como aceptor de electrones, sólo dos géneros pueden utilizar acetato. El metano restante proviene de los sustratos ácido carbónico, ácido fórmico y metanol. El más importante es el carbónico, el cual es reducido por el hidrógeno, también producido en la etapa anterior (VARNERO M, 2011).

2.2.4 Biodigestores

Un biodigestor es un procedimiento natural que aprovecha la digestión anaerobia, en ausencia de oxígeno, de las bacterias que ya habitan en el estiércol, para transformar éste en biogás y fertilizante.

El biodigestor es la estructura física o reactor que favorece en un proceso natural anaeróbico la estabilización de la materia orgánica contenida en los residuos y la generación del biogás. (Varnero)

2.2.5 Digestor Circular de Domo Fijo Usado en China

Uno de los sistemas de biodigestor más difundido es el digestor circular fabricado de ladrillo o mampostería en cemento con un domo fijo y sin partes metálicas a excepción de un pequeño tramo o tubo de acero para entregar el gas. Se requiere un nivel relativamente alto de conocimientos técnicos para la construcción de este tipo de biodigestor, en la práctica parece que muchos de estos digestores no son completamente herméticos y la fuga del biogás es un problema común.

En China se ha reportado que los digestores de este tipo construidos desde el comienzo de la década de 1970 están en un rango de cinco a siete millones (Rose, 1999). En 1992 habían 1.7 millones de plantas en operación en la región de Szechuan donde la mayoría de biodigestores son unidades familiares de 6 – 10 m³ que producen de 1 – 2 m³ diarios de biogás de residuos humanos y animales, a los cuales se agrega adicionalmente un poco de materia vegetal. También existen decenas de miles de tamaño mediano (aproximadamente de 50 m³ de volumen) y grandes (más de 100 m³ de volumen), con tasas de producción de gas del 10 al 20% del volumen del digestor por día (Cervantes)

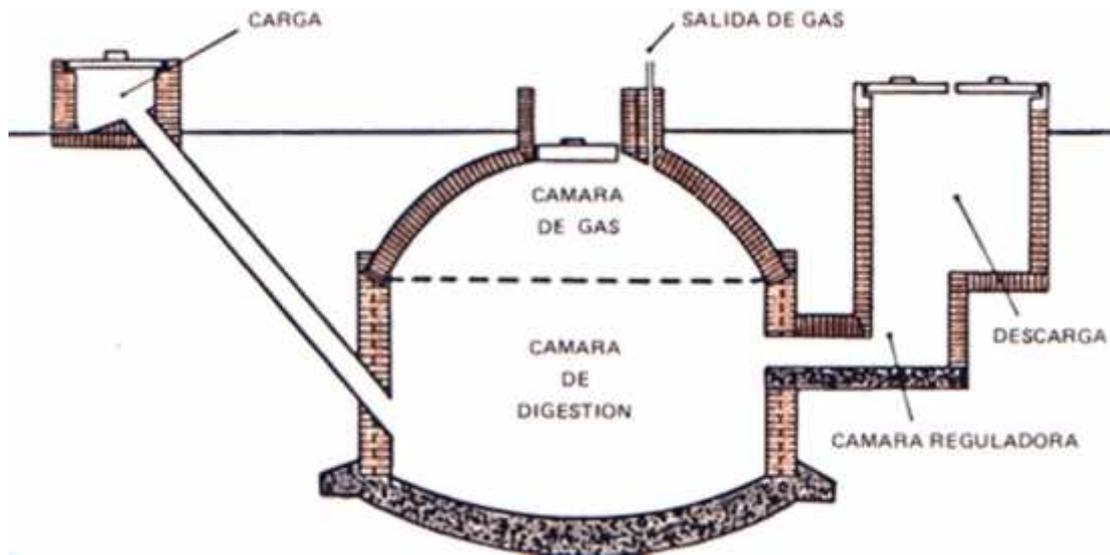


Figura N. 1-2. Digestor de domo fijo
Fuente: (Cervantes)

Es común que la letrina y la colección de residuos del ganado se alimenten por gravedad hacia el reactor de biogás así se reduce el contacto humano con el residuo y la labor asociada con el llenado de la unidad. Frecuentemente el reactor está localizado bajo el piso del lugar donde permanecen los animales. El resultado inmediato de la aplicación de la tecnología del biogás en esta zona es el incremento en las condiciones de saneamiento.

En India, se han instalado unas 80.000 plantas de biogás pequeñas, de 8 – 10 m³ de volumen, la mayoría de las cuales produce biogás a partir de estiércol de vaca. Esta planta ha sido llamada el digestor KVIC, en honor a la Khadian Village Industries Commision que promueve su implementación (Beez.2014)

El tanque del digestor es un cilindro de concreto parcialmente bajo tierra, y tiene una altura de 2.5 - 4 veces mayor que su diámetro. La tasa de producción de gas lograda con este diseño es del 20 al 30% del volumen del digestor por día. Se coloca un domo invertido en acero sobre la mezcla del digestor para recoger el gas producido. En la medida en que se acumula el gas, el tanque de acumulación sube. La capacidad recomendada del tanque de almacenamiento es del 50 al 60% de la producción diaria de gas.

2.2.5.1 Digestor Janata con Domo Fijo.

Se ha desarrollado un tipo de digestor parecido en India, el cual se conoce como digestor Janata, una tapa fija en forma de domo construido sobre el digestor sirve para el almacenamiento del gas, su diseño sencillo, el cual puede ser construido sin la necesidad de un domo de acero, hace que este sea una alternativa atractiva.

En Pakistán, se ha desarrollado una planta de producción de biogás la cual tiene un sello externo de agua alrededor de la campana colectora de gas para eliminar los malos olores, y para reducir la acción corrosiva del ácido sulfhídrico contenido en el biogás.

Este diseño reduce las pérdidas de gas y los costos de mantenimiento, pero es relativamente caro de construir (Beez.2014)

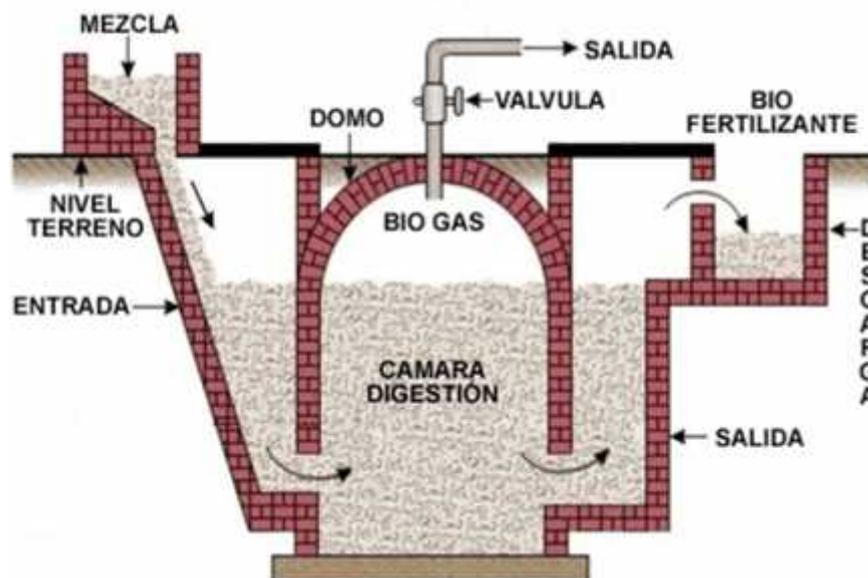


Figura N. 3-2. Digestor Janata con domo fijo
Fuente: (Beez.2014)

En Filipinas, se construye una planta de producción de biogás con un tanque digestor de dos compartimentos. La mayoría del lodo se asienta en el primer

compartimiento, previniendo de esta forma el bloqueo del tubo de conexión al segundo compartimiento.

Se usa un acumulador de gas flotante.

Un sistema de Lagunas cubiertas son usadas producir biogás de estiércol líquido con menos del 2% en peso de sólidos. Generalmente se requieren grandes volúmenes preferiblemente con profundidades de 12 pies. El volumen típico de la laguna se encuentra multiplicando el flujo volumétrico de estiércol diario (caudal) por el factor 40 -60 días (tiempo de retención) (Beez.2014)

2.2.5.2 Digestor Tubular de Polietileno

Recientes desarrollos han llevado al uso de digestores tubulares fabricados en polietileno los cuales han resultado en disminución de costos y eficiencias considerables. Estas unidades, las cuales varían en tamaño de 100 a 400 m³ en volumen, son fáciles de transportar, sencillas de instalar y baratas de construir.

En Vietnam y las Filipinas, los biodigestores plásticos (de bolsa flexible) están siendo usados en combinación con la producción de animales en espacio confinado. En Filipinas el consejo de la industria de animales está implementando un programa usando estos sistemas para abatir el riesgo dado por la cría de ganado, 99 unidades han sido instaladas en el marco de un proyecto de demostración (Moog et al, 1997). Esta tecnología está basada en el modelo desarrollado en Colombia (Botero y Preston, 1986) y modificado por experiencias en Vietnam (Bui Xuan An et al 1995). En septiembre de 1998 más de 7000 sistemas han sido instalados en Vietnam, pagados por granjeros (Marti Herrero)



Figura N. 4-2. Digestor tubular de polietileno
Fuente: (Marti Herrero)

2.2.6 Componentes de un Digestor Anaerobio

2.2.6.1 Reactor.

Es un mecanismo donde ocurre el proceso bioquímico de transformación de la materia orgánica. Los reactores de digestión suelen ser de forma cilíndrica, cúbica, ovoide o rectangular. Digestores modernos tienen cubiertas, fijas o flotantes, cuyo fin es impedir que escapen olores a causa de los gases que se crean por las reacciones, conservar la temperatura, impedir la entrada de oxígeno y recoger el gas producido (Silva, 2013).

2.2.6.2 Ingreso del Afluente.

El afluente se introduce por la parte superior del digestor y el sobrenadante se extrae por el lado contrario. El estiércol de ganado bovino, en una mezcla de 1:3 es suficiente como se ha visto en la práctica.

La intención de estas operaciones es ingresar el residuo, lo más homogéneo posible, con las condiciones fisicoquímicas adecuadas al proceso a ser sometido, sin elementos que puedan dañar el digestor (Silva, J. 2014)

2.2.6.3 Salida del Afluente.

En un digester de cobertura fija puede haber de 3 a 5 tubos de sobrenadante instalados a diferentes niveles, o un único tubo con válvulas a diferentes niveles, para la extracción del mismo. Otros digestores como los de flujo continuo tienen solo una salida del afluente por donde sale los sólidos y los líquidos.

2.2.6.4 Extracción de Lodos.

Las tuberías de extracción de lodos son colocadas sobre bloques a lo largo del suelo inclinado del digester. El lodo se elimina por el centro del reactor. Estas tuberías poseen, 15 cm de diámetro o van equipadas con válvulas tapón para impedir obstrucciones, se utilizan para llevar diariamente el lodo del digester a un sistema de evacuación de lodos. (Silva, J. 2014)

2.2.6.5 Sistema de Gas.

El proceso de digestión anaerobia origina de 400 a 700 litros de gas por cada kilogramo de materia orgánica degradada, según las características del influente. El contenido en metano del gas de un digester que funcione adecuadamente variará del 65% al 70% en volumen. Entre el 1% o 2 % del gas del digester se compone de otros gases. Debido a la presencia de metano (60%), el gas del digester tiene un poder calorífico próximo de 500 a 600 kilocalorías por litro (Silva, J. 2014) El sistema de gas lo traslada el digester hasta los puntos de consumo. El mismo que se compone puede contener algunas de las siguientes partes:

- Cúpula de gas.
- Válvulas de seguridad.
- Apagallamas.
- Válvulas térmicas.
- Separadores de sedimentos.
- Purgadores de condensado.
- Tuberías PVC.
- Manómetros.

- Reguladores de presión.
- Almacenamiento del gas.
- Quemador de los gases sobrantes. (Portales)

2.2.7 Beneficios Ambientales de la Digestión Anaeróbica

Al igual que el gas natural, el biogás tiene una amplia variedad de usos, pero al ser un derivado de la biomasa, constituye una fuente de energía renovable. Existen diversos beneficios derivados del proceso de conversión de residuos orgánicos en biogás.

La presión económica sobre los productos agrícolas convencionales se encuentra en continuo aumento. Muchos agricultores se ven obligados a renunciar a su producción, principalmente debido a que sus tierras no presentan rendimientos rentables. (Silva, 2013)

La promoción e implantación de sistemas de producción de biogás colectivos - varias granjas-, y de codigestión - tratamiento conjunto de residuos orgánicos de diferentes orígenes en una zona geográfica, usualmente agropecuarios e industriales- permite, además, la implantación de sistemas de gestión integral de residuos orgánicos por zonas geográficas, con beneficios sociales, económicos y ambientales.

2.2.8 Biogás

El biogás es una mezcla gaseosa formada principalmente de metano y dióxido de carbono, pero también contiene diversas impurezas. La composición del biogás depende del material digerido y del funcionamiento del proceso. Cuando el biogás tiene un contenido de metano superior al 45% es inflamable.

El método más común de producción de biogás es la digestión anaeróbica en un tanque cerrado llamado 'biodigestor'. La biomasa se mezcla en el digestor con agua para formar una suspensión, en la cual la digestión anaeróbica se realiza en dos pasos. En el primer paso, llamado licuefacción, la materia

orgánica es descompuesta por hidrólisis enzimática y fermentada para producir principalmente ácidos y alcoholes.

Seguidamente, en la etapa de gasificación, las bacterias metanogénicas rompen los ácidos y los alcoholes, para producir metano y dióxido de carbono, nitrógeno y ácido sulfhídrico. El diagrama de la figura indica las diversas etapas de la digestión anaerobia (Chaúr)

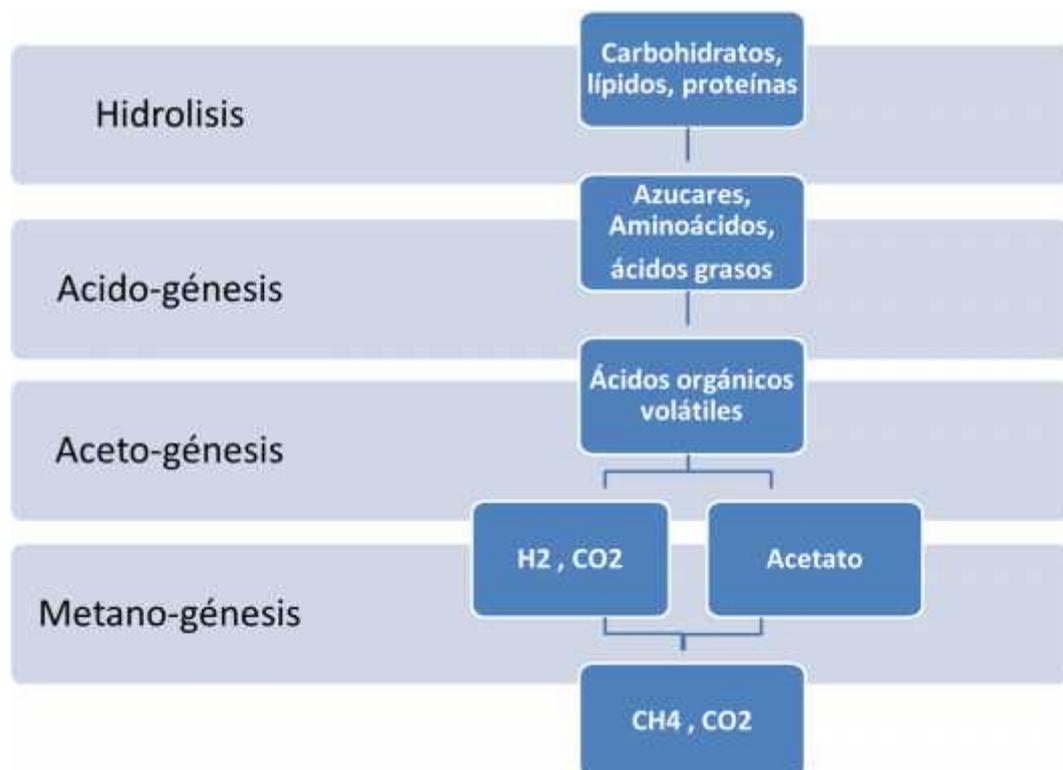


Figura N. 5-2. Etapas de la digestión aeróbica
Fuente: (Chaúr)

2.2.9 El Biogás Para Generación de Electricidad

El biogás puede ser utilizado como combustible para motores diesel y a gasolina, a partir de los cuales se puede producir energía eléctrica por medio de un generador. En el caso de los motores diesel, el biogás puede reemplazar hasta el 80% del Aceite Combustible para Motores (la baja capacidad de ignición del biogás no permite reemplazar la totalidad del acpm en este tipo de

motores que carecen de bujía para la combustión). Aunque en los motores a gasolina el biogás puede reemplazar la totalidad de la misma, en general en los proyectos a nivel agropecuario se le ha dado preferencia a los motores diesel considerando que se trata de un motor más resistente y que se encuentra con mayor frecuencia en el medio rural (Castells págs. 86-87)

2.2.10 El Biogás Para Combustible Para Cocina

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. Los microorganismos metano génicos desempeñan la función de enzimas respiratorios, junto con las bacterias no metano génicas, constituyen una cadena alimentaria que guarda relación con las cadenas enzimáticas de células aeróbicas. (Castells págs. 101-102)

2.2.11 Manejo del Biogás Producido

El biogás debe removerse del biodigestor y transportarse hacia el sitio donde se hace su aprovechamiento. El biogás debe ser manejado como cualquier otro gas combustible. Mezclas de biogás con aire en una relación de 1:20 forman un gas detonante altamente explosivo. Se debe tener cuidado con tuberías de gas en recintos cerrados que tengan fugas. Las tuberías de gas pueden estar hechas de acero, cobre, caucho o plástico. Se debe tener presente que las mangueras de caucho se vuelven rápidamente porosas y permeables con los rayos solares. Mientras más larga sea la tubería de gas mayor será la caída de presión presentándose la necesidad de adaptar a la línea un soplador. La tubería de gas debe estar provista de un sistema que permita eliminar el agua de condensación ya que generalmente el biogás está saturado con agua.

El ácido sulfhídrico generado en la digestión anaerobia al mezclarse con agua condensada forma ácidos corrosivos por lo que deben tomarse precauciones ya que equipos como los refrigeradores y artefactos para agua caliente son

sensibles a estos ácidos. Una alternativa a la remoción del ácido sulfhídrico es la de usar los denominados Biofiltros o sistemas de tratamiento biológico donde previa inyección de una cantidad específica de aire en el depósito de almacenamiento de gas la mezcla resultante se alimenta a un bioreactor consistente de un lecho o material de soporte donde el H₂S es oxidado biológicamente por bacterias. (Vinasco, J., 2015)

2.2.12 Ventajas de los Biodigestores

- Permite disminuir la tala de los bosques al no ser necesario el uso de la leña para cocinar.
- Humaniza el trabajo de los campesinos, que antes debían buscar la leña en lugares cada vez más lejanos.
- Diversidad de usos (alumbrado, cocción de alimentos, producción de energía eléctrica, transporte automotor y otros).
- Produce biofertilizante rico en nitrógeno, fósforo y potasio, capaz de competir con los fertilizantes químicos, que son más caros y dañan el medio ambiente.
- Elimina los desechos orgánicos, por ejemplo, la excreta animal, contaminante del medio ambiente y fuente de enfermedades para el hombre y los animales.

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

- Mejora la capacidad fertilizante del estiércol. Todos los nutrientes tales como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio así como los elementos menores son conservados en el efluente. En el caso del nitrógeno, buena parte del mismo, presente en el estiércol en forma de macromoléculas es convertido a formas más simples como amonio

(NH_4^+), las cuales pueden ser aprovechadas directamente por la planta. Debe notarse que en los casos en que el estiércol es secado al medio ambiente, se pierde alrededor de un 50% del nitrógeno.

- El efluente es mucho menos oloroso que el afluente.
- Control de patógenos. Aunque el nivel de destrucción de patógenos variará de acuerdo a factores como temperatura y tiempo de retención, se ha demostrado experimentalmente que alrededor del 85% de los patógenos no sobreviven el proceso de biodigestión. En condiciones de laboratorio, con temperaturas de 35 °C los coliformes fecales fueron reducidos en 50 – 70% y los hongos en 95% en 24 horas. (Hilbert, 2009)

2.2.13 Dificultades Técnicas de los Biodigestores

- La construcción de biodigestores conlleva una serie de dificultades técnicas:
- El digestor debe encontrarse cercano a la zona donde se recoge el sustrato de partida y a la zona de consumo.
- Debe mantenerse una temperatura constante y cercana a los 35°C. Esto puede encarecer el proceso de obtención en climas fríos.
- Es posible que, como subproducto, se obtenga H_2S , el cual es tóxico y corrosivo, dependiendo del sustrato de partida y de la presencia o no de bacterias sulfatorreductoras. La presencia de H_2S hace que se genere menos CH_4 , disminuyendo la capacidad calorífica del biogás y encarece el proceso por la necesidad de depurarlo.
- Riesgo de explosión, en caso de no cumplirse las normas de seguridad para gases combustibles. (Hilbert, 2009)

2.3 Marco Conceptual

- **Biomasa:** Procedente del aprovechamiento de la materia orgánica formada en algún proceso biológico o mecánico, generalmente sacada de los residuos de las sustancias que constituyen los seres vivos, o sus restos y residuos. (Taiganides, E. 2008)
- **Combustible:** Materiales que se han formado a partir de organismos vivos que existieron en tiempos remotos en la Tierra y es capaz de liberar energía cuando se oxida de forma violenta con desprendimiento de calor. (Young)
- **Dimensionamiento:** Proceso por medio del cual se indican las medidas reales de los objetos representados en un dibujo.
- **Enzima:** Moléculas de naturaleza proteica y estructural que catalizan reacciones químicas, siempre que sean termodinámicamente posibles y hace que una reacción química transcurra a mayor velocidad que sin la presencia de la enzima. (Marchaim)
- **Fermentación:** Es realizada por diferentes bacterias y microorganismos en medios anaeróbicos, es decir, en ausencia de aire, por eso es un proceso de oxidación incompleta.
- **Material sedimentable:** Materia sólida recogida sobre una superficie y está constituida por las partículas y el polvo que caen directamente luego de un estado de reposo. (Vallejo, M., 2013)
- **Microorganismos:** son aquellos seres vivos más diminutos que únicamente pueden ser apreciados a través de un microscopio. En este extenso grupo podemos incluir a los virus, las bacterias, levaduras y mohos que pululan por el planeta tierra.
- **Sustratos:** Es una molécula sobre la que actúa una enzima. (Marchaim)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Diseño De Investigación

El tipo de investigación será considerada como aplicada ya que se propone transformar el conocimiento adquirido, en conocimiento útil, con la finalidad de aplicar los resultados a la producción de tecnología limpia en el lugar que se desarrolla la investigación.

La investigación también es descriptiva ya que una vez conocido los resultados se trataran de interpretar la cantidad de biogás a producir en el biodigestor con la cantidad de excretas de ganado y el lugar donde será colocado.

Por el lugar donde se realizara es: In situ, para muestreo y observación de las actividades dentro del rancho así como su flora y fauna. Será de laboratorio para el análisis de la muestra de excretas del ganado a ser usado en la investigación.

3.2 Unidad de Análisis

SUJETO: Tatiana Toscano

OBJETO: Las excretas de ganado dentro del rancho como potencial productor de biogás

FIN: Diseñar un biodigestor capaz de producir biogás para la sustentabilidad del rancho

LUGAR DE INVESTIGACIÓN: El lugar de la presente investigación se llevó a cabo en el rancho Guadalupe, ubicado en el cantón Mocha en la provincia de Tungurahua. El rancho tiene 4.5 ha. de las cuales 3,27 ha. Está destinado a la producción, ganadera, y alimenticia.

3.3 Población de Estudio

La población de la que se obtendrá información serán: el dueño (1), empleados (3), vecinos del sector que se verán beneficiados del biodigestor (4), lo que nos da un total de 8 personas.

Adicionalmente se investigará la flora, fauna y estiércol del ganado del rancho Guadalupe, localizado en el cantón Mocha – YANAHURCO, para tener un conocimiento del sector.

3.3.1 Tamaño de la Muestra

En cuanto a la población se trabajará con la totalidad por ser una muestra pequeña.

En relación a la flora y la fauna se identificará el tipo de especies existentes, para tener la línea base del Rancho Guadalupe; y en cuanto a la muestra del estiércol se recogerá en distintos sitios representativos del corral para formar una muestra compuesta y así precisar resultados de los parámetros físico-químicos del estiércol, éstos se llevarán al laboratorio debidamente recolectados en frascos estériles de 100ml.

3.4 Técnicas de Recolección de Datos

Para realizar la investigación se procedió con lo siguiente:

- a. Levantamiento de la línea base, a través de la observación.

- b. Muestreo y caracterización de las excretas del ganado, a través de la experimentación.
- c. Cuantificación de la carga diaria de estiércol encontrado en el rancho, a través del análisis.
- d. Identificación de la necesidad e impacto del biodigestor, a través de una encuesta.
- e. Selección del biodigestor
- f. Identificación de las medidas del biodigestor, a través del análisis por fórmulas

a. Levantamiento de la línea base

Conocer las características del rancho Guadalupe así como las especies de flora y fauna que se encuentran al momento en dicho rancho (Anexo I).

Materiales y Equipos:

- Cuaderno de notas
- Esferográfico.
- GPS
- Cámara Fotográfica
- Balanza

Procedimiento: Se realizaron tomas de datos de la flora y fauna mediante la observación en los recorridos del rancho y declaraciones de los habitantes de la zona.

Para la capacidad de carga animal, se utilizaron las zonas donde se encuentra localizada la vicia con la cual se alimentan el ganado, para esto se pesaron 5 muestras en distintos sitios del rancho cortando la vegetación dentro de cuadrantes de 0,5m x 0,5m (0,25m²). (Anexo I)

b. Muestreo y caracterización de las excretas del ganado

El muestreo y análisis de las excretas de ganado es muy importante para que nos arroje datos a ser utilizados en el dimensionamiento del biodigestor.

Materiales y Equipos:

- Cuaderno de notas
- Balde graduado de 6 litros
- Jara de 1 litro
- Guantes quirúrgicos
- Mascarilla
- Cámara Fotográfica
- Termómetro
- Tiras medidoras de pH

Procedimiento del muestreo IN-SITU: Para obtener datos de temperatura y pH de las heces del ganado vacuno se realizó un muestreo in-situ para lo cual se realizó una homogenización de agua y heces en un recipiente, esta mezcla se agita y se introduce la tira de pH y se lo deja entre 10 y 15 segundos para posteriormente comparar los colores que se obtuvieron con la escala de colores indicadora en la tabla de pH. (Anexo II)

Para medir la temperatura se introdujo directamente el termómetro en las heces del ganado dejándolo dos minutos introducido para luego sacarlo y anotar la medida que indica el termómetro

Procedimiento del muestreo EX-SITU:

Los demás datos se obtuvieron de manera ex-situ es decir en un laboratorio el cual para el presente estudio fue el laboratorio de Análisis técnico de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH. (Anexo III)

c. Cuantificación de la carga diaria de estiércol encontrado en el rancho.

Para el cálculo de la capacidad de carga se utilizó las siguientes formulas:

$$A = \frac{B}{C}$$

A: Producción por cuadrante (kg/m²).

B: Peso total del pasto cortado en los cuadrados (kg).

C: Numero de cuadros usados (m²).

$$D = E * A$$

D: Producción total del potrero (kg).

E: Área del potrero (m²).

$$G = \frac{D * H}{100}$$

G: Pasto perdido por pisoteo (kg).

H: Porcentaje estimado de pérdida por pisoteo (%).

$$J = D - G$$

J: Pasto aprovechable (kg).

$$L = M * N$$

L: Total de U.G.G. del lote. (U.A.)

M: U.G.G. por animal

N: Número de animales (U.A.).

$$O = 45Kg * L$$

O: Consumo diario del lote (kg/día).

$$H = \frac{J}{O}$$

H: Período de permanencia (días)

J: Pasto aprovechable (kg).

$$Q = O * P$$

Q: Consumo del lote durante todo el período de rotación (kg).

O: Consumo diario del lote (kg).

P: Período de rotación (días).

$$R = \frac{Q}{K}$$

R: Área de pastoreo para el lote (ha).

K: Pasto aprovechable por hectárea (kg/ha)

$$S = \frac{L}{R}$$

S: Capacidad de carga (U.A./ha)

L: Total de U.A.

R: Área de pastoreo para el lote (ha)

Se realizó el procedimiento de acuerdo a la técnica de dilución que será utilizada para conocer la cantidad de sólidos totales encontrados en el estiércol, dicha dilución será en una relación 1:3, es decir 1 kg de estiércol fresco y en 3 litros de agua. Seguido se llevaran las muestras al laboratorio para ser analizadas.

A partir de los datos In situ y de laboratorio se procederá al dimensionamiento del biodigestor.

Tabla N. 1-3. Método empleado para el análisis físico-químico del estiércol vacuno.

Se empleó Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 Edición		
Parámetro	Unidades	Método
Sulfuros	mg/L	4500-S-E
Demanda Química Oxígeno (DQO)	mg/L	5220-C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	5210-B
Sólidos en Suspensión	mg/L	2540-D
Sólidos Volátiles	mg/L	2540-C
Sólidos Totales	mg/L	2540-B
Humedad	%	Gravimétricos
Ceniza	%	Gravimétricos

FUENTE: Laboratorio de análisis técnico de la facultad de ciencias de la ESPOCH.

d. Identificación de la necesidad e impacto del biodigestor, a través de una encuesta.

Se elaboró una encuesta con preguntas cerradas y de selección múltiple tanto al dueño, como a los empleados y vecinos del Rancho Guadalupe, que serían beneficiados de la utilización del biodigestor, para determinar la necesidad e impacto del mismo.

e. Selección del biodigestor

En función de las necesidades y requerimientos del Rancho, y analizando las características de todos los biodigestores existentes, el investigador escoge el biodigestor que pueda cumplir con los requerimientos de esta investigación.

f. Identificación de las medidas del biodigestor

Al final del dimensionamiento con los valores obtenidos se podrá realizar una relación de proporcionalidad para conocer si la utilización del biogás resultara más económica que la utilización de la bombona de gas.

3.5 Análisis e Interpretación de la Información

Se registraran los datos obtenidos tanto in situ como los de laboratorio. La información de los análisis servirá para el dimensionamiento del biodigestor y de acuerdo a este se podrá realizar la interpretación de la información obtenida en los análisis.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Línea Base del Lugar de Estudio YANAHURCO

La Parroquia Yanahurco perteneciente al Cantón Mocha tiene una población total según el último censo del año 2.010 de 1.470 habitantes. La distribución por género en esta Parroquia fue de 575 hombres y 895 mujeres, con claro predominio del género femenino.

4.1.1 Límites

Norte: Cantón Cevallos y Tisaleo.

Sur: Parroquia Yanayacu perteneciente al cantón Quero y una parte del nevado Chimborazo.

Este: Cantón Quero.

Oeste: Las parroquias de Pilahuín y San Andrés (perteneciente a la provincia de Chimborazo)

4.1.2 Clima

Posee un clima húmedo sub templado con temperatura que fluctúa entre 6° y 15° C.

La parte importante del cantón Mocha se encuentra en la zona del ecosistema del páramo, en medio de nevados, es posible recorrer los pajonales, junto a la vegetación conocida como chaparros, yaguales y los lecheros.

4.1.3 Análisis de la Vivienda. Agua y Red Eléctrica

En el cantón Mocha el 80% de la población cuenta con vivienda propia, los materiales usados para la construcción tanto en techo, pared y piso, son los adecuados es decir son aptos para vivienda, en su mayoría paredes de ladrillo, techos de loza y pisos de entablado, parquet, baldosa, vinil, ladrillo o cemento. El 96,8% de las viviendas tienen luz eléctrica, el servicio de telefonía convencional lo usa únicamente el 19,58% de la población, el acceso a internet es limitado siendo el 12,2% de la población que lo usa. (INEC, 2010)

Los datos del (INEC, 2010) muestran que en el área urbana de la provincia predominan las viviendas como departamentos o casas, mientras que en el área rural casi la totalidad de los habitantes viven en chozas lo cual revela que hay una importante presencia de indígenas que aún conservan las costumbres y modo de vida de sus ancestros.

El cantón se abastece de agua tratada de vertiente, con una cobertura global promedio de alrededor del 95%. A nivel urbano la provisión la realiza el Municipio mientras que a nivel rural lo hacen las Juntas Administradoras de Agua, el servicio de alcantarillado está a cargo del Municipio y tiene una cobertura del 95% para la zona urbana, mientras que para la zona rural la cobertura desciende al 30% debido a las dificultades topográficas.

En lo referente al acceso a energía eléctrica, el último censo (INEC, 2010), reveló que solamente un 3.3% de las viviendas de toda la provincia de Tungurahua no cuentan con este servicio.

3.1.4 Ganadería

La actividad ganadera también se desarrolla en la provincia, siendo las especies de mayor existencia el ganado vacuno que a la vez son las proveedoras de leche en la provincia, seguidas de ganado ovino del cual se obtiene lana para su comercialización, se destaca también el ganado porcino.

Los habitantes se dedican además de la ganadería a la cría de animales como: conejos, cuyes, aves de corral: pollos, pavos, patos, gallinas que son las encargadas de la producción de huevos.

Entre los ganados se destacan el vacuno, porcino y ovino. Existe una importante cantidad de aves criadas en el campo y de planteles avícolas, lo que genera una producción importante de huevos de gallina.

4.2 Línea Base de Rancho Guadalupe

El Rancho Guadalupe se encuentra ubicado en el cantón Mocha que pertenece a la provincia de Tungurahua y presenta las siguientes descripciones.

La ubicación geográfica del Rancho es:

- Latitud: -1.364342
- Longitud: -78.630640
- Altitud: 3070 m.s.n.m.



Figura N. 1-4. Localización del rancho Guadalupe

Fuente: Tatiana C., Toscano S.

4.2.1 Infraestructura Vial

Existen vías de primer orden para el ingreso del rancho desde diferentes partes del sector, existe una entrada de tierra ingresando al rancho, de fácil acceso para vehículos no más de 200m.

4.2.2 Servicios Básicos

Se cuenta con todos los servicios básicos, como luz eléctrica, agua potable, alcantarillado, los cuales son necesarios para tener una vida más digna.

4.2.3 Flora Existente en el Rancho

La siguiente información fue realizada mediante salidas de campo para recorridos en el rancho.

Tabla N. 1-4. Flora del Rancho Guadalupe, 2015

No.	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
1	Alfalfa	<i>Medicago sátiva</i>
2	Aliso	<i>Bétula acuminata</i>
3	Avena	<i>Avena sátiva</i>
4	Cacto	<i>Cactus dilleni</i>
5	Manzanilla	<i>Chamomilla</i>
6	Capulí	<i>Prunus salicifolia</i>
7	Eucalipto	<i>Glóbulos</i>
8	Gramma	<i>Páspalum</i> <i>Bomplamdianum</i>
9	Granadilla	<i>Passiflora édulis</i>
10	Maíz	<i>Zea maíz</i>
11	Menta	<i>Menta viridis</i>
12	Higuera	<i>Ficus cárica</i>
13	Limonero	<i>Citrus limeta</i>
14	Mora	<i>Rubus fruticosus</i>
15	Ortiga	<i>Úrtica urens</i>

16	Santa María	<i>Pyretrum partenium</i>
17	Sigse	<i>Arundo nítida</i>
18	Trébol	<i>Tsetsera</i>
19	Vicia	<i>Vicia sativa</i>

Fuente: Tatiana C., Toscano S.

4.2.4 Fauna Existente en el Rancho

La siguiente información fue realizada mediante salidas de campo para recorridos en el rancho.

Tabla N 2-4. Fauna del Rancho Guadalupe, 2015

No.	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
1	Caballo	<i>Equus ferus caballus</i>
2	Colibrí	<i>Colibri delphinae</i>
3	Gallina	<i>Gallus gallus domesticus</i>
4	Ganso	<i>Anser anser domesticus</i>
5	Gato	<i>Felis silvestris catus</i>
6	Gorrión	Passeridae
7	Libélula	Anisoptera
8	Lombriz	<i>Lumbricus terrestres</i>
9	Mosca	<u>Diptera</u>
10	Oveja	Ovis aries
1	Patos	<i>Anas platyrhynchos domesticus</i>
12	Perro	<i>Canis lupus familiaris</i>
13	Vaca/Toro	<i>Bos primigenius taurus / Bos taurus</i>

Fuente: Tatiana C., Toscano S.

4.3 Cálculo Para Determinar la Capacidad de Carga Animal

Es necesario conocer si el pastoreo que se realiza actualmente en el rancho afecta o no significativamente a la flora y fauna existente en el área, para ello se empieza cortando cuatro cuadrantes de potrero cada uno de 50cm x 50cm, para pesarlos y posteriormente sumar las cantidades resultantes del muestreo

(14,3 Kg), de esta manera se obtienen los datos para el cálculo del peso del potrero por cada metro cuadrado.

$$A = \frac{B}{C}$$

$$A = \frac{14,3}{1}$$

$$A = 14,3 \text{ kg/m}^2$$

4.3.1 Producción total de potrero

$$D = E * A$$

$$D = 32700 \text{ m}^2 * 14,3 \text{ kg/m}^2$$

$$D = 467610 \text{ Kg}$$

La cantidad D es la producción en los 3,27ha destinados al pastoreo, dentro del Rancho Guadalupe

4.3.2 Pasto perdido por pisoteo

$$G = \frac{D * H}{100}$$

$$G = \frac{467610 \text{ Kg} * 5}{100}$$

$$G = 23380,5 \text{ Kg}$$

Se estima que la pérdida por pisoteo es del 5% ya que el pastoreo se lo hace por el método rotativo en el cual el ganado no desperdicia significativamente el pasto pisoteándolo.

4.3.3 Pasto aprovechable

$$J = D - G$$

$$J = 467610 \text{ Kg} - 23380,50 \text{ Kg}$$

$$J = 444229,5 \text{ Kg}$$

Seguido, calculamos la cantidad de pasto aprovechable por hectárea considerando que el rancho tiene 3,27 Ha dedicadas para el pastoreo esto nos da: $K=135850 \text{ Kg/ha}$

Para estimar las Unidades Animal (U.A.) que puede tener el lote estudiado, se partirá de las siguientes equivalencias.

Tabla N. 3-4. Unidades Animal

Una vaca (450 Kg. Aprox.)	1U.A.
Un toro o 1 caballo	1,2 U.A.
Una novilla o un macho de engorde	0,8 U.A.
Un animal (macho o hembra) de desarrollo	0,7 U.A.
Un ternero de cría	0,4 U.A.

Fuente: Tatiana C., Toscano S.

$$L = M * N$$

Si en el rancho se tiene:

6 Vacas

2 Toros

2 Novillos

4 Animales de desarrollo

2 Caballos

$$L = 6 * 1U. A. = 6 U. A.$$

$$L = 2 * 1,2U. A. = 2,4 U. A.$$

$$L = 2 * 0,8U. A. = 1,6 U. A.$$

$$L = 4 * 0,7U. A. = 2,8 U. A.$$

$$L = 2 * 1,2U. A. = 2,4 U. A.$$

Se tiene que el total de U.A. en el terreno es:

$$L = 15,2 \text{ U.A.}$$

Seguido se calcula la cantidad de pasto que come las U.A en un día, teniendo como base que el consumo diario de cada U.A. (450 Kg) equivalente al 10% de su peso, es decir 45 Kg en promedio.

$$O = 45\text{Kg} * L$$

$$O = 45\text{Kg} * 15,2 \text{ U.} \frac{\text{A}}{\text{día}}$$

$$O = 684 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

Con los datos obtenidos se calcula el periodo de Permanencia (H), que equivale el número de días que debería permanecer el lote en el potrero.

$$H = \frac{J}{O}$$

$$H = \frac{444229,5 \text{ Kg}}{684 \text{ Kg/día}}$$

$$H = 649,45 \text{ días}$$

$$H = 649 \text{ días}$$

Seguidamente se debe conocer el Consumo del lote durante todo el período de rotación (Q), para lo cual tenemos que conocer que el periodo de rotación (P) a su vez se calcula sumando el periodo de descanso que en el rancho es de 60 días aproximadamente, más, el periodo de permanencia (H) siendo este 649 días dando un total es P= 709 días.

$$Q = O * P$$

$$Q = 684 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} * 709 \text{ días}$$

$$Q = 484956 \text{ Kg}$$

Calculamos el Área de pastoreo que necesita el lote (R)

$$R = \frac{Q}{K}$$

$$R = \frac{484956 \text{ Kg}}{135850 \text{ Kg/ha}}$$

$$R = 3,56 \text{ ha}$$

Finalmente podemos calcular la Capacidad de carga:

$$S = \frac{L}{R}$$

$$S = \frac{15,2 \text{ U. A.}}{3,56 \text{ ha}}$$

$$S = 4,26 \text{ U. A./ha}$$

Teniendo en cuenta que según los datos obtenidos para los 15,2 U.A. que tiene el rancho Guadalupe se necesitan 3,56 ha de pastoreo y en realidad se cuenta con 3,27 ha destinadas para este uso, se realiza la siguiente relación para conocer la diferencia entre las U.A obtenidas y las reales existentes dentro del rancho.

$$U. A \text{ apropiado} = S * \text{Area real}$$

$$U. A \text{ apropiado} = 4,26 \frac{\text{U. A.}}{\text{ha}} * 3,27 \text{ ha}$$

$$U. A \text{ apropiado} = 13,93 \text{ U. A.}$$

Mediante lo obtenido se puede decir que las Unidades de Animales apropiadas en el rancho Guadalupe debería ser de 13,93 U.A. de 450Kg en las 3,27 ha destinadas al pastoreo, debido a que en ella existen 15,2U.A. de las cuales algunas pesan menos de 450Kg.

Se puede decir que para que no exista un excesivo pastoreo el área de pastoreo que necesita el lote (R) debería ser similar al área real de pastoreo del rancho es decir: R Areal teniendo: 3,56 3,27 podemos deducir que no existe

un sobre pastoreo en la granja que afecte al terreno y cause una erosión inminente.

4.4 Resultado de la Caracterización del Estiércol

4.4.1 Análisis de Resultados Físicos y Químicos

El estiércol fue recolectado para su posterior muestreo como se indica en el capítulo II, y los resultados son los siguientes:

Tabla N. 4-4. Resultados físico químicos, In-situ

Determinaciones	Resultado	Unidad
Temperatura	30	°C
Potencial Hidrogeno	7	pH

Fuente: Tatiana C., Toscano S.

Los análisis que no se logran realizar de manera in-situ fueron llevados como muestras al laboratorio para que se puedan determinar parámetros que se desea conocer para el presente proyecto dando como resultado lo siguiente:

Tabla N. 5-4. Resultados físico químicos, Ex-situ

Determinaciones	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Promedio (M1+M2)/2
Demanda Química de Oxígeno	g/Kg	72,0	76,3	74,15
Demanda Bioquímica de Oxígeno	g/Kg	53,8	43,0	48,4
Fosfatos	mg/Kg	9,0	12,4	10,7

Nitratos	mg/Kg	30,0	26,0	28,0
Ceniza	%	10,9	22,6	16,75
Materia Seca	%	19,3	33,0	26,15
Humedad	%	80,2	67,0	73,6
Sólidos Disueltos	g/Kg	37,8	39,2	38,5
Sulfuros	g/kg	76,0	80,0	78,0

Fuente: Laboratorio, Facultad Ciencias, ESPOCH

4.4.1.1 Determinación del pH

El pH resultante del muestreo 7, es beneficioso para que se produzca las reacciones de digestión debido a que, un pH neutro es el ambiente más eficiente para la digestión, esto es un pH en el rango de 6,6 a 7,6.

4.4.1.2 Demanda Química de Oxígeno

El DQO 74,15 g/kg indica el contenido orgánico total de la materia biodegradable, esto a su vez muestra la presencia de biomasa activa que va a remover la carga orgánica existente en el compuesto que se introducirá en el biodigestor.

4.4.1.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno

La DBO5 promedio da 48,4 g/kg, esto indica el consumo de oxígeno durante la degradación de la muestra por 5 días, este consumo lo realizan los microorganismos existentes en la misma. La relación encontrada entre la DBO5 y la DQO indicará la importancia de los vertidos dentro del biodigestor y sus posibilidades de biodegradabilidad. Unos valores indicativos serían:

- $DQO/DBO5 = 1,5$ ---> Materia orgánica muy degradable
- $DQO/DBO5 = 2,0$ ---> Materia orgánica moderadamente degradable
- $DQO/DBO5 = 10$ ---> Materia orgánica poco degradable (Marchaim)

En este caso sería; $74,15/48,4 = 1.5$ de acuerdo a esta relación se puede decir que la materia en estudio (estiércol) es muy degradable.

4.4.1.4 Ceniza

El análisis de la ceniza en la muestra es de 16,75 %, esto es la cantidad de materia sólida que permanece como residuo luego de la calcinación efectuada a la muestra por kilogramo de material.

4.4.1.5 Sólidos Disueltos

Esta es una medida del contenido combinado de todas las sustancias inorgánicas y orgánicas contenidas en un líquido en forma molecular, ionizada o en forma de suspensión micro-granular (sol coloide).

4.4.1.6 Sulfuros

El sulfuro de hidrogeno (H_2S) al igual que el metano se producen en el biodigestor, en el mismo proceso, se da a entender que este compuesto viene del sustrato con el que se alimenta el biodigestor.

Se deduce que una excreta que tenga poco contenido de azufre, tendrá como resultado un biogás con menos contenido de sulfuro de hidrogeno. En los lugares donde a los animales se los alimentan en mayor proporción con forraje y en baja cantidad con concentrados da como resultado un bajo contenido de sulfuro de hidrogeno. (Beez.2014)

La muestra de las excretas da 78,0 g/kg, lo que en términos de porcentaje nos da 0,0078% esto expresa que no es necesario colocar filtros para la remoción del H_2S que se pueda producir en el proceso de biogás, debido a que esta remoción se realiza cuando la concentración de H_2S sobrepasa los niveles de 2% y no es necesario cuando tiene concentraciones por debajo del 1%, como en este caso. (Beez.2014)

4.4.2 Análisis de Resultados Coproparasitarios

Debido a que se debe tener una persona quien se encuentre en contacto con el excremento de los animales para realizar la recolección desde el establo para la carga del biodigestor, se realizó el muestreo para el posterior análisis en un

laboratorio especializado teniendo como resultado lo siguiente: (Hilbert, et al.) Respecto al análisis coproparasitario macroscópico, la consistencia es normal y sin presencia de paracitos adultos.

Tabla N. 6-4. Resultado coproparasitario microscópico

Parásito	Carga Parasitaria muestra 1	Carga Parasitaria muestra 2
Haemonchus	+	+++
Trichostrongylus		
Ostertagia		
Bunostomun		
Nematodirus		
Oesophagostomun	+++	
Chabectia	+	+
Cooperia		
Trichuris		
Capilaria		
Marshalagia		
Monieza benedeni		+
Monieza expansa		
Fasciola		
Strongyloides		+++

Carga Parasitaria: (+) leve, (++) levemente moderado, (+++) moderado, (++++) crónico

Fuente: Clínica veterinaria, Planeta cachorros

Debido al resultado se puede determinar que es necesario una desparasitación a los animales del rancho aun cuando no existe un nivel de carga parasitaria crónica en alguno de los parásitos analizados, la desparasitación por medio de un calendario de vacunación hace que se prevengan daños a la salud humana de quien manipula el excremento, en especial por la presencia de Strongyloides ya que este parasito puede afectar a la salud humana y provocar estrongiloidiasis, una enfermedad grave que incluso puede llevar a la muerte.

4.5 **Cuantificación de la Carga Diaria de Estiércol Encontrado en el Rancho.**

Antes de realizar la cuantificación del estiércol, es necesario conocer y clasificar de cierta manera al ganado con el cual se pretende trabajar para la producción de biogás, cabe mencionar que la raza de estos ejemplares es Holstein.

Tabla N. 7-4. Peso de ejemplares en el rancho Guadalupe

Descripción	#	Peso, kg
Lecheras	1	450
	2	500
	3	420
	4	430
	5	410
	6	450
Secas	7	390
	8	400
	9	380
	10	400
Novillos	11	200
	12	300
Toros	13	400
	14	430
Peso Total		5560
Peso Promedio		397,14

Fuente: Tatiana C., Toscano S.

Para realizar esta cuantificación se llevó a cabo el muestreo mediante el procedimiento antes explicado en el capítulo II, por medio del cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla N. 8-4. Recolección de estiércol en estado de estabulación

# días	Peso al día Kg/día	Peso semanal Kg/semana	Peso Promedio Kg/día
1	81,63	590,73	84,39
2	87,27		
3	78,50		
4	90,16		
5	85,32		
6	84,48		
7	82,67		

Fuente: Tatiana C., Toscano S.

Con los datos obtenidos se puede asegurar que en estado de estabulación el cual es de 12 horas al día las 14 cabezas de ganado produce aproximadamente 84,39 Kg/día esto es la cantidad con la que cuenta el rancho Guadalupe para realizar la mezcla y posteriormente la alimentación del biodigestor, se colocara además materia vegetal (restos de poda, residuos orgánicos de cocina) para que los microorganismos no reaccionen violentamente, de esta manera aplacarlos y se dé a cabo un proceso idóneo para producir biogás.

4.6 Encuesta

Se empleó la encuesta con la finalidad de: evaluar el impacto del diseño de un biodigestor anaerobio para la obtención de biogás, a partir de excretas de ganado vacuno.

Esta encuesta se aplicó al administrador, empleados y vecinos del Rancho que son los directamente afectados o beneficiados, de la implementación del biodigestor.

Se identificaron datos generales de la población de estudio:

Tabla N. 9-4. Género

GENERO	N.	%
M	5	62.5%
F	3	37.5%
TOTAL	8	100%

Fuente: Encuesta realizada por. Tatiana C., Toscano S.

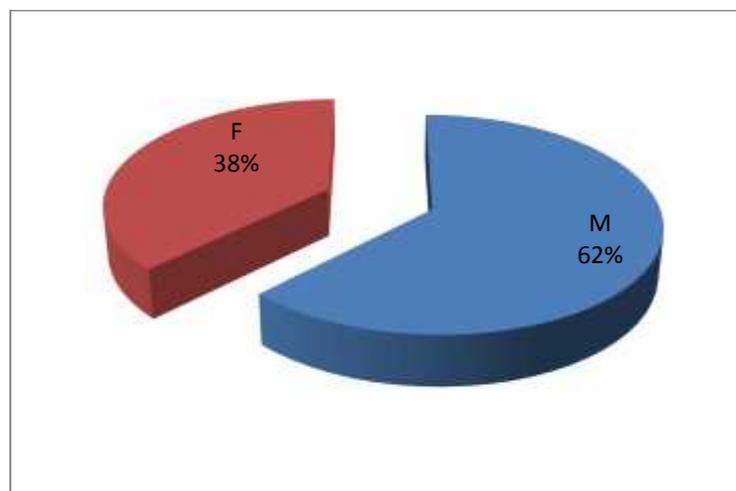


Figura N. 2-4. Género

Fuente: Realizado por: Tatiana C., Toscano S.

De la población de estudio se tiene que el 62% son varones y el 38% son mujeres.

En relación con el nivel académico de la población se tiene:

Tabla N. 10-4. Nivel Académico

NIVEL ACADÉMICO	N.	%
PRIMARIA	4	50.0%
SECUNDARIA	3	37.5%
SUPERIOR	1	12.5%
TOTAL	8	100%

Fuente: Encuesta realizada por. Tatiana C., Toscano S.

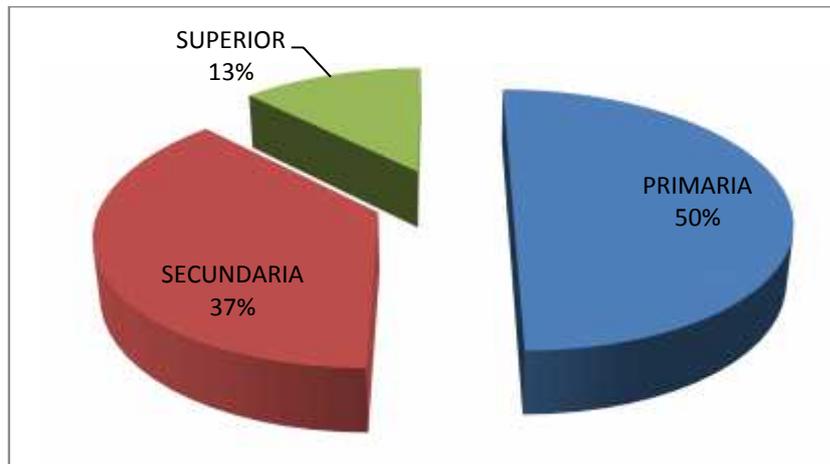


Figura N. 3-4. Nivel académico

Fuente: Realizado por: Tatiana C., Toscano S.

EL nivel académico de los encuestados prevalece la primaria con un 50%, seguido de secundaria con el 37,5% y por último el 13% con educación superior, esto se debe a que la mayoría son del área rural y el nivel de acceso a la educación de las personas mayores era limitado.

1) ¿Qué tipo de combustible utiliza para sus labores diarias?

Diésel Gas Natural Biogás Metano Gas de aguas
residuales
Electricidad

Tabla N 11-4. Tipo de combustible

TIPO DE COMBUSTIBLE	N.	%
DIÉSEL	4	33.3%
GAS NATURAL	0	0.0%
BIOGÁS	0	0.0%
METANO	0	0.0%
GAS DE AGUAS RESIDUALES	0	0.0%
ELECTRICIDAD	8	66.7%
TOTAL	12	100%

Fuente: Encuesta realizada por. Tatiana C., Toscano S.

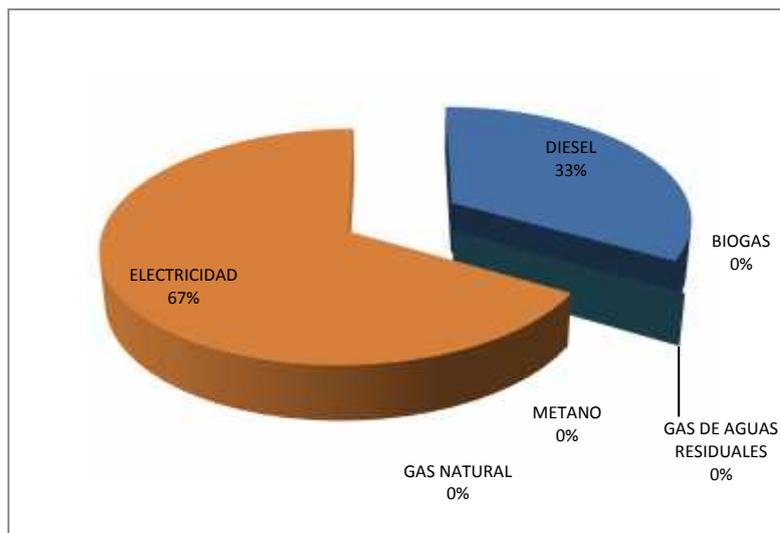


Figura N. 4-4. Tipo de combustible

Fuente: Realizado por: Tatiana C., Toscano S.

Toda la población encuesta manifiesta que el combustible que utiliza es electricidad, esto se debe a que es el combustible que facilita el medio, otros medios son aún desconocidos, adicionalmente se utiliza el diésel en la maquinaria en un 33,3%

2) ¿Qué valor en combustible utiliza al mes?

Entre 0 y USD 100 Entre USD. 100 y USD. 1000 Más de USD.
1000

Tabla N12-4. Valor del combustible

VALOR EN COMBUSTIBLE	N.	%
\$ 0 - \$100	6	75.0%
\$ 100 - \$ 1000	2	25.0%
> \$ 1000	0	0.0%
TOTAL	8	100%

Fuente: Encuesta realizada por. Tatiana C., Toscano S.

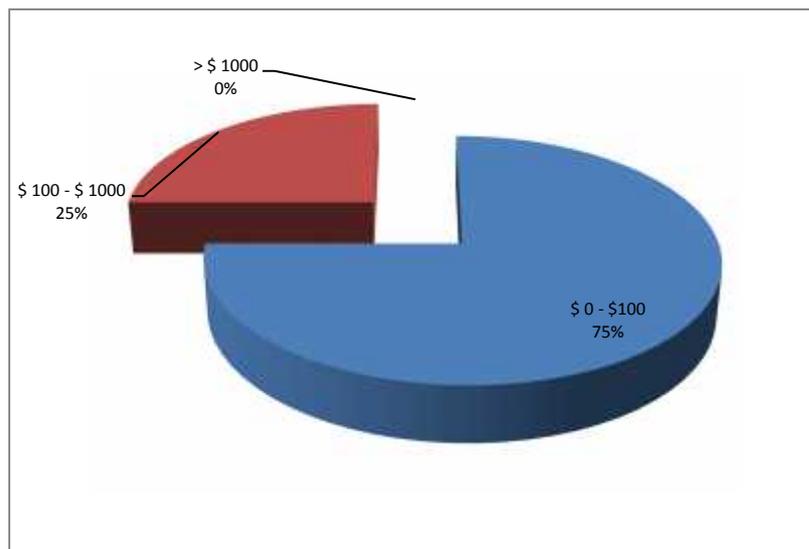


Figura N. 5-4. Valor del combustible

Fuente: Realizado por: Tatiana C., Toscano S.

El 75% de la población encuestada gasta en combustible entre \$0 y \$100, apenas el 25% gasta entre \$100 y \$1000 y ninguno supera los \$1000, la mayor parte de la población encuestada es de escasos recursos económicos, por lo que el nivel de consumo casi siempre será el básico establecido.

3) ¿El uso del combustible está destinado a qué tipo de consumo?

Alimentación Iluminación Refrigeración Maquinaria
Productiva

Tabla N. 13-4. Uso del combustible

TIPO DE CONSUMO	N.	%
ALIMENTACIÓN	3	15.8%
ILUMINACIÓN	8	42.1%
REFRIGERACIÓN	4	21.1%
MAQUINARIA	4	21.1%
TOTAL	19	100%

Fuente: Encuesta realizada por. Tatiana C., Toscano S.

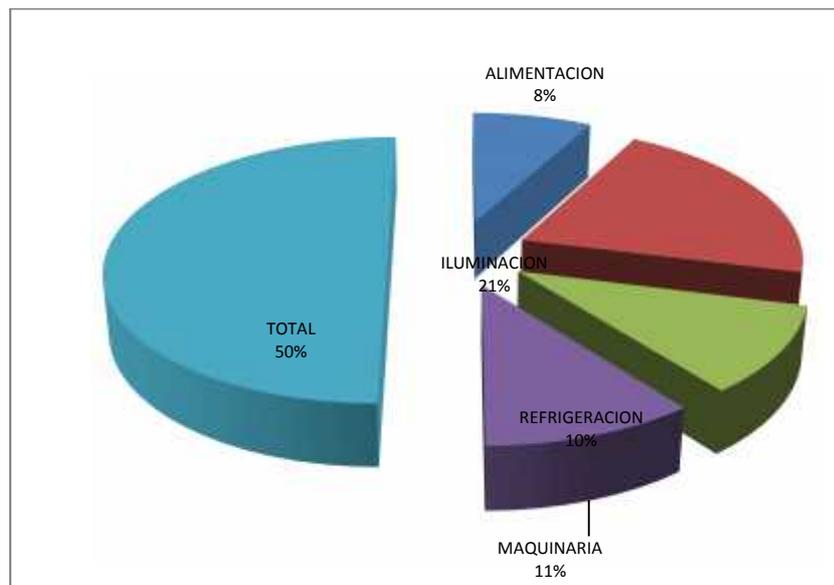


Figura N. 6-4. Uso del combustible

Fuente: Realizado por: Tatiana C., Toscano S.

Todos los encuestados manifiestan que usan la electricidad en un 50%, para la iluminación, adicionalmente utilizan para refrigeración y en maquinaria en un 21% y el 15,8% en alimentación.

4) ¿Piensa Usted que se debe promocionar el uso de energías alternativas?

Sí No

Tabla N14-4. Promocionar energía alternativa

PROMOCIONAR	N.	%
SI	8	100.0%
NO	0	0.0%
TOTAL	8	100%

Fuente: Encuesta realizada por. Tatiana C., Toscano S.

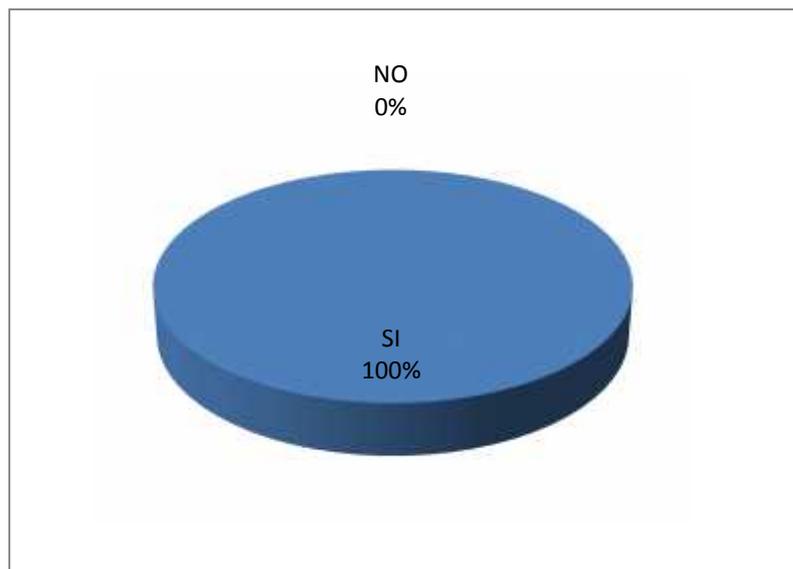


Figura N. 7-4. Promocionar energía alternativa

Fuente: Realizado por: Tatiana C., Toscano S.

El 100% de la población considera que si se debe promocionar el uso de otro tipo de energías alternativas para las diferentes actividades de la vida diaria.

5) ¿Conoce algo o ha escuchado sobre energías renovables alternativas como el Biogás?

Sí No

Tabla N. 15-4. Conoce energía alternativa

CONOCEN	N.	%
SI	2	25.0%
NO	6	75.0%
TOTAL	8	100%

Fuente: Encuesta realizada por. Tatiana C., Toscano S.

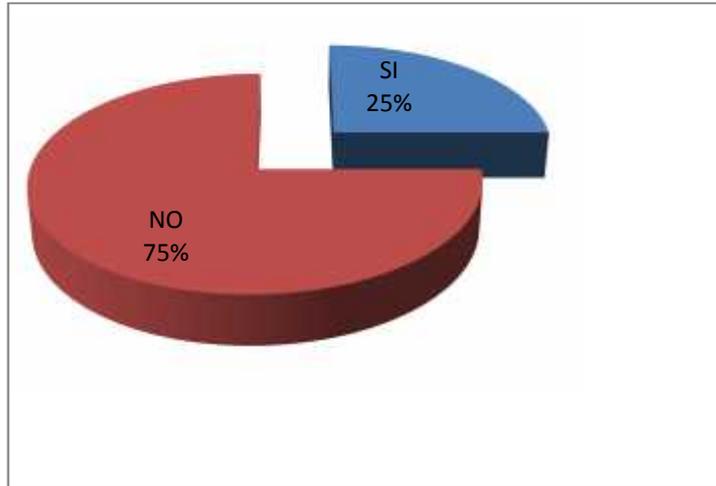


Figura N. 8-4 Conoce energía alternativa

Fuente: Realizado por: Tatiana C., Toscano S.

Apenas el 25% de los encuestados manifiesta conocer acerca de las energías renovables, y el 75% desconoce, por lo que es importante promover el uso de este tipo de energías que contribuirán a disminuir la contaminación ambiental.

6) Si tuviera la opción de un suministro fijo de Biogás ¿Cree usted que lo adquiriría?

Sí No

Tabla N.16-4. Adquiriría biogás

ADQUIRIRIA BIOGAS	N.	%
SI	5	62.5%
NO	3	37.5%
TOTAL	8	100%

Fuente: Encuesta realizada por. Tatiana C., Toscano S.

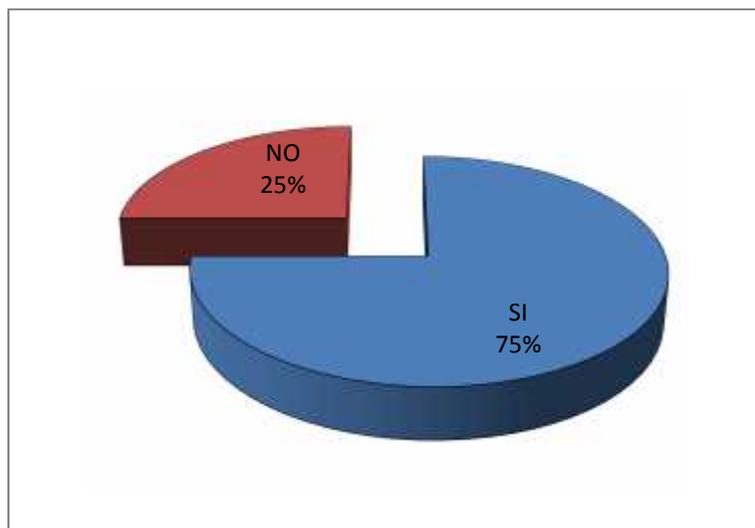


Figura N. 9-4 Adquiriría biogás
Fuente: Realizado por: Tatiana C., Toscano S.

El 62% de los encuestados manifiesta que si adquirirían el biogás y el 38% expresa que no, la mayor parte de estas decisiones se deben al desconocimiento que tienen las personas de los beneficios que aportan este tipo de combustibles.

7) ¿Cree Usted que el biogás afectará positivamente al futuro de su sector?

Sí No

Tabla N. 17-4. Biogás positivo

BIOGAS POSITIVO	N.	%
SI	5	62.5%
NO	3	37.5%
TOTAL	8	100%

Fuente: Encuesta realizada por. Tatiana C., Toscano S.

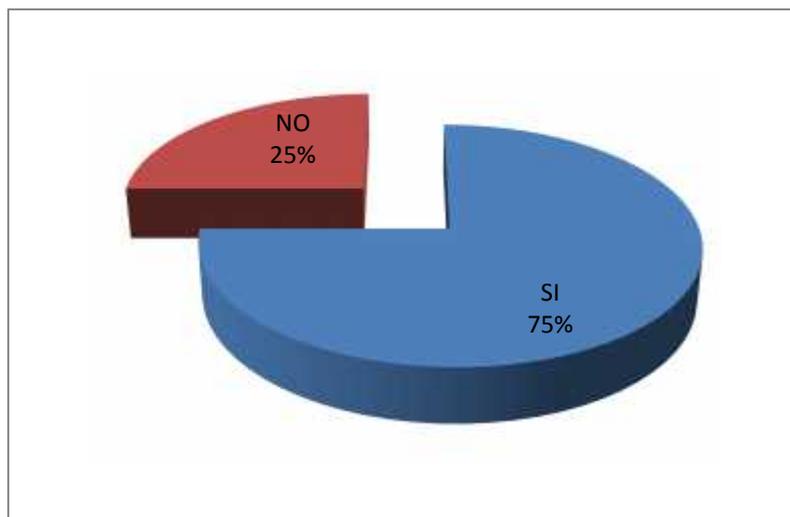


Figura N. 10-4 Biogás positivo
Fuente: Realizado por: Tatiana C., Toscano S.

El 62% de los encuestados consideran que el biogás influiría positivamente en el futuro del sector, esto se debe al aporte que este tendría al nivel de contaminación, y apenas el 38% considera que no sería positivo pero sobre todo esta opinión se debe al desconocimiento acerca del tema por parte de la población.

8) ¿Estaría Usted dispuesto a realizar la recolección de las EXCRETAS DE GANADO VACUNO para alimentar un biodigestor?

Sí No

Tabla N.18-4. Recolectar excretas

RECOLECTAR EXCRETAS	N.	%
SI	6	75.0%
NO	2	25.0%
TOTAL	8	100%

Fuente: Encuesta realizada por. Tatiana C., Toscano S.

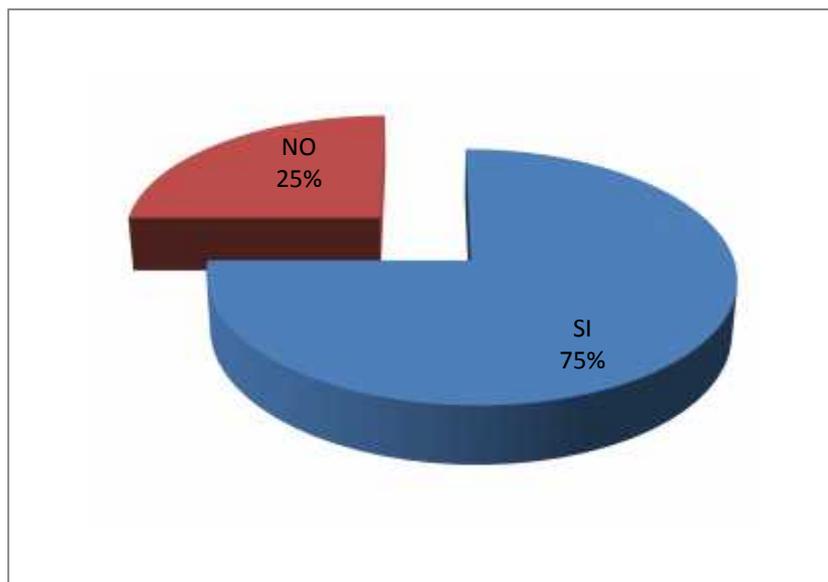


Figura N. 11-4. Recolectar excretas

Fuente: Realizado por: Tatiana C., Toscano S.

El 75% de la población estaría dispuesta a recolectar excretas de ganado vacuno con la finalidad de alimentar los biodigestores que contribuirán al sector, y el 25% manifiesta no estar de acuerdo.

9) ¿Cree Usted que el biogás tiene efectos negativos en su uso?

Sí No

Tabla N. 19-4. Efectos negativos del biogás

EFFECTOS NEGATIVOS	N.	%
SI	1	12.5%
NO	1	12.5%
DESCONOCE	6	75.0%
TOTAL	8	100%

Fuente: Encuesta realizada por. Tatiana C., Toscano S.

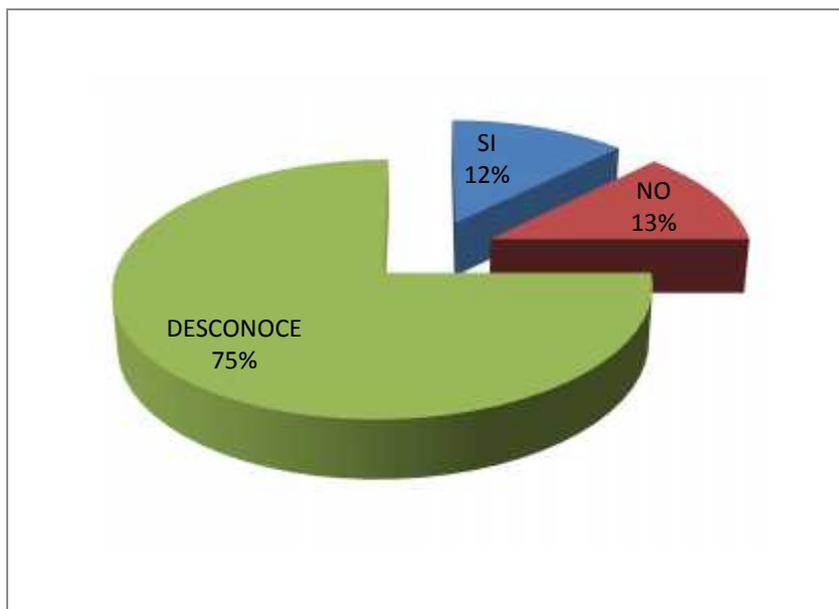


Figura N. 12-4 Efectos negativos del biogás

Fuente: Realizado por: Tatiana C., Toscano S.

El 75% de la población manifiestan que desconocen si el biodigestor tendría efectos negativos en su uso, apenas una persona expresa que no tendría efectos y una de ellas considera que sí.

10) ¿Alguna vez ha pesado las excretas del ganado vacuno que posee?

Sí No

¿Cuánto?

Entre 0 y 10 Kg. Entre 10 y 100 Kg. Más de 100 Kg.

Tabla N. 20-4. Ha pesado excretas

PESADO EXCRETAS	N.	%	0 - 10 Kg	10 - 100 Kg.	> 100 Kg.
SI	3	37.5%	2	1	0
NO	5	62.5%	0	0	0
TOTAL	8	100.0%	2	1	0

Fuente: Encuesta realizada por. Tatiana C., Toscano S.

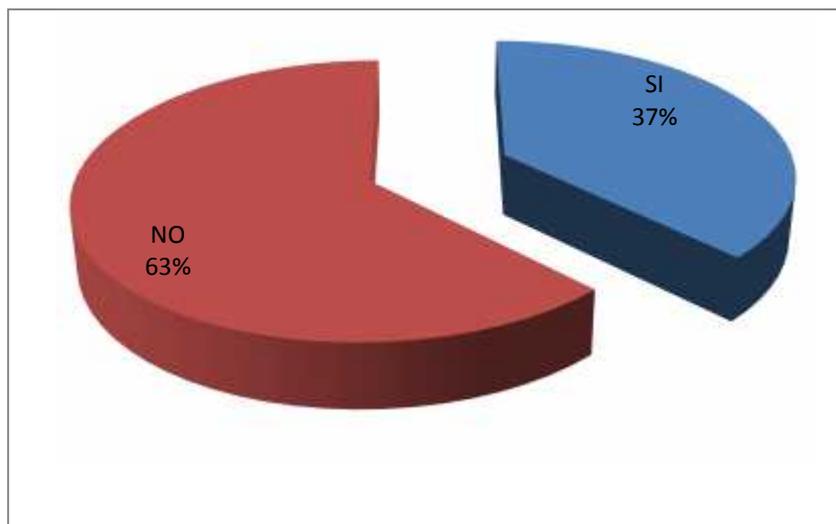


Figura N. 13-4 Peso de la excreta
Fuente: Realizado por: Tatiana C., Toscano S.

La mayoría de los encuestados no tiene la costumbre de pesar las excretas de su ganado, pero el 37% si lo hace, de ellos 2 obtienen entre 0 y 10 Kg. Diarios y solo uno de ellos ha pesado entre 10 y 100 Kg. De excretas de ganado.

4.7 Selección de un Biodigestor Adecuado Para el Rancho.

La elección de un biodigestor adecuado es importante para evitar gastos innecesarios es por ello que se indago bibliografía para obtener información acerca de biodigestores.

Tabla N. 21-4. Comparación de los modelos de biodigestores más empleados

Aspectos o Variables	Biodigestor de placa fija (Chino)	Biodigestor de cúpula móvil (Indio)	Biodigestor tubular continuo (Polietileno)
Económico	Alto costo debido a los materiales de construcción y obra especializada. Alto riesgo de fisuras, que incide en aumento de costos.	Alta inversión por cúpulas metálicas y materiales de construcción. Alto costo en transporte e instalación de la cúpula.	Baja inversión inicial, puede emplearse material de reciclaje.
Construcción	Requiere mano de obra especializada de construcción. Se construye en el sitio.	Requiere mano de obra especializada de construcción y metalúrgica. La cúpula se construye en talleres y se ensambla en el sitio.	Lo puede instalar cualquier persona que se capacite. Se construye y ensambla in situ.
Personal para la construcción	Albañil experto y ayudantes	Se requiere más de dos personas, sobre todo para la colocación de la cúpula.	Se requieren únicamente dos personas.
Transporte	Se requiere de transporte de materiales para construcción (arena, bloques, cemento, entre otros)	Se requiere una grúa para el transporte y colocación de la cúpula	Los accesorios y materiales se pueden transportar en una caja con facilidad

Fuente: (Chávez , et al., 2007)

En el rancho Guadalupe se ha tomado en cuenta los aspectos mencionados en la Tabla N. 21-4, para escoger el diseño de Biodigestor Tubular Continuo de Polietileno biodigestor adecuado al aspecto socio-económico y a las características del lugar.

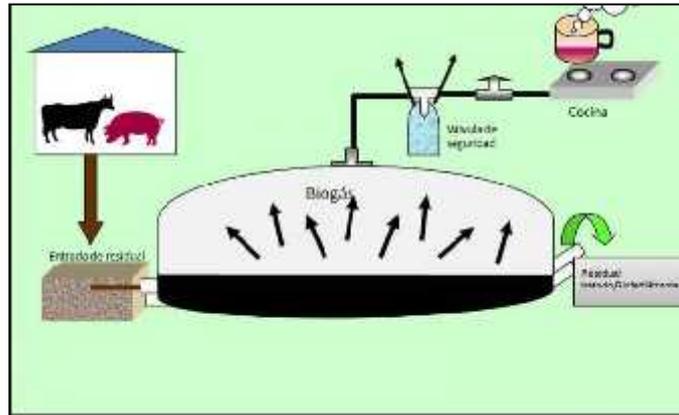


Figura N. 14-4. Biodigestor
Fuente: (Chávez , et al., 2007)

4.8 Cálculos Para el Dimensionamiento del Biodigestor

Antes de comenzar a calcular se debe tomar en cuenta ciertos aspectos a continuación detallados:

Tabla N. 22-4. Características del estiércol en algunos animales

Clase de animal	% Peso Vivo		% Material de Digestión		Relación C/N	P-Producción de biogás (m ³ gas/1K SO)
	PE- Estiércol	PO- Orina	% EST Sólidos	%SO Sólidos Orgánicos		
Vacunos	5	4	15-16	13	20	0,250
Cerdos	2	3	16	12	13	0,350
Caprinos	3	1,5	30	20	30	0,200

Fuente: (Castells) (Chávez , et al., 2007)

4.8.1 Requerimientos de Energía

En el rancho se utilizan 155,6 Kwh/mes aproximadamente. Considerando que por cada hora en una estufa se gastan 0,2 m³ de biogás, con un aproximado de 55% de eficiencia de los quemadores, se procede a realizar los siguientes análisis, teniendo en cuenta que para el desayuno se demoraría aproximadamente 60min para el almuerzo 90min y en la merienda sería de 60min el tiempo de cocción dando un total de 210min. (Paca Telenchano, 2013)

Requerimientos combustibles

$$\begin{array}{r}
 \text{Desayuno} \quad 60 \text{ min} \\
 \text{Almuerzo} \quad 90 \text{ min} \\
 \text{Merienda} \quad 60 \text{ min} \\
 \hline
 210 \text{ min}
 \end{array}
 \quad
 \frac{210 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 3,50$$

Cantidad requerida de GLP en m³ de biogás. Considerando que por cada hora se produce 0.2m³ de biogás en 1 estufa de 1 fogón y la eficiencia de los quemadores=55%

$$0.2 \frac{\text{m}^3 \text{biogas}}{\text{h}} \times 3.5 \frac{\text{h}}{\text{día, familia}} \times 2 \text{familias} = 1.4 \frac{\text{m}^3 \text{biogas}}{\text{día}}$$

$$1.4 \frac{\text{m}^3 \text{biogas}}{\text{días}} \times \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = \frac{42 \text{m}^3 \text{biogas}}{\text{mes}}$$

Cantidad requerida de electricidad en m³ de biogás

$$\frac{155.6 \text{ kwh}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{m}^3 \text{biogas}}{1.2 \text{kwh}} = \frac{129.66 \text{m}^3 \text{biogas}}{\text{mes}}$$

$$\frac{129.66 \text{m}^3 \text{biogas}}{\text{mens}} \times \frac{1 \text{mes}}{30 \text{días}} = \frac{4.32 \text{m}^3 \text{biogas}}{\text{día}}$$

Cantidad de energía total requerida por el rancho $CET = CE_{\text{cocción}} + CE_{\text{eléctrica}}$

$$CET = \frac{1.4 \text{ m}^3 \text{ biogas}}{\text{día}} + \frac{4.3 \text{ m}^3 \text{ biogas}}{\text{día}} = \frac{5.7 \text{ m}^3 \text{ biogas}}{\text{mens}}$$

El rancho requiere 5,7 m³biogas por día para abastecerse de energía para la cocción de alimentos y de energía eléctrica. Mientras que solo para la cocción lo cual es nuestro interés es de 1,4 m³biogas por día.

4.8.2 Cantidad de Unidades Animal para cumplir requerimientos

Para contar con conocimientos, se llevara a cabo el cálculo de la cantidad de animales necesarias para lograr cubrir los 5,7 m³biogas por día que es la energía total diaria del rancho.

Se debe conocer que se podrá recoger el 50% del estiércol producido al día debido al tiempo de estabulación del ganado.

$$MPC = \frac{PB}{SO * P}$$

Donde,

MPC: Materia prima para cargar, Kilogramos por día

PB: Producción Biogás, metros cúbicos de gas por día

SO: Sólidos Orgánicos, %

$$MPC = \frac{5.7 \text{ m}^3 \frac{\text{biogas}}{\text{día}}}{0.13 * 0.25 \frac{\text{m}^3 \text{ biogas}}{\text{kg}}}$$

$$MPC = 175.38 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

No se tendrá en cuenta el orín del ganado por la complejidad de recolección al tener un pastoreo a cielo abierto y de rotación

$$MPC = E + O$$

Donde,

MPC: Materia prima para cargar, Kilogramos por día

E: Estiércol en kilogramos por día

O: Orín en Kilogramos por día

$$MPC = E$$

$$E = \frac{MPC}{0.5}$$

$$E = \frac{175.38 \frac{Kg}{día}}{0.5}$$

$$E = 350.76 \frac{Kg}{día}$$

De la siguiente ecuación despejamos NA

$$E = NA * PVP * \frac{PE}{100}$$

Donde,

NA: Numero de animales por especie

PVP: Peso vivo promedio por animal

PE: Producción de estiércol por animal por día en porcentaje de peso vivo.

PO: Producción de orín por animal por día en porcentaje de peso vivo

$$NA = \frac{E}{PVP * \frac{PE}{100}}$$

$$NA = \frac{350.76 \frac{kg}{día}}{397.14kg * \frac{5 \frac{kg}{día}}{100kg}}$$

$$NA = 17.66 \approx 18vacas$$

Se requiere 18 vacas para producir la energía suficiente para abastecer las necesidades del rancho. Para el presente proyecto se quiere conocer cuántos animales serán necesarios para abastecer la energía utilizada en la cocción de alimentos. Entonces realizaremos lo siguiente.

$$MPC_{coc} = \frac{PB_{coc}}{SO * P}$$

Donde,

MPC_{coc}: Materia prima necesaria (para cocinar) para cargar en Kilogramos por día

PB_{coc}: Producción Biogás para la cocción en metros cúbicos de gas por día

SO: Sólidos Orgánicos en porcentaje

$$MPC_{coc} = \frac{1.4 \frac{m^3 biogas}{día}}{0.13 * 0.25 \frac{m^3 biogas}{kg}}$$

$$MPC_{coc} = 43.07 \frac{kg}{día}$$

$$MPC_{coc} = E$$

$$E = \frac{MPC_{coc}}{0.5}$$

$$E = \frac{43.07 \frac{kg}{día}}{0.5}$$

$$E = 86.14 \frac{kg}{día}$$

$$NA = \frac{E}{PVP * \frac{PE}{100}}$$

$$NA = \frac{86.14 \frac{kg}{día}}{397.14kg * \frac{5 \frac{kg}{día}}{100}}$$

$$NA = 4.33 \approx 4vacas$$

Tenemos que para suplir los requerimientos diarios de cocción en el rancho se necesitan 4 vacas, y de acuerdo a la cantidad de ganado en el lugar se comprueba la existencia de biomasa suficiente para lograrlo.

4.8.3 Volumen de la carga diaria de entrada

De acuerdo a la guía de Diseño y Manual de Instalación de Biodigestores Familiares de Jaime Martí, 2008 la carga de estiércol se recomienda realizarla en una relación estiércol:agua 1:3 ya que esto resulta conveniente.

Para el siguiente cálculo se usan datos obtenidos experimentalmente dentro del rancho, los cuales se encuentran en la Tabla 7-3

$$V_{CD} = CE + 3H_2O$$

Donde,

VCD: Mezcla de carga diaria en metros cúbicos por día

CE: Peso promedio del excremento del ganado en kilogramos por día

$$V_{CD} = 84.39 \frac{Kg}{día} + (3)84.39 \frac{l}{kg}$$

$$V_{CD} = 337.56 \frac{l}{día} \times \frac{1m^3}{1000l}$$

$$V_{CD} = 0.34 \frac{m^3}{día} \text{ de mezcla}$$

4.8.4 Tiempo de Retención

Para el siguiente cálculo se utilizan las constantes de la formula, y, la temperatura promedio del cantón Mocha que es el lugar donde se encuentra el rancho.

$$T_R = (-51.227 * Ln(T^{\circ}C) + 206.72)$$

Donde,

TR= Tiempo de retención en días

Ln= Logaritmo natural

T°C= Temperatura promedio dentro del invernadero en °C del sitio a instalarse el biodigestor

$$T_R = (-51.227 * Ln(25) + 206.72)$$

$$T_R = 41.86 \approx 42 \text{ días}$$

4.8.5 Volumen del digestor

$$Vd = V_{CD} * T_R * 1.2$$

Donde,

Vd: Volumen del digestor en metros cúbicos

VCD: Mezcla de carga diaria en metros cúbicos

TR: Tiempo de retención en días

1.2: Volumen adicional para el almacenamiento del gas

$$Vd = 0.34 \frac{n^3}{\text{día}} * 42 \text{ días} * 1.2$$

$$Vd = 17.13 n^3$$

4.8.6 Volumen Líquido

$$Vl = Vd * 75\%$$

$$Vl = 17.13 n^3 * 0,75$$

$$Vl = 12.84 n^3$$

4.8.7 Volumen Gaseoso

$$Vg = Vd * 25\%$$

$$Vg = 17.13 n^3 * 0,25$$

$$Vg = 4.28 n^3$$

4.8.8 Estimación de la Producción de Biogás

Para el cálculo de la producción de biogás se toman los datos encontrados experimentalmente en el rancho Guadalupe con las 14 cabezas de ganado las cuales tienen un peso promedio de 397.17 kg

$$E = NA * PVP * \frac{PE}{100}$$

Donde,

E: Producción de estiércol en kilogramos por día

NA: Número de animales por especie

PVP: Peso vivo promedio por especie en kilogramos

PE: Producción de estiércol por animal por día en porcentaje de peso vivo

$$E = 14 * 397Kg \frac{5 \frac{kg}{día}}{100kg}$$

$$E = 277.9 \frac{kg}{día}$$

$$E' = E * 50\%$$

Donde,

E': Estiércol recolectado en kilogramos por día

$$E' = 277.9 \frac{kg}{día} * \frac{50}{100}$$

$$E' = 138.95 \frac{kg}{día}$$

$$MPC = E'$$

Donde

MPC: Materia prima para cargar en Kilogramos por día

$$MPC = 138.95 \frac{kg}{día}$$

$$PB = MPC * SO * P$$

Donde,

PB: Producción de biogás en metros cúbicos por día

SO: Porcentaje de materia orgánica del estiércol según especie

P: Producción aproximada de metros cúbicos de gas por un kilogramo de masa orgánica seca

$$PB = 138.95 \frac{kg}{día} * 0.13 * 0.25 \frac{m^3 biogas}{kg}$$

$$PB = 4.51 \frac{m^3 biogas}{día}$$

Se comprueba entonces que la producción de biogás con las 14 vacas será suficiente para abastecer la necesidad de energía para la cocción de alimentos teniendo en cuenta que el rancho Guadalupe requiere una producción de 1.4 m³ de biogás por día y la producción estimada es de 4.51 m³ biogás al día.

4.8.9 Dimensionamiento de la zanja del biodigestor

La longitud de la zanja queda detenida por la longitud del biodigestor y la profundidad y ancho de la misma dependerá del ancho de rollo empleado en la implementación del biodigestor.

Debido a que la zanja presenta dos anchos diferentes se toma el promedio de los anchos como el diámetro (d)

$$d = \frac{a + b}{2}$$

Tabla N. 23-4. Dimensiones de la zanja

Ancho Superior de Zanja (a) en m	Ancho inferior de zanja (b) en m	Ancho promedio de la zanja (d) en m
2	1.6	1.8
1.5	1.2	1.35
1	0.8	0.9

Fuente: Tatiana C., Toscano S.

En ancho superior de la zanja por motivos de viabilidad y manejo no será mayor a 2m, por lo tanto tendremos a=1.5; b=1.2; d=1.35.

Para continuar el dimensionamiento debemos calcular la longitud del biogestor partiendo de:

$$V_{zanja} = \frac{(a + b)}{2} * h * L = d * h * L$$

$$L = \frac{V_L}{d * h}$$

Debido a que los biodigestores no deben ser demasiado cortos ni largos para la cantidad de carga diaria resultante, existe una relación entre el diámetro y la longitud, esta relación optima es 7 sin embargo existe un rango de 5 a 10 que puede ser utilizado.

Tabla N. 24-4. Posibles dimensiones de la zanja

VI, (m3)	h, (m)	d, (m)	L, (m)	L/d
13	1	2.25	5,78	2,57
13	1	1.80	7,22	4,01
13	1	1.35	9,63	7,13
13	1	0.90	14,44	16,05
13	1.2	2.25	4,81	2,14
13	1.2	1.80	6,02	3,34
13	1.2	1.35	8,02	5,94
13	1.2	0.90	12,04	13,37
13	1.5	2.25	3,85	1,71
13	1.5	1.80	4,81	2,67
13	1.5	1.35	6,42	4,76
13	1.5	0.90	9,63	10,70

Fuente: Tatiana C., Toscano S.

Por medio de la tabla 3-24 se determina que la relación L/d que más se aproxima al valor óptimo es 7,13, con una altura de 1m un diámetro promedio de la zanja de 1,35m y una longitud del biodigestor de 9,63m.

4.8.10 Pendiente de la zanja

Para facilitar la salida de sólidos es necesario tener una pendiente de 30% es decir 0,3 m entre la entrada y la salida, con respecto al nivel del suelo.

4.9 Producción de bioabono

Un biodigestor es un sistema usado además de la producción de gas para la producción de abono orgánico o bioabono este es a su vez utilizado en los cultivos evitando así el uso indiscriminado de abono químico, es por ello importante conocer cuál será el valor aproximado de bioabono resultante del proceso de digestión anaerobia dentro del biodigestor.

Tabla N. 25-4. Elementos en el estiércol fresco y biodigerido

Elemento	Unidades	Estiércol Fresco	Estiércol Biodigerido
Nitrógeno (N)	%	1.36	0.8
Fosforo(P)	%	0.16	0.04
Potasio (K)	%	0.14	0.26
Magnesio (Mg)	%	0.15	0.04
Calcio (Ca)	%	0.43	0.08
Hierro (Fe)	mg/Kg	435	72
Cobre (Cu)	mg/Kg	11	4
Zinc (Zn)	mg/Kg	28	6

Fuente: (Monar Castillo , 2009)

$$Bioabono = V_{CD} - \left(V_{CD} * \frac{\%ST}{100} \right)$$

Donde,

Bioabono: el abono orgánico resultante de la digestión anaerobia dentro del Biodigestor

V_{CD} : Mezcla de carga diaria en Kg/día

%ST: Porcentaje de sólidos totales, comprendida del 5 al 30% (para el proyecto se utilizara 17%)

$$\text{Bioabono} = 0,34 \frac{n^3}{\text{día}} - \left(0,34 \frac{n^3}{\text{día}} * \frac{17}{100} \right)$$

$$\text{Bioabono} = 0,28 \frac{n^3}{\text{día}}$$

CAPÍTULO V

IMPACTOS

5.1 Propuesta Para la Solución del problema

Para evitar el aumento de vectores de enfermedades como moscas, ratas, cucarachas entre otros se realiza el dimensionamiento de un biodigestor adecuado para el rancho siendo este, el modelo de flujo continuo de bolsa flexible por sus características, las cuales se adaptan de mejor manera a las necesidades del rancho.

5.1.1 Dimensionamiento del Biodigestor y Elaboración de Planos

Para el dimensionamiento del biodigestor se utiliza las ecuaciones adecuadas según el tipo, con los datos obtenidos en los muestreos y la cantidad de animales existentes en la granja.

Materiales

- Cuaderno de notas
- Computadora con programa Auto Cad

Procedimiento

El dimensionamiento se realiza de acuerdo a las necesidades del rancho, de acuerdo a la cantidad de estiércol y al tiempo de retención el cual tiene que ver con la temperatura ambiental.

Una vez obtenidos los resultados del dimensionamiento se procede a diseñarlo en el programa Auto Cad con sus respectivas dimensiones y sus vistas.

5.1.2 Resumen de resultados de diseño

Tabla N. 1-5. Requerimiento energético en el Rancho Guadalupe, 2015

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDADES
CEC	Requerimiento de combustible Cocción	1,4	$\frac{m^3 \text{ biogas}}{\text{día}}$
CEE	Requerimiento de combustible Electricidad	4,3	$\frac{m^3 \text{ biogas}}{\text{día}}$

Fuente: Tatiana C., Toscano S.

Tabla N. 2-5. Resultados de diseño

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDADES
V_{CD}	Volumen de la carga diaria	0,34	$\frac{m^3}{día}$
T_R	Tiempo de retención	42	Días
V_d	Volumen del digestor	17,13	$\frac{m^3}{día}$
V_l	Volumen liquido	12,84	$\frac{m^3}{día}$
V_g	Volumen gaseoso	4,28	$\frac{m^3}{día}$
MPC	Materia prima para cargar en Kilogramos por día	138,95	$\frac{kg}{día}$
P_b	Producción estimada de biogás	4,51	$\frac{m^3}{día}$
h	Altura de la zanja	1	m
d	Diámetro	1,8	m

	promedio de la zanja		
a	Ancho superior de la zanja	1,5	
b	Ancho inferior de la zanja	1,2	
L	Longitud del biodigestor	9,63	
-	Pendiente de la zanja	0,3	

Fuente: Tatiana C., Toscano S.

Los resultados obtenidos para el dimensionamiento, son graficados para su visualización mediante sus planos graficados en el programa Auto Cad.

Para el sistema de tuberías, se hace una abertura circular pequeña a la mitad del biodigestor para que sea la salida del gas aquí se hace un pasa muros colocando a cada lado un disco de caucho y otro de plástico rígido y un adaptador macho un lado y un adaptador hembra por el otro, de ahí se coloca la tubería PVC de $\frac{3}{4}$ de pulgada, después de un tramo de tubería se coloca una trampa con hierro para retener el ácido sulfhídrico, se coloca una Te conectada a una corta tubería que da a un frasco lleno de agua con un orificio para que salga el exceso de gas y evitar explosiones por la presión, seguido se coloca una llave para que salga el agua que pudiera encontrarse dentro de la tubería, además una trampa con sal de cobre para atrapar la humedad antes de la llave de paso hacia la conducción del gas a la cocina.

5.1.2 Localización del biodigestor dentro del rancho Guadalupe

El biodigestor continuo de bolsa flexible será ubicado cerca de la cocina para aprovechar al máximo la cantidad de biogás producido de la misma manera se ha verificado que es un lugar al cual le llega la luz solar en la mayoría de horas al día lo cual es importante para su tiempo de retención y rapidez de reacciones anaerobias dentro del biodigestor se presenta su localización.

5.1.3 Elaboración de planos

Los planos del biodigestor se encuentran en el Anexo I para la visualización del diseño del biodigestor continuo de bolsa flexible a implementarse en el Rancho Guadalupe.

5.2 Costos de Implementación

Es importante conocer cuál será el valor aproximado de construcción para poder proveer gastos extras por no haber realizado la compra de materiales de acuerdo al requerimiento para la construcción.

Tabla N 3-5. Presupuesto de materiales

	Referencia	Cantidad	Costo Unitario USD	Total USD
Conducción de biogás	Tubería de PVC de ¾" pulgada (20 m)	2	17,00	34,00
	Codos PVC ¾" pulgada	6	0,40	2,40
	Niple PVC ¾" pulgada	4	0,35	1,40
	Llaves de bola ¾" pulgada de plástico	6	4,67	28,02
	Teflón	2	0,25	0,50
	Tee PVC ¾"	4	0,35	1,40
Adaptación a cocina	Codo metálico ½ pulgada	4	0,40	1,60
	Tubo metálico ¾" pulgada (15cm)	4	0,95	3,80
	Tubo metálico ¾" pulgada (8cm)	4	0,70	2,80
Biodigestor	Plástico polietileno tubular (300 micrones negro) 14m	1	6,00	84,00

	Tubería PVC ¾" pulgadas (3m)	1	6,30	12,60
Tanques de Carga y Descarga	Cemento gris de 50Kg	4	7,50	30,00
	Volqueta de Arena	½	20,00	20,00
	Volqueta de Ripio	½	20,00	20,00
	Tubos de alcantarillado de cemento (80x100) cm	2		
Invernadero	Plástico amarillo para invernadero (15m)	1	6,00	90,00
	Tubos PVC de 1 1/2"	1	120,00	120,00
	PRECIO TOTAL			452,52

Fuente: Tatiana C., Toscano S.

Tabla N. 0-5. Personal para la construcción

Descripción	Cantidad	Valor Unitario USD	Valor Total USD
Albañil por un día	2	25,00	50,00

Fuente: Tatiana C., Toscano S.

Tabla N. 5-5. Transporte

Descripción	Cantidad	Valor Unitario USD	Valor Total USD
Transporte de materiales	2	15,00	30,00

Fuente: Tatiana C., Toscano S.

Tabla N. 6-5. Costo total

Descripción de costos	Valor USD
Materiales	452,52
Personal	50,00
Transporte	30,00
Imprevistos	35,00
Costo Total	567,52

Fuente: Tatiana C., Toscano S.

Se obtiene que para la construcción del biodigestor será necesario la cantidad de 567,37 USD teniendo en cuenta los imprevistos, que se refiere a los materiales u otras circunstancias que se puedan presentar al momento de la construcción siendo estos imprevistos el 10% del total del costo.

Teniendo en cuenta que el rancho requiere de 2 bombonas de gas licuado de petróleo para la cocción de alimentos. Se puede determinar la manera que beneficiara el tener un biodigestor de bolsa flexible dentro del rancho para economizar. Esto se demuestra en la siguiente tabla:

Tabla N. 7-5. Requerimientos económicos a través de los años

	Descripción	Valor por año			
		1	2	3	4
Sin implementación del biodigestor	Bombona de GLP	84,00	84,00	84,00	84,00
	Bioabono	150,00	150,00	150,00	150,00
	*Biogas	-	-	-	-
	Total USD requerido	234,00	234,00	234,00	234,00
Con implementación del biodigestor	Bombona de GLP	-	-	-	-
	Bioabono	-	-	-	-
	*Biogas	567,37	-	-	-

	Total USD requerido	567,37	-	-	-
USD Ahorrado		- 333,37	-99,37	134,63	234,00

*no se paga por el biogás sino por la implementación de un biodigestor

Fuente: Tatiana C., Toscano S.

En la tabla se ven los beneficios económicos de la implementación de un sistema de tratamiento de residuos como las excretas para la producción de gas y abono dentro de un biodigestor a estos beneficios no se les ha sumado, los ambientales a pesar que de por sí cuentan como los más importantes debido a la necesidad actual de implementar proyectos que beneficien al ambiente y evitar con su degradación.

Podemos apreciar que a partir del segundo año ya se ve el ahorro económico por la implementación del biodigestor.

5.3 Beneficios que Aporta la Propuesta

Los beneficios que atrae el uso de un biodigestor de Flujo Continuo de Polietileno son varios en el Rancho Guadalupe y a sus alrededores entre estos se describe a continuación los más importantes:

Proporcionará combustible en forma de biogás que se puede utilizar para suplir las necesidades energéticas, a la vez que se impulsa la producción de energía renovable.

Gracias al manejo adecuado de las excretas en un biodigestor se reduce la contaminación ambiental al convertir en materia prima los residuos orgánicos provenientes de la digestión del ganado, protegiendo al ambiente de la liberación de gases producto de la descomposición al aire libre, se ayuda a que las plantas cultivadas no sean contaminadas con microorganismos patógenos, larvas, huevos de invertebrados que pueden causar un malestar a las personas que consuman estos productos sin tener una higiene adecuada.

Otro producto a parte del biogás es el abono orgánico el cual resulta después de la digestión anaerobia de la materia prima (excretas) dentro del biodigestor, esto ayuda en la producción de cultivos sanos debido a que son muy buenos

se puede dejar de utilizar fertilizantes químicos en los sembríos los cuales son perjudiciales a nivel local, y de esta manera se ayudaría al suelo a recuperar sus nutrientes sin desgastarlo.

Mejora las condiciones higiénicas del rancho , debido que se minora la cantidad de microorganismos patógenos, huevos de gusanos y moscas las cuales se pueden encontrar en las excretas del ganado pero dentro del biodigestor ya se mueren en el proceso.

CONCLUSIONES

- Se dimensionó un biodigestor anaeróbico a partir de las excretas del ganado vacuno encontrado en el rancho Guadalupe con las siguientes medidas: $L=9,63\text{m}$; $a=1,5\text{m}$; $b=1,2\text{m}$; $h=1\text{m}$; $Vd= 17,13\text{m}^3$
- Las excretas del ganado son propicias ya que estas cumplen las características necesarias para la producción de biogás.
- El Biodigestor adecuado para el rancho es Tubular Continuo de Polietileno bajo invernadero, por su fácil instalación, su bajo costo de implementación, que ofrece un tiempo de retención de 42 días, para una producción de biogás de $4,51\text{ m}^3/\text{día}$.
- Con el manejo adecuado de las excretas en la producción de biogás se disminuirá la acumulación de vectores de enfermedades tales como moscas y ratas dentro del rancho Guadalupe.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda al propietario del rancho considerar la implementación del biodigestor para manejar adecuadamente las excretas y contar con un desarrollo sostenible.
- Una vez instalado el biodigestor se recomienda la purificación del gas debido a su contenido de vapor de agua, alcoholes y otras sustancias que se encuentran en el biogás.
- Utilizar guantes y botas de caucho para evitar riesgos de contaminarse con el material fecal, al momento de la recolección de las excretas.
- No realizar mono cultivos en los terrenos de pastoreo ni los destinados a uso agrícola familiar, para evitar la degradación del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

Beez.2014. *Biogas-Plantas de codigestion.*

Bermúdez, J. y Otros.2008. *La Digestión Anaerobia.* Murcia-España : Universidad de Murcia. 13.

Castells, X. 2004. *Aprovechamiento de residuos Agrícolas y Forestales:Reciclaje de residuos industriales.* Madrid-España : Díaz de Santos.

Castells, X. 2005. *Tratamiento y Valorización Energética de Residuos.* Madrid-España : Díaz de Santos.

Castells, X.2012. *Biomasa y Bioenergía.* Madrid : Díaz de Santos.

Cervantes, R. 2002. Diseño de un biodigestor para la producción de biogás en una vivienda. *Tesis profesional.* s.l. : DIMA, Universidad Autónoma Chapingo.

Chaúr, J. 2010. *El biogás.* Bogotá-Colombia : Produmedios.

Chaúr, J.2001. *El biogás.* Bogotá-Colombia : Produmedios.

Chávez , R. y Otros. 2007. *Biodigestores y el protocolo de Kyoto.* 1ra ed. Lima : Norma, 2007. págs. Pp. 9-11, 38-40.

Cruz, M. 2011. El estiércol, ¿material de desecho o de provecho?. [En línea] 2011. [Citado el: 16 de marzo de 2015.] <http://www.cronica.com.mx/notas/2011/593631.html>.

Gabler, F. 2011. Estiercol de ganado contribuye al calentamiento global. [En línea] 2011. [Citado el: 16 de marzo de 2015.] <https://www.veoverde.com/2011/02/estiercol-de-ganado-contribuye-al-calentamiento-global/>.

Hilbert, J. 2009. Biogás en Ecuador. [En línea] julio de 2009. <http://www.agroecologia.ec/energias-alternativas/7-biodigestores>.

Hilbert, J. y Moreno, J. 2007. *Compostaje.* 1ra ed. Madrid : Mundi-Prensa Libros. pág. Pp. 13.

Hilbert, J. 2007. *Manual para la producción de Biogás.* España : Instituto de Ingeniería Rural I.N.T.A.–Castelar.

Marchaim, U. 2002. *Biogas, processes for sustainable development.* Roma : FAO.

Marti Herrero, J. 2008. *Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación.* Bolivia : GTZ.

Monar Castillo , Ulises Riquelme . 2009. "Diseño de un Biodigestor para una Finca del Recinto San Luís de las Mercedes del Cantón Las Naves – Provincia de Bolívar. *TESIS DE GRADO.* Guayaquil : ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL - Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, 2009.

Paca Telenchano, Fanny Indalicia . 2013. Diseño de un biodigestor de "Bolsa Flexible" con desechos de ganadería, en la Comunidad de Shobol Llin Llin. *Tesis de Grado.* s.l. : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2013.

Portales, A. 2009. Construcción de un biodigestor anaerobio para la producción de metano en aéreas rurales. *Tesis profesional.* s.l. : Universidad de Guanajuato.

Silva, J. 2014. Manual para la producción del biogás. [En línea] <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/biogas.pdf>.

Silva, J. 2013. Biodigestores de bajo costo. [En línea] 07 de enero de 2013. [Citado el: 02 de OCTUBRE de 2015.] <http://biodigestores.blogspot.com/2012/06/tiposdebiodigestores.html> .

Sosa, Oscar. 2013. Estiércol. [En línea] 02 de OCTUBRE de 2013. [Citado el: 08 de septiembre de 2015.] <http://aefa-agronutrientes.org/glosario-de-terminos-utiles-en-agronutricion/estiercol>.

Taiganides, E. 2008. *Biogás: recuperación de energía de los excrementos animales.*

Vallejo, M. 2013. Biodigestor como la potencial solución para el manejo de desechos orgánicos y la producción de energías alternativas. [En línea] agosto de 2013. <http://www.metabioresor.eu/upmedios/image/Historia%20del%20Biog%C3%A1spdf>.

Varnero, M. 2011. *Manual de biogás.* Santiago de Chile. : s.n.

Vélez, F. 2013. Biogás Ecuador. [En línea] 07 de Enero de 2013. [Citado el: 12 de Septiembre de 2015.] <http://www.lrrd.org/lrrd21/9/pogg21152.htm>.

Vinasco, J. 2015. Tecnología del biogás. [En línea] marzo de 2015. <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/biogas.pdf>.

Young, M. 2006. *Digestores anaerobios: criterios de selección, diseño y construcción.* México : Instituto Nacional sobre Recursos Bióticos. N° 24.

Anexo I LEVANTAMIENTO DE LINEA BASE



Visualización de la flora y fauna dentro del Rancho Guadalupe



Pesado de cuadrantes de potrero para la medición de la capacidad de carga

ANEXO II

Muestreo y análisis de las excretas del ganado



Medición directa de temperatura del estiércol – Medición In Situ



Medición de pH del estiércol en dilución de 1:3 – Análisis In Situ

ANEXO III

Muestreo y análisis de las excretas del ganado

Recolección de muestras para análisis físico químicas – Análisis Ex Situ



Recolección de muestras para análisis coproparacitario – Análisis Ex Situ



ANEXO IV

Recolección de estiércol luego del tiempo de estabulación (permanencia dentro del establo)



ANEXO V

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS



Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos

Contáctanos: 0993387300 - 032924322 ó 0993806600 – 032360260
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS

Análisis solicitado por: Srta Tatiana Toscano
Fecha de Análisis: 4 de junio del 2015
Fecha de Entrega de Resultados: 10 de junio del 2015
Tipo de muestras: Estiércol de ganado vacuno Muestra 1
Localidad: Cantón Mocha Prov. Tungurahua

TRABAJO DE TESIS

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados
Demanda Química de Oxígeno	g/Kg	5220-C	72.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	g/Kg	5210-B	53.8
Fosfatos	mg/Kg	4500- P-D	9.0
Nitratos	mg/Kg	4500-NO3-C	30.0
Ceniza	%	Gravimétrico	10.9
Materia seca	%	Gravimétrico	19.3
Humedad	%	Gravimétrico	80.2
Sólidos Disueltos	g/Kg	2540-C	37.8
Sulfuros	g/Kg	4500.S ² -E	76.0

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO VI

ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS



Contáctanos: 0993387300 - 032924322 ó 0993806600 – 032360260
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS

Análisis solicitado por: Srta Tatiana Toscano
Fecha de Análisis: 27 de julio del 2015
Fecha de Entrega de Resultados: del 3 de agosto 2015
Tipo de muestras: Estiércol de ganado vacuno Muestra 2
Localidad: Cantón Mocha Prov. Tungurahua

TRABAJO DE TESIS

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados
Demanda Química de Oxígeno	g/Kg	5220-C	76.3
Demanda Bioquímica de Oxígeno	g/Kg	5210-B	43.0
Fosfatos	g/Kg	4500- P-D	12.4
Nitratos	mg/Kg	4500-NO3-C	26.0
Ceniza	%	Gravimétrico	22.6
Materia seca	%	Gravimétrico	33.0
Humedad	%	Gravimétrico	67.0
Sólidos Disueltos	g/Kg	2540-C	39.2
Sulfuros	g/Kg	4500.S ² -E	80.0

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO VII

ANALISIS COPROPARASITARIO



CLINICA VETERINARIA

PLANETA DE CACHORROS

Informe de Laboratorio

Sitio de recolección: Rancho Guadalupe Yanayacu

Fecha: Septiembre, 5 del 2015

Paciente: M1

Especie: Bovina

Método – Técnica utilizada: Método de Flotación con solución Sacarosa

Hora de recolección: 9:45 am

Hora de procesamiento: 12:00 pm

COPROPARASITARIO MACROSCOPICO

Consistencia, Normal; sin presencia de parásitos adultos

COPROPARASITARIO MICROSCOPICO

Parásito	Carga parasitaria (+)
Haemonchus	+
Trichostrongylus	
Ostertagia	
Bunostomun	
Nematodirus	
Oesophagostomun	+++
Chabectia	+
Cooperia	
Trichuris	
Capilaria	
Marshallagia	
Moniezia Benedeni	
Moniezia expansa	
Fasciola	
Coccidea	
Strongyloides	

Carga Parasitaria (+)leve, (++)levemente moderado, (+++)moderado, (++++) crónico.



ANEXO VIII

ANALISIS COPROPARASITARIOS



CLINICA VETERINARIA

PLANETA DE CACHORROS

Informe de Laboratorio

Sitio de recolección: Rancho Guadalupe Yanayacu

Fecha: Septiembre, 5 del 2015

Paciente: M2

Especie: Bovina

Método – Técnica utilizada: Método de Flotación con solución Sacarosa

Hora de recolección: 9:45 am

Hora de procesamiento: 12:00 pm

COPROPARASITARIO MACROSCOPICO

Consistencia, Normal; sin presencia de parásitos adultos

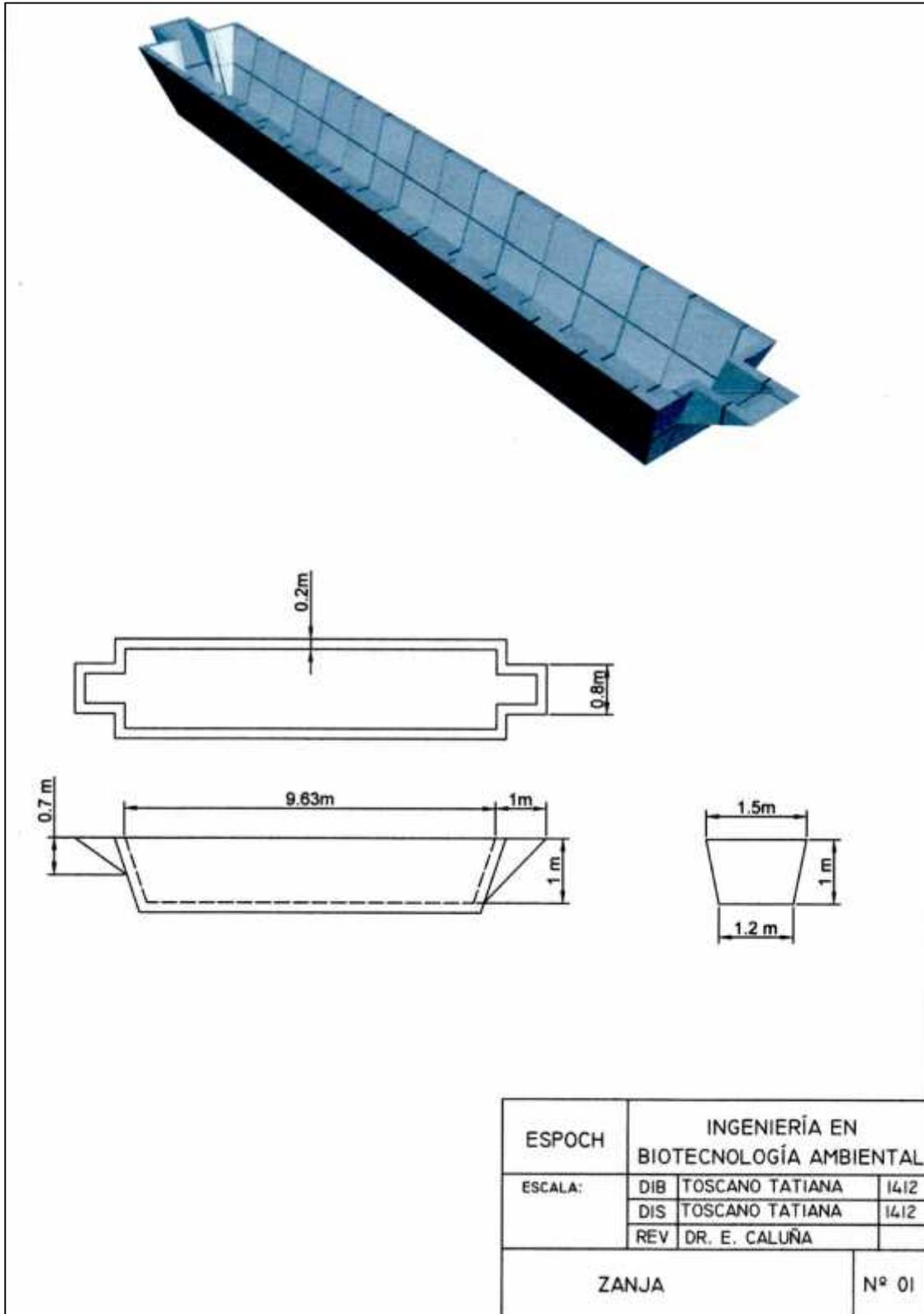
COPROPARASITARIO MICROSCOPICO

Parásito	Carga parasitaria (+)
Haemonchus	+++
Trichostrongylus	
Ostertagia	
Bunostomun	
Nematodirus	
Oesophagostomun	
Chabectia	+
Cooperia	
Trichuris	
Capilaria	
Marshalagia	
Moniezia Benedeni	+
Moniezia expansa	
Fasciola	
Coccidea	
Strongyloides	+++

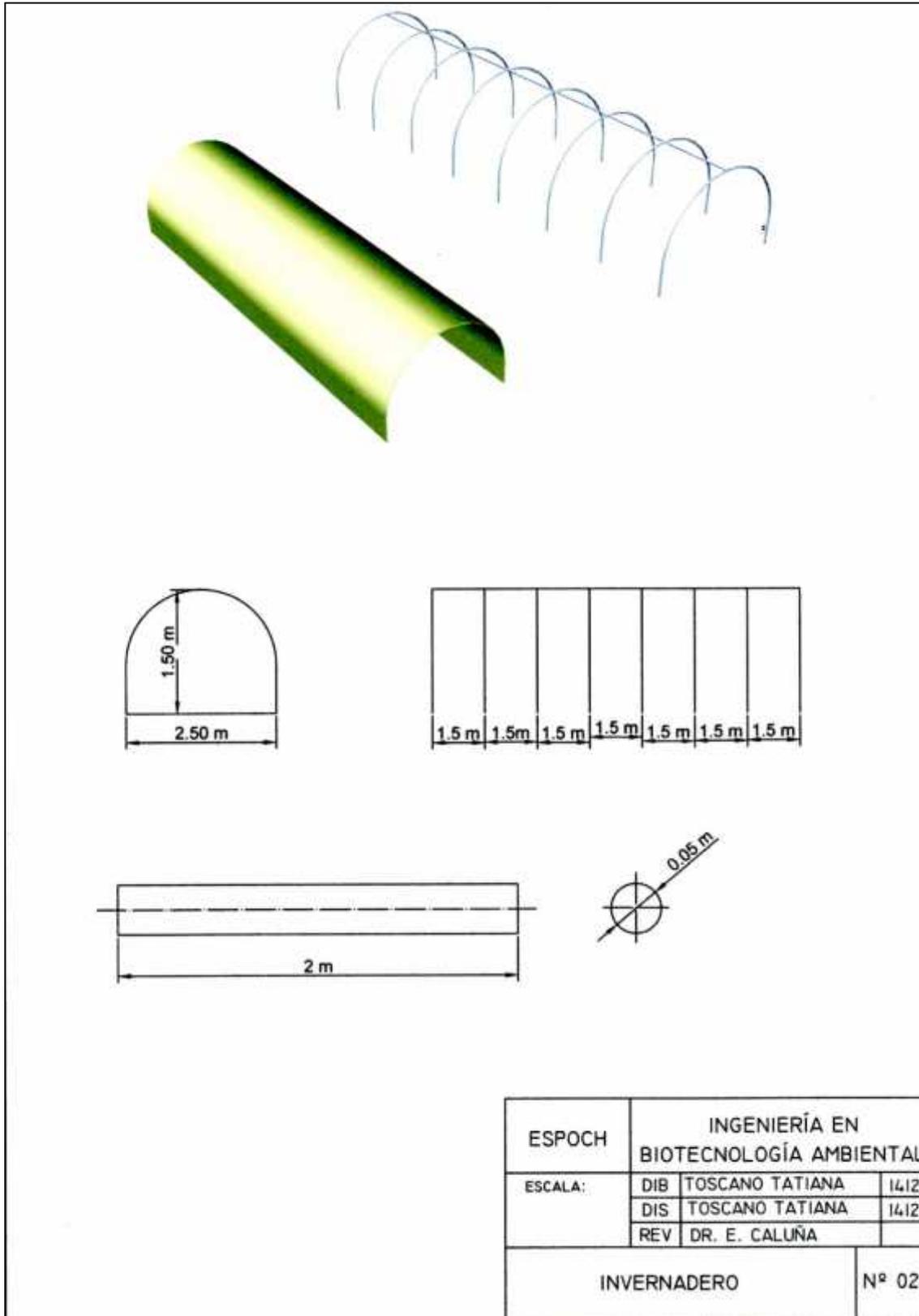
Carga Parasitaria (+)leve, (++)levemente moderado, (+++)moderado, (++++) crónico.



ANEXO IX

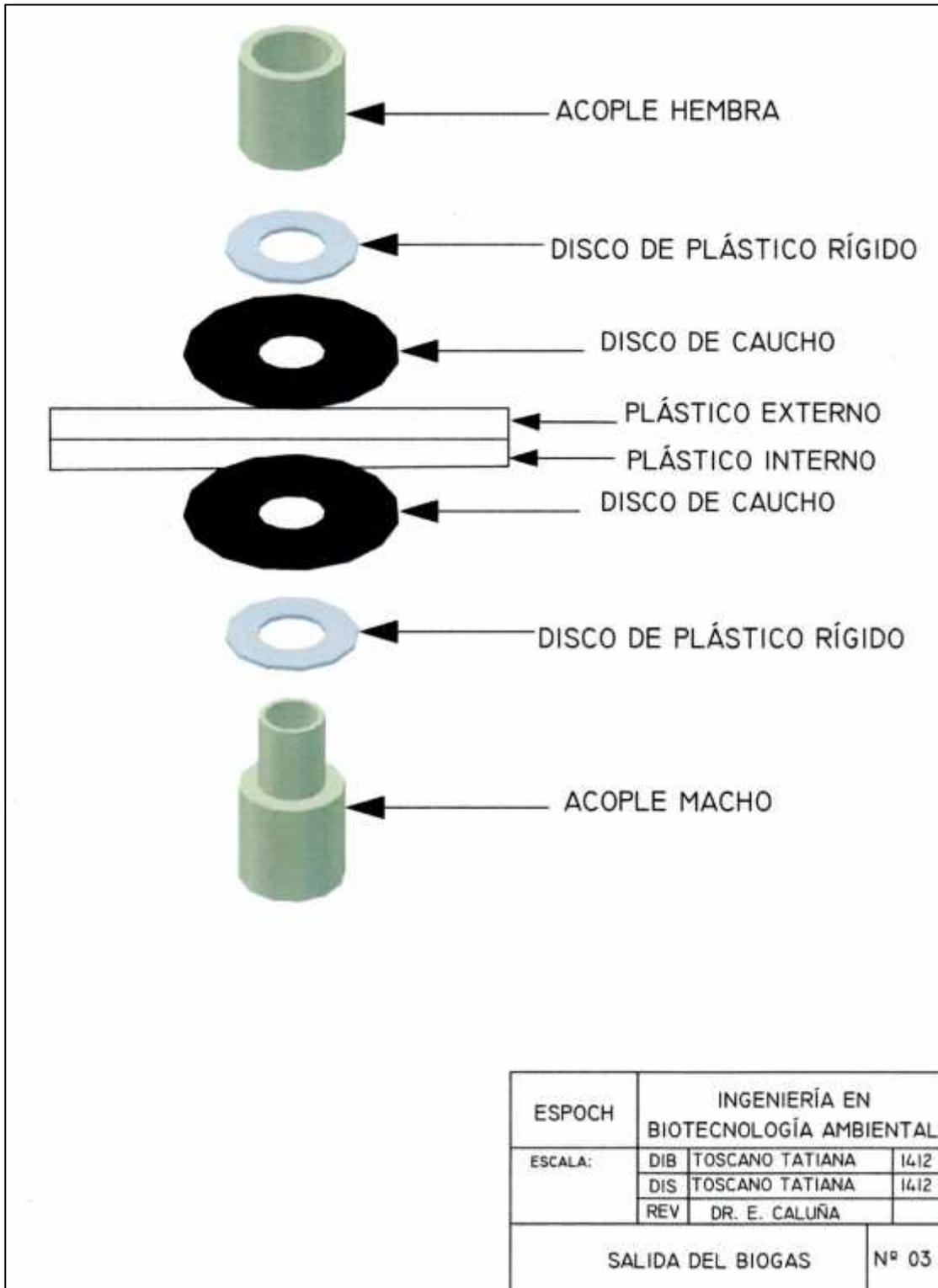


ANEXO x

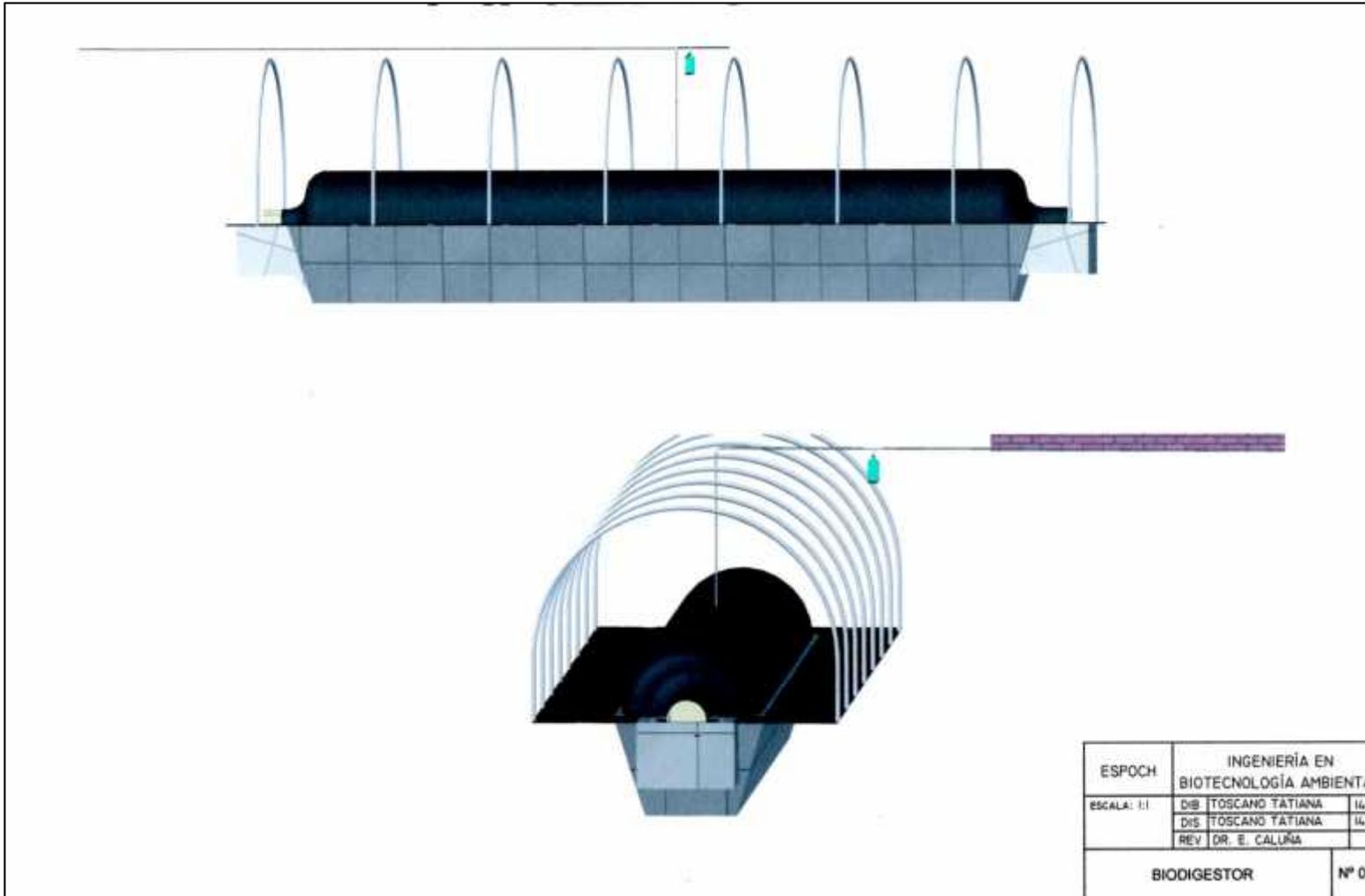


ESPOCH	INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL		
ESCALA:	DIB	TOSCANO TATIANA	1412
	DIS	TOSCANO TATIANA	1412
	REV	DR. E. CALUÑA	
INVERNADERO			Nº 02

ANEXO XI

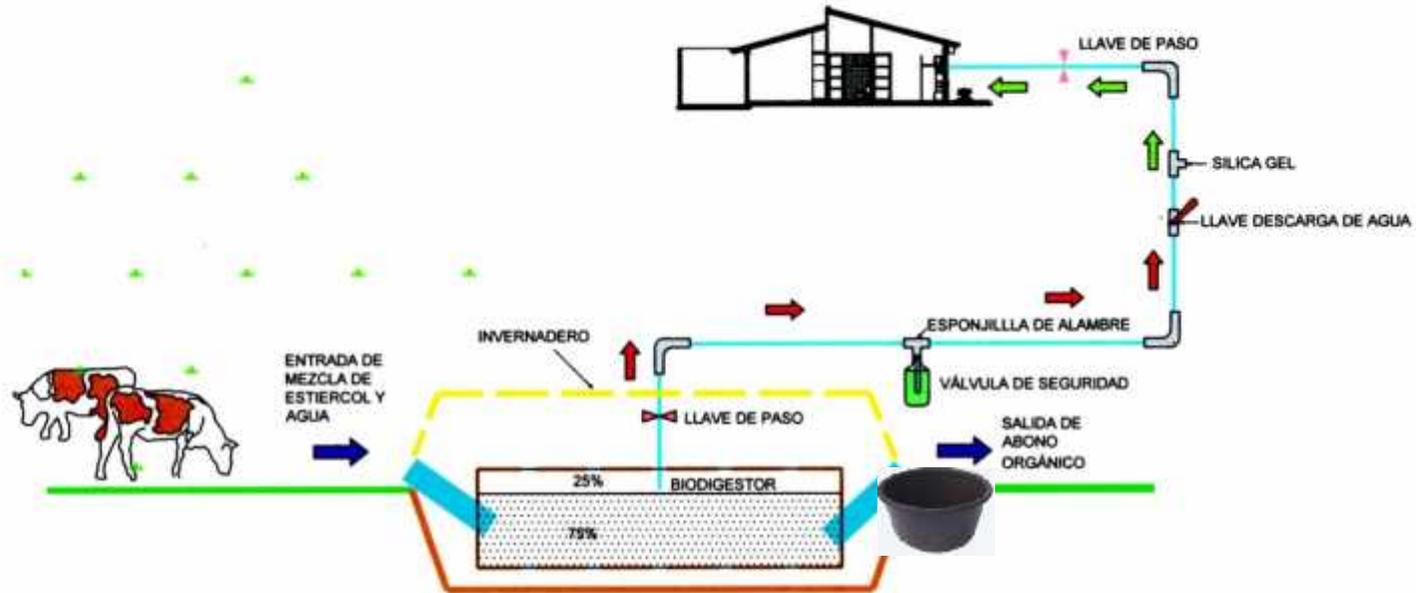


ANEXO XII



ANEXO XIII

PRODUCCIÓN DE BIOGAS EN EL RANCHO GUADALUPE



A-B: 1.50m
 B-C: 4.00m
 C-D: 2.50m
 D-E: 1.50 m

ESPOCH	INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL	
ESCALA:	DIB	TOSCANO TATIANA 1412
	DIS	TOSCANO TATIANA 1412
	REV	DR. E. CALUÑA
CONDUCCIÓN DEL BIOGAS		Nº 06