



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**“DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA LA PRODUCCIÓN DE  
BIOL A PARTIR DE EXCRETAS DE GANADO VACUNO  
GENERADO EN LA FINCA “LA ENVIDIA” PARROQUIA LA  
BELLEZA CANTÓN FRANCISCO DE ORELLANA COCA.”**

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:  
**INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTOR: JEFFERSON FELIBERTO TORRES ANDI**

**TUTOR: ING. MARIA FERNANDA RIVERA CASTILLO**

RIOBAMBA – ECUADOR

- 2016-

**©2016, Jefferson Feliberto Torres Andi**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: **“DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOL A PARTIR DE EXCRETAS DE GANADO VACUNO GENERADO EN LA FINCA “LA ENVIDIA” PARROQUIA LA BELLEZA CANTÓN FRANCISCO DE ORELLANA COCA**, de responsabilidad del Egresado Jefferson Feliberto Torres Andi, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

**NOMBRE**

**FECHA**

**FIRMA**

Ing. María Fernanda Rivera Castillo  
**DIRECTORA DE TRABAJO DE  
TITULACIÓN.**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Bqf. Hilda Graciela Guerrero  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Jefferson Feliberto Torres Andi, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoridad y que los resultados 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, 7 de Junio del 2016.

Jefferson Feliberto Torres Andi

150076401-2

Yo, Jefferson Feliberto Torres Andi soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Jefferson Felberto Torres Andi

## **DEDICATORIA**

A la mujer virtuosa, que saca a adelante su hogar  
Mujer de lucha, paciencia que con amor ha guiado  
Paso a pasos con la ayuda de Jehová para mejorar cada día, a ti madre.

**Jefferson**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi deseo de reconocer a Dios por su gracia, amor de mis padres y la bendición de mis hermanos.

Este proyecto es el resultado del esfuerzo conjunto de mi directora de proyecto de titulación , Ing. María Fernanda Rivera, quien a lo largo de este tiempo me ha brindado sus conocimientos, apoyo, motivación y agradecer a las muchas personas que han formado parte de mi vida y me han brindado su sincera amistad .

A ellos, este logro.

**Jefferson**

## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS .....	-XII-
ÍNDICE DE FOTOGRAFIA.....	-XII-
ÍNDICE DE TABLAS.....	-XIII-
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	-XIV-
RESUMEN.....	-XV-
SUMARY.....	-XVI-
INTRODUCCIÓN.....	-1-
<b>CAPÍTULO I</b>	
1. <b>MARCO TEÓRICO</b> .....	-3-
1.1. <b>Biodigestor</b> .....	-3-
1.1.1. <i>Ventajas de los biodigestores</i> .....	-4-
1.1.2. <i>Componentes del biodigestor</i> .....	-5-
1.1.3. <i>Clasificación de biodigestores</i> .....	-5-
1.1.4. <i>Tipos de biodigestores</i> .....	-6-
1.1.5. <i>Estiércol de ganado vacuno</i> .....	-8-
1.2. <b>Degradación anaeróbica</b> .....	-8-
1.2.1. <i>Parámetros de la degradación anaeróbica</i> .....	-9-
1.2.1.1. <i>Temperatura</i> .....	-9-
1.2.1.2. <i>Tiempos de retención hidráulica</i> .....	-9-
1.2.1.3. <i>pH</i> .....	-10-



1.2.1.4.	<i>Nutrientes</i> .....	-10-
1.2.1.5.	<i>Relación carbono/nitrógeno</i> .....	-10-
1.3.	<b>El biol</b> .....	-11-
1.3.1.	<b><i>Composición química del biol</i></b> .....	-11-
1.3.2.	<b><i>Nutrientes</i></b> .....	-12-
1.3.2.1.	<i>Nitrógeno</i> .....	-12-
1.3.2.2.	<i>Fósforo</i> .....	-12-
1.3.2.3.	<i>Potasio</i> .....	-13-
1.3.2.4.	<i>Calcio</i> .....	-13-
1.3.2.5.	<i>Magnesio</i> .....	-13-
1.3.2.6.	<i>Otros nutrientes</i> .....	-13-
1.3.3.	<b><i>Función del biol</i></b> .....	-14-
1.3.4.	<b><i>Verificación de la calidad del biol</i></b> .....	-14-
1.3.4.1.	<i>Aplicación de biol</i> .....	-15-
1.3.5.	<b><i>Ventajas del uso del biol</i></b> .....	-15-
1.4.	<b>Dimensionamiento del biodigestor tipo chino</b> .....	-15-
 <b>CAPÍTULO II</b>		
2.	<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	-24-
2.1.	<b>Área de estudio</b> .....	-24-
2.1.1.	<b><i>Ubicación geográfica</i></b> .....	-24-

2.1.2.	<b>Metodología</b> .....	-24-
2.1.2.1.	<i>Investigación bibliográfica</i> .....	-24-
2.1.2.2.	<i>Investigación de campo (descriptivo-cuantitativo)</i> .....	-25-
2.1.2.3.	<i>Investigación experimental</i> .....	-25-
2.1.2.4.	<i>Cuantificación de la carga diaria de las excretas vacunas disponibles</i> ....	-25-
2.1.2.5.	<i>Muestreo y caracterización del estiércol vacuno</i> .....	-27-
2.1.2.6.	<i>Obtención y producción de biol mediante un prototipo (tipo batch)</i> .....	-28-
2.1.2.7.	<i>Elección del biodigestor</i> .....	-31-
<b>CAPÍTULO III</b>		
3.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	-34-
3.1.1.	<b>Cálculos del dimensionamiento del biodigestor tipo chino</b> .....	-34-
3.1.1.1.	<i>Dimensionamiento de la cámara de digestión</i> .....	-34-
3.1.1.2.	<i>Dimensionamiento de la cúpula del biodigestor</i> .....	-37-
3.1.1.3.	<i>Dimensionamiento de la caja de entrada</i> .....	-38-
3.1.1.4.	<i>Dimensionamiento de la caja de salida</i> .....	-39-
3.1.1.5.	<i>Dimensionamiento de la caja de lodos</i> .....	-39-
3.1.1.6.	<i>Descarga diaria</i> .....	-41-
3.1.1.7.	<i>Eficiencia</i> .....	-41-
3.1.2.	<b>Resultados</b> .....	-42-
3.1.2.1.	<i>Resultados del dimensionamiento del biodigestor</i> .....	-43-
3.1.2.2.	<i>Resultados de la caracterización del estiércol</i> .....	-43-

3.1.2.3.	<i>Resultado del porcentaje de hidrógeno</i> .....	-44-
3.1.2.4.	<i>Resultado de fósforo</i> .....	-45-
3.1.2.5.	<i>Resultado de potasio</i> .....	-45-
3.1.2.6.	<i>Resultado de la materia orgánica</i> .....	-46-
3.1.2.7.	<i>Resultado de magnesio</i> .....	-47-
3.1.2.8.	<i>Resultado de sodio</i> .....	-48-
3.1.2.9.	<i>Resultado del nitrógeno total</i> .....	-48-
3.1.2.10.	<i>Resultado de análisis post-tratamiento (biol)</i> .....	-49-
3.2.	<b>Análisis y discusión de resultados</b> .....	-50-
3.3.	<b>Estimación del presupuesto de la construcción del biodigestor</b> .....	-52-
	CONCLUSIONES.....	-53-
	RECOMENDACIONES.....	-54-
	BIBLIOGRAFÍA.	
	ANEXOS.	

## ÍNDICE DE FIGURA

Figura	1-1.	Biodigestor tipo chino.....	-6-
Figura	2-1.	Biodigestor tipo Hindú.....	-7-
Figura	3-1.	Biodigestor tipo Horizontal.....	-7-
Figura	1-2	Localización de la finca donde se ejecutará el proyecto.....	-23-

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍA

Fotografía	1-1.	Biodigestor Prototipo.....	-29-
------------	------	----------------------------	------

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	1-1	Rangos de temperatura y tiempo de fermentación anaerobia.....	-8-
Tabla	2-1	Relación C/N.....	-9-
Tabla	3-1	Composición del biol.....	-10-
Tabla	4-1	Tiempo de retención hidráulica.....	-15-
Tabla	1-2	Determinación de estiércol diario de acuerdo al peso vivo de cada vacuno	-23-
Tabla	2-2	Recolección de la materia prima disponible.....	-25-
Tabla	3-2	Parámetros con métodos.....	-27-
Tabla	4-2	Datos del prototipo.....	-30-
Tabla	5-2	Matriz de preselección del biodigestor tipo chino.....	-31-
Tabla	6-2.	Matriz de preselección del biodigestor tipo hindú.....	-32-
Tabla	1-3	Determinación de la materia prima disponible.....	-33-
Tabla	2-3	Dimensiones del biodigestor.....	-41-
Tabla	3-3	Resultados del laboratorio.....	-42-
Tabla	4-3	Costo total del proyecto.....	-51-

## ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Gráfico	1-3	pH.....	-43-
Gráfico	2-3	Fósforo.....	-44-
Gráfico	3-3	Potasio.....	-45-
Gráfico	4-3	Materia Orgánica.....	-45-
Gráfico	5-3	Magnesio.....	-46-
Gráfico	6-3	Sodio.....	-47-
Gráfico	7-3	Nitrógeno Total.....	-48-
Gráfico	8-3	Biol real y biol teórico.....	-48-
Gráfico	9-3	Variación de temperatura.....	-50-
Gráfico	10-3	Crecimiento del pH.....	-50-

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo, diseñar un biodigestor para la producción de biol a partir de excretas de ganado vacuno generado en la Finca “La envidia” en la amazonia ecuatoriana. Este proyecto utilizó como fuente de innovación un digestor anaeróbico basado en el tipo chino. Donde se usó un prototipo modelo y con el seguimiento adecuado generando la producción de biol, en la finca “La envidia”, cantón Francisco de Orellana, Provincia de Orellana. El biodigestor se diseñó con los parámetros de la zona ganadera amazónica del Ecuador, con 7 reses de ganado vacuno que formaron parte de la investigación y que producen 0,21 m<sup>3</sup>/hora, que se almacena en el prototipo con una composición de 1:1 de agua, en un tiempo de retención de 30 días, se evaluó diariamente la temperatura y el pH que son básicos para el proceso microbiológico en la digestión anaeróbica. Se procedió a tomar dos muestras aleatorias, evaluando el desarrollo del biol. Entre los parámetros para determinar la calidad del biol se tomó en cuenta: Nitrógeno Total, Potasio y Fósforo y se obtuvo una eficiencia: 100%, 98,87%, 61,16%, respectivamente. Con los parámetros físico-químicos apropiados del prototipo, se dimensiono los planos para alimentación al biodigestor de 0,17 m<sup>3</sup> generando un tanque de capacidad máxima de 5.48 m<sup>3</sup> y una cúpula que almacenaría como producto secundario biogás la cantidad de 0,66 m<sup>3</sup>. Se concluye que realizado los cálculos respectivos con un tiempo de retención de 30 días, se obtuvo una producción total teórica de biol al mes de 5.11m<sup>3</sup>. Se recomienda que el diseño del biodigestor se ejecute en 18 m<sup>2</sup> como mínimo, en un sitio plano para la caja de entrada, biodigestor y caja de salida. La caja de lodos deberá estar en un terreno con una pendiente del 30% con respecto a la base del biodigestor.

**Palabras claves:** <BIOTECNOLOGÍA><MEDIO AMBIENTE><BIODIGESTOR><BIOFERTILIZANTE><ESTIERCOL DE GANADO VACUNO><BIOGAS><BIOL><PROTOTIPO TIPO BATCH><DEGRADACIÓN ANAEROBIA><TECNOLOGÍAS Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>

## SUMMARY

The purpose of this research was to design a bio-digester for the production of liquid effluent from cattle manure generated on the farm “La Envidia” in the Ecuadorian Amazon. This project used anaerobic digester based on Chinese design as its source of innovation. A prototype was used with appropriate monitoring to generate liquid effluent production on the grounds of the farm “La Envidia”, in the Francisco de Orellana Canton, Orellana Province. The bio-digester was designed according to the parameters of the cattle region of the Ecuadorian Amazon. Seven beef cattle were included as part of the research and produced 0,21m<sup>3</sup>/hour, which was stored in the prototype with a composition of 1:1 water and a retention time of 30 days. The temperature and pH are basic microbiological processes for anaerobic digestion and thus were measured daily. After 30 days two random samples were taken in order to evaluate the development of liquid effluent. Among the parameters to determine the quality of the liquid effluent the following were taken into account: Total Nitrogen, Potassium and Phosphorus and the results obtained were 100%, 98.87%, 61.16% effectiveness respectively. With appropriated physicochemical parameters for the prototype, the blueprints for feeding was sized to 0,17m<sup>3</sup>forthebio-digestertankgenerating a maximum capacity of 5.48m<sup>3</sup> and a dome biogas as a byproduct storing the amount of 0,66 m<sup>3</sup>. It was concluded based on the calculations performed with a retention time of 30 days that theoretical production would be 5.11m<sup>3</sup>liquid effluent per month. It is recommended that for the design of bio-digester, it would operate on a minimum of 18m<sup>2</sup>, in a flat place for the entry, bio-digester, and output. The recommended sludge box position is on land with a 30% slope at the base of the bio-digester.

**Key Words :** < BIOTECHNOLOGY><ENVIRONMENT><BIO-DIGESTER><BIO-FERTILIZER><CATTLE MANURE><BIOGAS><LIQUID EFFLUENT><PROTOTYPE TYPE BACTCH><ANAEROBIC DEGRADATION><ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCE>



## INTRODUCCIÓN

La ejecución de actividades humanas aporta mayoritariamente al deterioro del ambiente, donde se ha visto afectado el agua, suelo, flora y fauna. La ganadería es uno de los trabajos que principalmente contaminan los recursos naturales, lo cual ha generado inquietud y pensar en revertir, haciendo uso de nuevas técnicas de reutilización y tratamientos de los residuos generados, con el fin de buscar nuevas alternativas que vayan en beneficio del ser humano y del entorno que lo rodea.

El tratamiento de estiércol vacuno, por medio de biodigestores se postula como una alternativa transformadora para la depuración y utilización de sus desechos, enfocado en la necesidad de diseñar modelos guiándose en las tecnologías de biodigestores ya construidos, valorando la calidad de estos residuos debido a la condición ambiental en la que se encuentran estos sectores, de esta manera promover un adecuado manejo de las excretas que permitan optimizar el uso de los recursos naturales de una manera ordenada y eficiente.

El presente proyecto se fundamenta en el diseño de un Biodigestor Chino anaerobio en la finca “La Envidia” de la parroquia La Belleza, en el cantón Puerto Fco. de Orellana, provincia Orellana, con la finalidad de obtener una producción de biol, utilizándolo como abono orgánico para los sembríos y así reducir el impacto ambiental en la sector.

Actualmente existen varios tipos de biodigestores, que han sido productivos en diferentes proyectos. Para la ejecución de este proyecto se enfoca en biodigestores funcionales en zonas ganaderas en la amazonia Ecuatoriana, entre los cuales están el modelo Chino e Hindú, para decidir en la elección del tipo de biodigestores consideran matrices de decisión en las cuales se mencionan factores operacionales, económicos y la disposición o posibilidad de construcción, lo cual permitió seleccionar al biodigestor tipo Chino como el más eficaz para la finca.

En el acelerado mundo globalizado que nos encontramos, la explotación de los recursos de nuestro planeta tierra, es una opción obligatoria, explotando los recursos, como son suelo, agua y aire. Un sector de mayor consumo de recursos del ambiente es el ganadero, convirtiéndose en una problemática las excretas que generan y su disposición final.

Se conoce que los residuos de ganado vacuno provocan la contaminación de agua, aire y suelo. Para lo cual no se toma en cuenta las propiedades benéficas que tiene para la generación de tecnologías amigables con el ambiente para utilizar residuos y transfórmalos en productos beneficiosos y sustentables. La mayoría de las personas por falta de conocimiento incrementan el problema al permitir que las excretas se depositen al aire libre y son generadoras de sustancias nocivas.

La mayoría de suelos agrícolas de nuestro país, utilizan para mejorar la calidad del suelo y una óptima producción, fertilizantes químicos, lo cual conlleva en un período de tiempo, que el suelo pierda sus propiedades naturales y que se vea afectada de forma irreparable.

El presente estudio hecho en la provincia de Orellana, Cantón Puerto Francisco de Orellana, Parroquia La Belleza, se basa en el diseñar una alternativa que por medio de procesos anaeróbicos se puede generar productos ecológicos y benéficos para la producción agrícola, utilizando como materia prima y las ventajas del excremento de ganado categorizado como desecho agrícola.

En el Sector rural (parroquia la belleza), el tratamiento de las excretas del ganado vacuno mediante un biodigestor se presenta como una alternativa innovadora a la depuración y reutilización de sus excretas con fines ambientales, los cuales pueden ser aprovechados ante los tratamientos convencionales al proporcionarnos un efluente con calidad de tratamiento llamado biol y una reducción considerable en la producción de desechos.

# CAPÍTULO I

## 1 MARCO TEÓRICO

### 1.1 Biodigestor

Nuestros antepasados talaron y quemaron áreas extensas de bosque con el objeto de producir madera para realizar de cocción de sus alimentos. Como la población humana era poca, se podía recuperar el bosque nativo; pero a medida que la población se incrementó, la destrucción del bosque fue mayor y su recuperación no se realizó en igual proporción.

La agricultura y ganadería en general trabajadas sin tener en cuenta el medio ambiente al igual que la tala de bosques ha contribuido en gran parte al daño de los ecosistemas, situación que actualmente preocupa a la población terrestre, por lo que actualmente se busca y desarrollan nuevas alternativas de producción en todos los campos a un menor costo.

Los biodigestores ayudan a proteger el medio ambiente, por eso es muy importante la producción de materia orgánica obtenida de la vegetación, suelo, los seres vivos, el agua, el aire, los cuales por medio de algunos procesos se convierten en biol útil para hacer funcionar los biodigestores (RIVERA, 2007 pág. 31).

Un digestor es un receptor de materia orgánica a fermentar (excremento de animales, humanos y desechos vegetales (evitando cítricos los cuales causan acidificación de la muestra), este contenedor cerrado también llamado reactor debe ser hermético e impermeable, en el cual se producirá la fermentación anaeróbica, generando bioles ricos en nitrógeno, fósforo y potasio y produciendo gas metano (CH<sub>4</sub>).

La transformación de materia prima (excretas vacunas) es causada por un grupo de microorganismos bacterianos anaeróbicos presentes en el material fecal que, resulta en la producción de fertilizantes orgánicos (biol) en un tiempo determinado en el biodigestor y por tratamiento aeróbico se eliminan los malos olores y genera una mezcla con alto grado de

concentración de nutrientes y materia orgánica ideales para suelos desgastados, que pueden ser aplicados frescos.

### ***1.1.1 Ventajas de los biodigestores.***

- ✓ Reducir la contaminación ambiental, utilizando de forma adecuada los excrementos.
- ✓ Producir biol que se puede utilizar en la industria pecuaria como suplemento alimenticio para los rumiantes y en la parte agrícola como fuente de nutrientes, aplicado al suelo para la nutrición de las plantas.
- ✓ Por medio de la digestión anaeróbica se eliminan algunos patógenos que pueden contener los estiércoles y la materia orgánica mal usados quedando el biol libre de patógenos.
- ✓ Al producirse biol se genera gas metano que puede ser usado para la cocción de alimentos y suplir sus necesidades energéticas en el campo.
- ✓ Como resultado de la fermentación anaeróbica se genera un abono líquido llamado biol, libre de microorganismos patógenos y libres de huevos de parásitos, que pueden utilizarlo en los cultivos y como complemento en la alimentación de algunos animales.
- ✓ Una de las grandes ventajas de biodigestión anaeróbica con los excrementos procesados y usados como abono, es la de no transmitir enfermedades.
- ✓ Según datos publicados por McGarry y Stainforth en 1978, en la china utilizan el biol como fertilizante en diferentes cultivos garantizando que los estiércoles utilizados como alimento para biodigestor no producen ningún riesgo, de contaminación o transmisión de patógenos.(RAMIREZ, 2004 págs. 32-33)

### ***1.1.2 Componentes del biodigestor.***

Las partes representativas que debe tener un biodigestor para un correcto funcionamiento.

➤ **Sistema de carga**

Es la puerta de ingreso al biodigestor, utilizado para el monitoreo de pH, temperatura del sustrato. Ayuda a la homogenización de la materia prima.

➤ **Tanque de digestión**

Es en el tanque de digestión donde se produce la fermentación anaeróbica, esta debe cumplir las condiciones anaeróbicas requeridas e impermeabilidad y puede ser construida de hormigón, metal, o cualquier material resistente a infiltraciones.

➤ **Cámara de gas**

Esta cámara debe almacenar gas y ser resistente a fugas, puede ser de cúpula fija, depósito flotante o cámara flexible

➤ **Sistema de descarga**

Es el contenedor de descarga que por diferencia de presión descarga la materia transformada (biol) obtenido de la degradación anaerobia.

### ***1.1.3 Clasificación de biodigestores.***

Los biodigestores se pueden categorizar según su forma de alimentación, de los cuales tenemos:

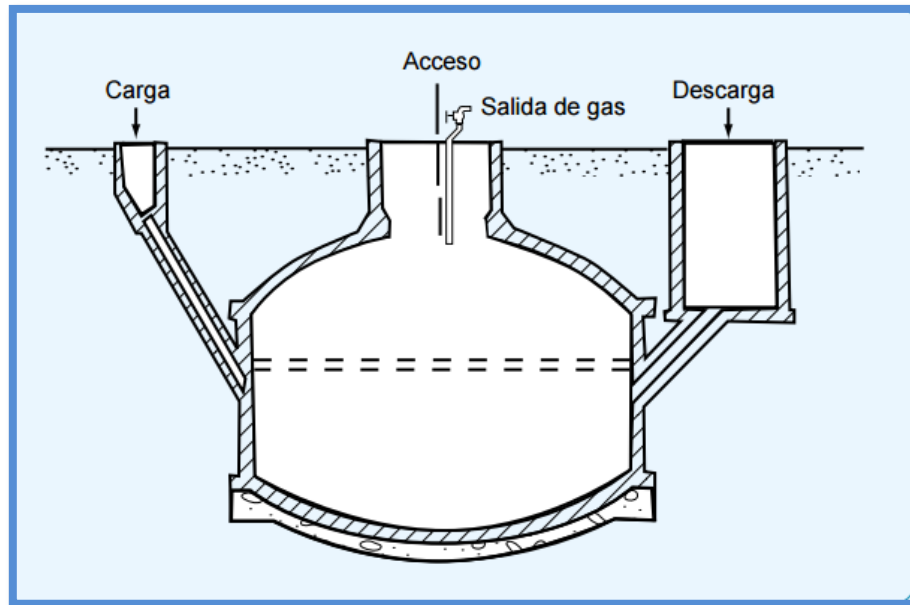
➤ **Sistema discontinuo:** El modelo tipo bacht es el más nombrado en el sistema de biodigestores discontinuos, este tipo se alimenta una sola vez de forma total y se cierra herméticamente, en un lapso de tiempo de 20 a 50 días, dando como productos biol y gas.

➤ **Sistema semicontinuo:** los modelos representativos es el tipo Chino e Hindú, pueden ser implementados en las zonas urbanas como rurales y son de pequeña y mediana escala, generando una producción diaria de gas provocada por la digestión anaeróbica.

➤ **Sistema continuo:** son ejecutados a gran escala con una alimentación de flujo constante, se implementan equipos para la alimentación, calefacción, agitación y control del biodigestor.

#### 1.1.4 Tipos de biodigestores.

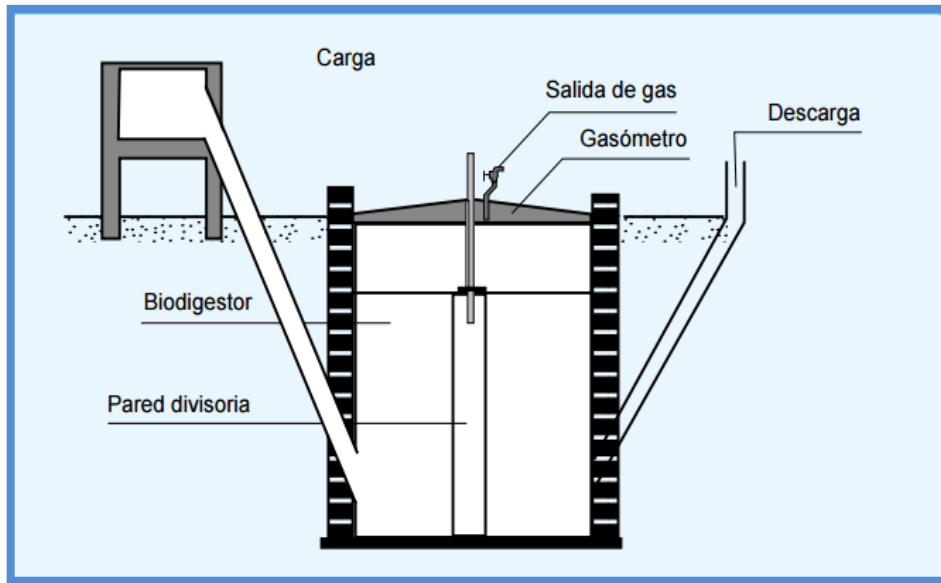
- **Tipo chino:** el biodigestor tipo chino tiene como indicador una cúpula cilíndrica fija y se encuentra enterado lo cual mejora la fermentación, con poca influencia de temperatura. El biodigestor tipo chino es poco eficiente para la obtención de biogás y genera en mayor cantidad biol. Lo cual hace que sea el modelo adecuado para este proyecto de titulación.



**Figura 1-1. Biodigestor Tipo Chino**

Fuente: FAO (Organización de las naciones unidas para la Alimentación y la Agricultura)

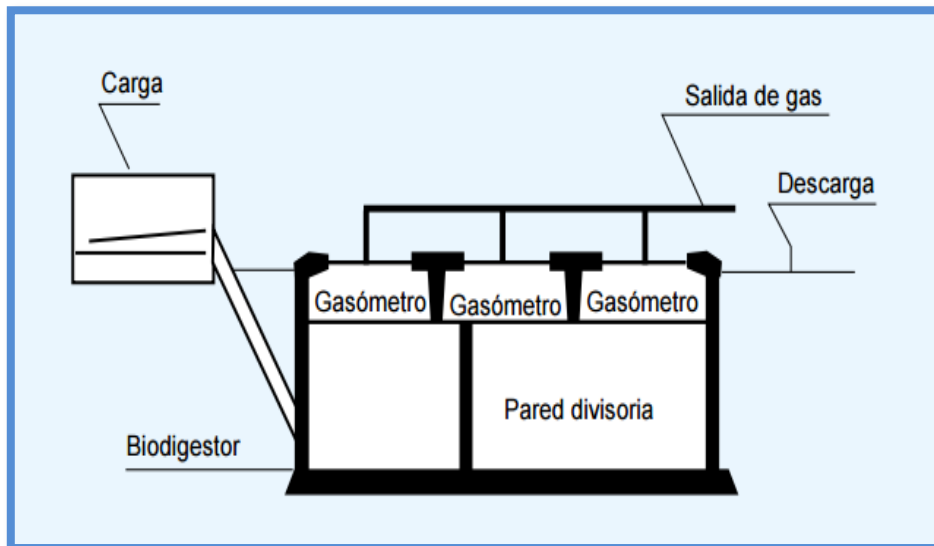
- **Modelo tipo hindú:** son diseñados verticalmente para trabajar a presión constante y su cúpula es móvil, para almacenar una cantidad diaria de biogás.



**Figura 2-1. Biodigestor tipo Hindú.**

Fuente: FAO (Organización de las naciones unidas para la Alimentación y la Agricultura)

- **Modelo Tipo Horizontal:** Se llevan a cabo a poca profundidad con una cúpula de material flexible para la obtención de biogás diario. Su operación es de régimen semi-continuo.



**Figura 3-1. Biodigestor Tipo Horizontal.**

Fuente: FAO (Organización de las naciones unidas para la Alimentación y la Agricultura)

### **1.1.5 Estiércol de ganado vacuno.**

El ganado vacuno en la Finca “La Envidia” es de raza Brahman, con resistencia a climas tropicales y su base de alimentación es de pastosmarandú (*Brachiariabrizantha*) que contienen un alto porcentaje de agua, generando así un estiércol acuoso con mayor contenido de microorganismos.

Tiene principalmente la función de aportar los ingredientes vivos (microorganismos) para que ocurra la fermentación del biofertilizante. Aporta principalmente inóculos o semillas de levadura, hongos, protozoos y bacterias; los cuales son directamente los responsables de digerir, metabolizar y colocar de forma disponible para las plantas y el suelo todos los elementos nutritivos que se encuentran en el caldo vivo que se está fermentando en el caldo vivo en el tanque. (RIVERA, 2007 pág. 55)

Por otro lado, la mierda de vaca contiene una gran cantidad diversificada de microorganismos muy importantes para dar inicio a la fermentación del biopreparado, entre los cuales se destaca el *Bacillus subtilis*. (RIVERA, 2007 pág. 55)

Finalmente, otra gran ventaja que presenta al trabajar los biofertilizantes con mierda de vaca es que su microbiología tiene una característica facultativa de poder desarrollarse tanto anaeróbicamente (sin presencia de oxígeno) como de forma aeróbica (en presencia de oxígeno), lo que facilita el manejo de la fermentación por parte de los agricultores. (RIVERA, 2007 pág. 55)

## **1.2 Degradación anaeróbica.**

Debido a la ausencia de oxígeno, se produce la degradación anaeróbica de la materia biodegradable, generando como resultado principalmente biol y metano.

Los factores que influyen directamente en el proceso anaeróbico son la temperatura y el pH, que están ligados con la intensidad y duración del proceso anaeróbico

Como primera parte del proceso se debe hidrolizar por medio de las enzimas amilasas y proteasas, empezando con los compuestos de mayor peso molecular, tanto los disueltos como los no disueltos, como son los polímeros tales como polisacáridos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, formándose los correspondientes oligómeros y monómeros.

En la segunda parte se transforman oligómeros y monómeros en ácidos volátiles (ácido acético, propionico, entre otros) con la presencia bacterias acidogénicas.



Las bacterias acetogénicas en la tercera etapa transforman a los ácidos grasos volátiles a ácido acético.

En la cuarta y última parte de la degradación anaeróbica, se transformen a metano (CH<sub>4</sub>) y bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), en forma semi-sólido (biol).

### **1.2.1 Parámetros de la degradación anaeróbica.**

#### **1.2.1.1 Temperatura**

La temperatura en la provincia de Orellana la temperatura ambiente promedio es 26 °C según el INAMI.

Tomando en cuenta la geografía y la temperatura promedio del lugar a ejecutar el proyecto, los microorganismos del biodigestor se desarrollaran en un metabolismo Mesófilo.

**Tabla 1-1 Rangos de Temperatura y Tiempo de fermentación Anaeróbica.**

<b>FERMENTACIÓN</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>ÓPTIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>TIEMPO DE FERMENTACIÓN</b>
Psycrophilica	4-10 °C	15-18 °C	20-25 °C	Sobre 100 días
Mesophilica	15-20 °C	25-35 °C	35-45 °C	30-60 días
Thermophilica	25-45 °C	50-60 °C	75-80 °C	10-15 días

**Fuente:**Lagrange, 1979

**Realizado por:** Jefferson Torres, 2015

#### **1.2.1.2 Tiempos de retención Hidráulica.**

En provincia de Orellana se destaca por la temperatura promedio es elevada (26°C), el tiempo de retención observado en biodigestores a escala piloto es de 30 días según INAMI.

La mezcla (aguas + estiércol), se ve afectado con la temperatura a emplearse en el biodigestor. A medida que aumenta la temperatura, se acelera la velocidad de crecimiento de los microorganismos y se precipita el proceso de digestión.

### 1.2.1.3 pH.

Este factor es uno de los parámetros más importantes a tener en cuenta, ya que controla estrictamente la digestión metanogénica. En la práctica un pH de 7.3 o más, sin sobrepasar un pH de 8, es indicio de un buen proceso de fermentación. El pH empieza a bajar en los primeros días hasta 5 por la producción de ácidos orgánicos que se lleva a cabo en el biodigestor.

### 1.2.1.4 Nutrientes

Los suelos agrícolas deben presentar los nutrientes esenciales para una mejor productividad del cultivo. El biol, es un abono orgánico abundante en nutrientes, resultado de la descomposición en ausencia de oxígenos de los residuos animales y vegetales, los nutrientes causan vigorosidad y son de fácil asimilación para los cultivos.

Entre los nutrientes más significativos, tenemos al nitrógeno, carbono y fósforo, los cuales en un ambiente anaeróbico, con los microorganismos presentes en el biodigestor, convierten el sustrato en biol.

### 1.2.1.5 Relación Carbono/Nitrógeno

Desde el punto de vista biológico, los desechos orgánicos son sometidos en un biodigestor para formar cultivos bacteriológicos, transformando la materia prima. Las bacterias anaeróbicas tienen como principal alimento el carbono (en la forma de carbohidratos) y el nitrógeno (en proteínas, nitratos, amoníaco). Si las condiciones son favorables, una relación C/N de 15 permitirá que la digestión se lleve a cabo con un ritmo óptimo.

**Tabla 2-1. Relación C/N**

<b>Tipo de estiércol</b>	<b>C %</b>	<b>N %</b>	<b>C/N</b>
Vacuno	7	0,5	15
Ave	15	1,5	10
Cerdo	8	0,7	12

**Fuente:** Vamero y Arellano, 1991.

**Realizado por:** Jefferson Torres, .2015.

### 1.3 El biol.

Es un producto de la degradación anaeróbica, teniendo como requerimiento materia prima rica en microorganismos fermentadores. Son una alternativa para las excretas vacunas que son consideradas desechos agrícolas, generando una alternativa de abono orgánico para fertilizar sembríos.

El Biol se ha convertido en una alternativa para disminuir el uso de agroquímicos que pueden ser perjudiciales para la salud humana. Además de reducir la contaminación al ambiente.

Los microorganismos encargados de la transformación del Nitrógeno en un componente básico como el amonio (NH<sub>4</sub>), que es de fácil asimilación en plantas, dando como resultado, el biol, que mejora la fertilidad del suelo y la calidad del producto a cultivar.

Funciona principalmente al interior de las plantas, activando el fortalecimiento del equilibrio nutricional como un mecanismo de defensa de las mismas, a través de los ácidos orgánicos, las hormonas de crecimiento, antibióticos, vitaminas y minerales, enzimas y co-enzimas, carbohidratos, aminoácidos y azúcares complejas, entre otros, presentes en la complejidad de las relaciones biológicas, químicas, físicas y energéticas que se establecen entre plantas y la vida del suelo. (RIVERA, 2007 págs. 25-28)

#### 1.3.1 Composición química del biol.

El biol está constituida por nutrientes principalmente como N, P, Na, los cuales forman un aporte fundamental para la nutrición de suelos desgastados y mejoramiento del cultivo.

**Tabla 3-1. Composición del Biol**

COMPONENTES	BIOL VACUNO
N total (%)	0.528
P (mg/l)	0.0263
K (mg/l)	1.062
Na (mg/l)	0.24741
Mg (mg/l)	0.19056
NH <sub>4</sub> (mg/l)	0.97

**Fuente:** Autor: Cano, Sainoz, 2012

**Realizado por:** Jefferson Torres, .2015.

### ***1.3.2 Nutrientes.***

Los nutrientes que las plantas necesitan en mayor cantidad para su crecimiento y su fructificación:

#### ***1.3.2.1 Nitrógeno***

El nitrógeno es uno de los constituyentes de los compuestos orgánicos de los vegetales. Interviene en la multiplicación celular y se considera factor de crecimiento; es necesario para la formación de los aminoácidos, proteínas, enzimas, etc. De modo que, el aporte del nitrógeno en cantidades óptimas conduce a la obtención de forrajes y granos con mayor contenido proteico. Además, muy recientemente se ha demostrado la relación directa del nitrógeno con el contenido en vitaminas.

La deficiencia en nitrógeno afecta de manera notable al desarrollo de la planta. Se manifiesta, en primer lugar, en las hojas viejas, que se vuelven cloróticas desde la punta hasta extenderse a la totalidad a través del nervio central. Las hojas adquieren un color verde amarillento y en los casos más graves la planta se marchita y muere (Serrano Jiménez, y otros, 2009 págs. 20-21.)

Cuando se aplica mucho nitrógeno se demora la floración y fructificación y se encuentra en forma de urea, sulfato de amonio y nitrato de amonio. (RAMIREZ, 2004 págs. 106-107).

#### ***1.3.2.2 Fósforo.***

Estimula el desarrollo de las raíces, favorece la floración y cuajado de los frutos, interviniendo en el transporte, almacenamiento y transferencia de energía, además de formar parte de fosfolípidos, enzimas, etc. Es considerado factor de precocidad, ya que activa el desarrollo inicial de los cultivos y favorece la maduración. La carencia de fósforo conduce a un desarrollo débil del vegetal, tanto de su parte aérea como del sistema radicular. Las hojas se hacen más delgadas, erectas, con nerviaciones menos pronunciadas y presentan un color azul verdoso oscuro, pudiendo incluso llegar a caer de forma prematura. (Serrano Jiménez, y otros, 2009 pág. 21.).

#### ***1.3.2.3 Potasio***

En la planta el potasio es muy móvil y juega un papel múltiple. Mejora la actividad fotosintética; aumenta la resistencia de la planta a la sequía, heladas y enfermedades; promueve

la síntesis de lignina, favoreciendo la rigidez y estructura de las plantas; favorece la formación de glúcidos en las hojas a la vez que participa en la formación de proteínas; aumenta el tamaño y peso en los granos de cereales y en los tubérculos. La carencia de potasio provoca un retraso general en el crecimiento y un aumento de la vulnerabilidad de la planta a los posibles ataques de parásitos. Se hace notar en los órganos de reserva: semillas, frutos, tubérculos. Si la deficiencia es acusada aparecen manchas cloróticas en las hojas que, además, se curvan hacia arriba.(Serrano Jiménez, y otros, 2009 pág. 21.).

#### *1.3.2.4 Calcio*

Es necesario en la división y crecimiento de la célula. Es el elemento estructural de paredes y membranas celulares, y es básico para la absorción de elementos nutritivos. Participa junto con el magnesio en la activación de las enzimas del metabolismo de glúcidos y proteínas.(Serrano Jiménez, y otros, 2009 pág. 22.).

#### *1.3.2.5 Magnesio*

Forma parte de la molécula de clorofila, siendo por tanto esencial para la fotosíntesis y para la formación de otros pigmentos. Activa numerosas enzimas del metabolismo de las proteínas y glúcidos. Favorece el transporte y acumulación de azúcares en los órganos de reserva y el del fósforo hacia el grano. Al igual que el calcio, es constituyente de las paredes celulares. Influye en los procesos de óxido-reducción.(Serrano Jiménez, y otros, 2009 pág. 22).

Otros nutrientes.

Hay otros nutrientes que las plantas necesitan en menor cantidad para vivir y producir buenas cosechas. Estos nutrientes se llaman menores y son: Boro, Zinc, Hierro, Manganeso, Cobre, Molibdeno, Cobalto.(RAMIREZ, 2004 págs. 106-107).

### ***1.3.3 Función del biol.***

Funciona principalmente al interior de las plantas, activando el fortalecimiento del equilibrio nutricional como un mecanismo de defensa de las mismas, a través de los ácidos orgánicos, las hormonas de crecimiento, antibióticos, vitaminas, minerales, enzimas y co-enzimas, carbohidratos, aminoácidos y azúcares complejas, entre otros, presentes en la complejidad de las relaciones biológicas, químicas, físicas y energéticas que se establecen entre las plantas y la vida del suelo.(RIVERA, 2007 pág. 18))

El biol,(RIVERA, 2007 pág. 56)estará listo para ser utilizado después de prepararlos, pare o finalice el período más activo de la fermentación anaeróbica de la mierda de vaca.

#### ***1.3.4 Verificación de la calidad del biol.***

Existen dos parámetros de calidad para el biol:

- El olor: Al abrir el tanque fermentador no debe haber malos olores (putrefacción). La tendencia es que entre más dejemos fermentar y añejar el biol, éste será de mejor calidad y desprenderá un olor agradable de fermentación alcohólica y se conservará por más tiempo.
- El color: Al abrir el tanque fermentador, el biol puede presentar las siguientes características o una de ellas: Formación de una nata blanca en la superficie, entre más añejo el biol, más blanca será la nata, el contenido líquido será de un color ámbar brillante y traslúcido y en el fondo se debe encontrar algún sedimento. Cuando los biol no están bien maduros o sea, que no se han dejado añejar por mucho tiempo, la nata superficial, regularmente es de color verde espuma y el líquido es de color verde turbio, esto no quiere decir que el biol no sirva, sino que cuando lo comparamos con el más añejo, este último (el añejo) es de mejor calidad, inclusive siendo más estable para su almacenamiento.

Los bioles serán de mala calidad cuando tengan un olor a putrefacto y la espuma que se forma en la superficie tienda hacia un color verde azulado y oscuro.(RIVERA, 2007 pág. 58)).

##### ***1.3.4.1 Aplicación de biol.***

La aplicación del biol en los cultivos es foliar y los mejores horarios para hacer esta tarea son las primeras horas de la mañana hasta más o menos las diez de la mañana y en las tardes, después de las cuatro, para aprovechar que en estos horarios hay una mayor asimilación de los biofertilizantes porque hay una mayor apertura de estómatos (es por donde las plantas comen vía foliar, equivale a nuestra boca) en las hojas de las plantas. Se recomienda que su aplicación sea realizada preferiblemente de la parte de abajo de las hojas, hacia arriba. También pueden ser aplicados vía ferti-riego, goteo dirigido y de forma nebulizada en invernaderos.(RIVERA, 2007 pág. 59).

### 1.3.5 *Ventajas del uso del biol:*

- ✓ Es un fertilizante líquido semi-sólido.
- ✓ Mejora el cultivo al que se aplica, incrementando los nutrientes existentes.
- ✓ Es un abono natural de fácil absorción y rica en nutrientes.
- ✓ Su costo es bajo y ocupa las excretas vacunas.

## 1.4 Dimensionamiento del biodigestor chino.

Es fundamental conocer la alimentación del biodigestor, conocido como carga diaria: es la sumatoria de la cantidad de estiércol y cantidad de agua, este varía según el resultado a conseguir. Puede ser de forma continua, semicontinua y batch.

$$\text{Carga diaria} = \text{estiércol} + \text{agua}$$

El biodigestor tipo chino se alimentará en forma semicontinua, la fórmula de la carga diaria, indica el volumen de material a ser procesado que se mezcla.

$$\text{Carga Diaria} = \text{L Estiércol Fresco} + \text{L agua}$$

Donde:

Carga diaria

L Estiércol Fresco = Litros de estiércol fresco

L agua = Litros de agua

### ❖ Dimensionamiento de la cámara.

#### ➤ Volumen tanque del biodigestor ( $V_{tb}$ ).

El volumen del tanque del biodigestor será la multiplicación de la carga diaria y el tiempo de retención que depende de la mezcla a usar, respectivamente.

**Tabla 4-1. Tiempo de Retención Hidráulica.**

MATERIA PRIMA	Tiempo de Retención Hidráulico
Estiércol Vacuno Líquido	20-30 días
Estiércol Porcino Líquido	15-25 días
Estiércol Aviar Líquido	20-40 días

Fuente: GATE. – BORDA. Introducciones para la Planta de Biogás.

Realizado por: Torres J.2015.

$$Vtb = \text{Carga Diaria} * t. r.$$

Ec. 1

Donde:

Vtb = Volumen del tanque.

Carga diaria.

t.r. = Tiempo de retención.

➤ **Diámetro del biodigestor ( $\emptyset t$ ).**

La cavidad del cilindro es el diámetro medido en milímetros o pulgadas. Con la ecuación del área de un cilindro:

$$Vtb = \frac{\pi * \emptyset t^2}{4} * Ht$$

$$Hb = \emptyset$$

Despejando y reemplazando Hb por  $\emptyset$

$$\emptyset t = \sqrt[3]{\frac{Vtb * 4}{\pi}}$$

Ec. 2

Donde:

Vtb = Volumen del tanque del biodigestor.

$\emptyset t$  = Diámetro del tanque del biodigestor.

Ht = Altura del tanque del biodigestor.

$\pi$  = Pi (Cociente entre la longitud de la circunferencia y su diámetro).

➤ **Volumen Sobredimensionado del Tanque.**

El sobredimensionamiento se realiza como una estrategia para evitar colapsos en el tanque de digestión anaeróbica, utilizando la ecuación de un cilindro:

$$V_{\text{sobredimensionamiento}} = \frac{\pi * \emptyset t^2}{4} * H_{\text{sobredimensionamiento}}$$

Ec. 3

Donde:

Vsobredimensionado = Volumen del sobredimensionamiento tanque del biodigestor.



$\varnothing_t$  = Diámetro del tanque del biodigestor.

Hsobredimensionamiento = Altura del sobredimensionamiento del tanque del biodigestor.

➤ **Altura total del tanque de digestión.**

La altura del tanque de digestión se sumara a la altura sobredimensionada y su altura neta.

$$HT = Ht + Hsobredimensionamiento$$

Ec. 4

**Donde:**

HT= Altura total.

Ht= Altura del tanque.

Hsobredimensionamiento= Altura sobredimensionada al tanque.

❖ **Dimensionamiento de la cúpula del biodigestor.**

➤ **Altura de la cúpula.**

La determinación de la altura de la cúpula, se considera el diámetro del tanque, utilizando la siguiente fórmula:

$$Hc = \frac{1}{5} \varnothing_t$$

Ec. 5

Donde:

$\varnothing_t$  = Diámetro del tanque del biodigestor

Hc = Altura de la cúpula.

➤ **Radio de la cúpula.**

El radio de la cúpula es el centro de la circunferencia que une en cualquier segmento.

$$rc = \frac{(rt)^2 + (Hc)^2}{2(Hc)}$$

Ec. 6

Donde:

$r_t$  = Radio del biodigestor.

$H_c$  = Altura de la cúpula.

➤ **Volumen de la cúpula.**

Un factor importante a determinares el volumen de la cúpula, donde se almacenará los gases producto de la degradación anaeróbica. Basándose en el mismo principio utilizado para encontrar la profundidad del biodigestor

$$V_c = \pi(H_c)^2 \left( r_c - \frac{H_c}{a} \right)$$

Ec. 7

Donde:

$a = 3$  valor constante.

$V_c$  = Volumen de la cúpula.

$r_c$  = Radio de curvatura.

$H_c$  = Altura de curvatura.

➤ **Volumen total.**

El volumen total es la sumatoria de la capacidad o volumen de la cúpula, más el volumen del tanque, más el sobredimensionamiento. Para obtener el volumen máximo que podrá trabajar el biodigestor.

$$V_{Total} = V_c + V_t + V_{sobredimensionamiento}$$

Ec. 8

Donde:

$V_{Total}$  = Volumen Total.

$V_c$  = Volumen de la cúpula.

$V_t$  = Volumen del tanque.

$V_{sobredimensionamiento}$  = Volumen del Sobredimensionamiento.

❖ **Dimensionamiento de la caja de entrada.**

➤ Longitud de la caja de entrada.

Para establecer las dimensiones de la caja de entrada, proyectando que su base es la longitud vertical, ancho y fondo serán de la misma medida, para lo cual se considera la carga diaria que ingresa al biodigestor. Expresando que carga diaria = Volumen de la caja de entrada.

Es decir:

$$L1 = L2 = L3 = L^3$$

Donde se empleó la siguiente fórmula matemática:

Carga Diaria = Vc.e.

$$Vc. e. = L1 * L2 * L3$$

Reemplazando:

$$Vc. e. = L^3$$

Despejando:

$$Lc. e. = \sqrt[3]{Vc. e. (m^3)}$$

Ec. 9

Donde:

Carga Diaria

Vc.e. = Volumen de caja de entrada.

L = Lados.

Lc.e.= Longitud de la caja de entrada.

➤ **Volumen de la caja de entrada sobredimensionada.**

El sobredimensionamiento en la caja es para evitar salpicaduras o derrames de la mezcla en la caja de entrada se sobredimensiona en un porcentaje 20% - 40% al volumen total.

$$Vc. e. s. = Vc. e. * \%$$

Ec. 10

Donde:

V.c.e.s= Volumen de caja de entrada sobredimensionada.

V.c.e = Volumen de la caja de entrada.

%= Volumen en porcentaje a sobredimensionar.

### ❖ **Dimensionamiento de la caja de salida.**

#### ➤ **Volumen de la caja de salida.**

La carga diaria procesada de la digestión anaeróbica se descargara paulatinamente al pasar los días de carga a evacuar, llamándose volumen de la caja de salida.

$$Vc. salida = \text{Carga diaria} * \text{días c. evac}$$

Ec. 11

Donde:

Vc.salida = Volumen de la caja de salida

Carga diaria

días.c.evac = Días de carga a evacuar

#### ➤ **Longitud de la caja de salida.**

La longitud, es la distancia entre dos puntos; siendo la longitud horizontal el ancho y la longitud vertical, la altura.

Es decir:

$$Vc_{salida} = L1 * L2 * L3$$

Reemplazando:

$$Vc_{salida} = L^3$$

Despejando y reemplazando valores.

$$Lc. salida = \sqrt[3]{m^3}$$

Ec. 12

Donde:

Vc.salida = Volumen de caja de salida.

L = Lados.

Lc.salida= Longitud de la caja de salida

### ❖ **Dimensionamiento de la caja de lodos.**

La caja de lodos, tiene la finalidad de evacuar y realizar lavados completos de la cámara, los sedimentos que se depositan en el fondo del tanque de digestión, la producción de biol que se depositará en la caja de salida y biol y la caja de lodos recogerá los desechos de la digestión anaeróbica, facilitando las labores de mantenimiento.

Por medio de la tubería (PVC) de 4" se podría canalizar hasta la caja de lodos, con una válvula del mismo diámetro que evitará la fuga de la mezcla.

Las dimensiones de la caja de salida de lodos, se calcula con las mismas fórmulas utilizadas para los cálculos de las cajas de entrada, salida, también se considera que el volumen de la caja de salida será igual a la caja de lodos que saldrá.

#### ➤ **Longitud de la caja de lodos.**

Cálculo de las longitudes de la caja de recolección de lodos:

$$Vc.lodos = Vc.salida$$

Calculando la dimensión de los lados tendremos:

$$Vc.lodos = L^3$$
$$Lc.lodos = \sqrt[3]{Vc.lodos}$$

Ec. 13

Donde:

Vc.lodos = Volumen de la caja de lodos.

Lc.lodos= Longitud de la caja de lodos.

#### ➤ **Longitud de caja de lodos sobredimensionada.**

Se sobredimensiona con el propósito de evitar salpicaduras de la mezcla en el suelo, en un porcentaje del 10% a 40% de la longitud total de la caja.

$$Vc.lodos.s = Vc.lodos * \%$$

Ec. 14

Donde:

Vc.lodos.s. = Volumen de la caja de lodos sobredimensionada.

Vc.lodos= Volumen de la caja de lodos.

% = Porcentaje de volumen a sobredimensionar.

#### ❖ Descarga diaria.

La ley de la conservación de la masa para este caso es que el total de la masa que ingresa es igual al total de la masa que sale.

$$Vtb = \text{Descarga Diaria} * t.r.$$

Ec. 15

Despejando.

$$\text{Descarga Diaria} = \frac{Vtb(m^3)}{t.r. (\text{horas})}$$

Donde:

Descarga Diaria

Vtb= volumen del tanque.

t.r.= tiempo de retención.

## CAPÍTULO II

### 2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1 Área de estudio.

##### 2.1.1 Ubicación geográfica.

La finca “La Envidia” se encuentra a 24 km de la ciudad Puerto Francisco de Orellana “El Coca” En la parroquia “La Belleza”, Ubicada Geográficamente, con longitud de 272015-272031 y latitud de 9927694-9927702 en unidades UTM, en la zona sur 18. El lugar de estudio cuenta con una altitud 600 m.s.n.m., en la cual registra temperaturas que oscilan entre 22° C a 27° C, con precipitaciones anuales de 3000 a 4000 mm.

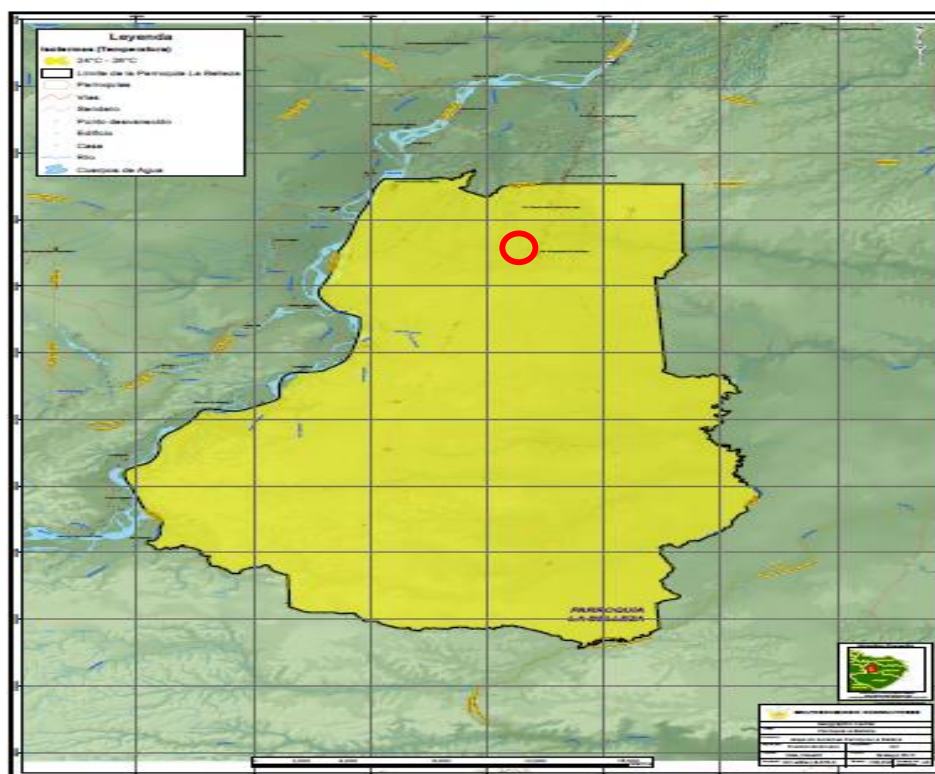


Figura1-2. Localización de la finca donde se ejecutará el proyecto

Fuente: Jefferson Torres, 2015.

## **2.1.2 Metodología.**

### *2.1.2.1 Investigación Bibliográfica.*

Se revisó bibliográficamente la información sobre los biodigestores, su función, los tipos y clasificación de los mismos, además, las distintas formas de implementación y funcionamiento. La recopilación de la información conlleva a realizar un dimensionamiento adecuado del sistema del biodigestor en la zona de estudio.

### *2.1.2.2 Investigación de campo (Descriptivo- Cuantitativa)*

Se recolectaron muestras de estiércol de ganado, tomando en cuenta las condiciones ambientales como; temperatura, topografía del terreno, caracterización, se calcula la cantidad de estiércol producido por ganado vacuno, cuyo estiércol se cuantifica y, mediante la tabulación de los datos obtener las variables para el diseño del Biodigestor, con las cuales se realiza los cálculos ingenieriles.

### *2.1.2.3 Investigación Experimental*

Se realiza un biodigestor piloto a nivel de laboratorio para obtener parámetros como: temperatura, sólidos totales, potencial de hidrógeno, humedad, materia orgánica y macronutrientes del medio de cultivo presente en el biodigestor para saber si el producto obtenido es biol, y con esto tener un punto de partida para los cálculos respectivos y su posterior dimensionamiento.

### *2.1.2.4 Cuantificación de la carga diaria de las excretas vacunas disponible.*

Para determinar la cantidad de materia prima que se produce en la finca, se realizó la toma de muestras por siete días consecutivos de 7 vacunos de raza Brahmán Rojo.

Las muestras serán simples e in situ, y serán llevadas de inmediato para su respectivo análisis en el laboratorio, para la determinación de la disponibilidad diaria de estiércol, se empieza la recolección en el establo por las noches. Donde el estiércol será recolectado con palas del piso de concreto del establo.



El muestreo inició el día 7 hasta el 13 de febrero del 2015, utilizando un balde graduado de 20 litros, una pala y una balanza de 20 kg.

Al encontrarse con una cantidad considerable de ganado vacuno, surgió la necesidad de un registro de la población a estudio:

**Tabla 1-2. Determinación de estiércol diario de acuerdo al peso vivo de cada vacuno.**

Número	Jerarquía del animal	Edad (Meses)	Peso vivo total (kg)	Estiércol generado 100kg ganado vivo/día	Estiércol Total generado por animal
1	Toro	48	600	8	48
2	Madre 1	42	500	8	40
3	Madre 2	40	450	8	36
4	Madre 3	42	500	8	40
5	Madre 4	36	550	8	44
6	Cría 1	30	500	8	40
7	Cría 2	30	450	8	36
<b>TOTAL</b>			<b>3550</b>	<b>8</b>	<b>284</b>
<b>Promedio</b>			<b>507.14</b>	<b>-</b>	<b>40.57</b>

Realizado por: Jefferson Torres, 2015.

**Tabla 2-2. Recolección de la materia prima disponible**

FECHA DE MUESTRA	CANTIDAD DE ESTIERCOL (kg)
7/06/2015	286
8/06/2015	288
9/06/2015	278
10/06/2015	284
11/06/2015	280
12/06/2015	290
13/06/2015	282
<b>TOTAL</b>	<b>1988</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>284</b>

Realizado por: Jefferson Torres, 2015.

La materia prima disponible en la finca será utilizada para la alimentación del biodigestor, es de un total de 85.20kg de estiércol fresco conseguido regularmente.

La relación de aprovechamiento de la materia prima en la finca es del 30%, esto es debido a que el ganado vacuno pasan parte del tiempo en los pastizales y el establo y solo se tomó en cuenta la materia prima que se puede recolectar del establo.

➤ **Materiales**

- 1 Pala.
- 1 Baldes graduados de 20 litros.
- 1 Escoba.
- 1 Balanza 20 kg.
- Fundas plásticas.
- Guantes de nitrilo.
- Ropa adecuada.
- Mascarillas.
- Botas de caucho.
- Cuaderno de apuntes.
- Esfero.

➤ **Equipo**

- Cámara fotográfica.

*2.1.2.5 Muestreo y caracterización del estiércol vacuno.*

*2.1.2.5.1 Metodología para el muestreo.*

El prototipo es un sistema anaeróbico para la obtención y producción de biol con una relación de 1:1 (1 kg estiércol: 1 kg agua). Se colocó 15 kg de mezcla homogénea, para lo cual se empleó 7.5 kg de excretas vacunas y se mezcló con 7.5kg de agua.

➤ **Materiales**

- 4 Fundas ziploc.
- Guantes de nitrilo.
- Guantes de látex.
- Mascarillas.
- Ropa adecuada.

- Botas de caucho.
- 1 Palas.
- 1 Balanza Camry de 20 kg.
- 1 Baldes de 20 L.
- Adhesivos para identificar muestras.
- 1 Esfero
- Libreta de apuntes.

➤ **Equipo**

- Cámara fotográfica.

**Tabla 3-2. Parámetros con métodos.**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método/Norma de referencia</b>	<b>ITE-AQLAB</b>
Potencial de hidrógeno	-	SM 4500-H B	ITE-AQLAB-01
Hierro	Mg/l	SM 3030B,3111B	ITE-AQLAB-12
Materia Orgánica	%	GRAVIMETRICO	ITE-AQLAB-58
Fósforo	mg/l	HACH 8048	ITE-AQLAB-51
Potasio	mg/l	SM 3030B,3111B	ITE-AQLAB-60
Magnesio	mg/l	SM 3030B,3111B	ITE-AQLAB-61
Nitrógeno Total	%	KJENDAHL, EPA 351.2	ITE-AQLAB-59
Sodio	mg/l	SM 3030B,3111B	ITE-AQLAB-56

**FUENTE:** Laboratorio AQLAB.

**Realizado por:** Jefferson Torres, 2015.

### 2.1.2.6 Obtención y producción de biol mediante un prototipo (tipo batch).

Para el prototipo se tomó un botellón de plástico con una capacidad de 20 litros y se adecuó accesorios necesarios para darle la funcionalidad de un biorreactor Batch.

Este prototipo presenta un sistema anaeróbico, el mismo que permite la obtención y producción de biol. Se colocó 15 kg de mezcla homogénea, para lo cual 7.5 kg de excretas vacunas y se mezcló con 7.5 kg de agua, con una relación de 1:1.



**Fotografía 1-1. Biodigestor Prototipo.**

**Realizado por:** Torres J.2015.

#### - **Medición de temperatura**

Se midió la temperatura con un termómetro de mercurio, en la tarde (14:00) y noche (19:00). Iniciando el 7 de Junio hasta el 6 de julio de 2015.

#### ➤ **Procedimiento**

- Se utilizó un recipiente vidrio en la toma de muestra.
- Se procede a sumergir el termómetro en la muestra durante 3 minutos.
- Se registra la lectura obtenida en el termómetro.

➤ **Materiales**

- Vaso de vidrio o de precipitación.
- Termómetro de Hg.
- Hoja de registro.
- Esferográfico.

➤ **Equipo**

- Cámara fotográfica.
  - **Medición de pH**

El pH de la muestra del prototipo se registró una vez al día, se utilizó cinta indicadores de pH y la tabla de colores correspondiente, empezando desde el día 7 de Junio hasta el 6 de julio de 2015.

➤ **Procedimiento**

- Se sacó una cantidad considerable mezcla en un recipiente de vidrio.
- Agitamos la muestra.
- Colocamos la cinta indicadora, con un tiempo de espera de 2 minutos.
- Verificamos los colores de la tabla hasta encontrar los colores similares y establecer el pH.

➤ **Materiales**

- Vaso de vidrio.
- Cintas indicadoras de pH.
- Tabla de colores (rango de pH).
- Hoja de registro.
- Esferográfico.

➤ **Equipo**

- Cámara fotográfica.

**Tabla 4-2. Datos del prototipo.**

	Muestra 1 (3 días)	Muestra 2 (20 días)	Biol REAL (30 días)	Biol TEÓRICO
pH	5,83	6,25	7,96	8
Materia Orgánica	7,34	5,86	4,18	4
Nitrógeno Total	0,24	0,32	0,52	0,528
Fósforo	1,27	0,81	0,43	0,263
Potasio	0,54	0,84	1,05	1,062
Hierro	1,81	0,87		0,25
Magnesio	0,51	0,28	0,19	0,19
Sodio	0,21	0,33	0,4	0,25

Fuente:AQLAB,2015

Realizado por:Jefferson Torres, 2015.

#### 2.1.2.7 Elección del biodigestor.

##### 2.1.2.7.1 Preselección.

La selección del modelo del biodigestor a diseñar en la finca, se tomó en cuenta la producción de biol de los biodigestores, por medio de una matriz, tomando en cuenta las diversas ventajas, considerando mayoritariamente la producción de biol y su accesibilidad económica, de esta manera seleccionar el biodigestor que mejor se ajuste al sector en estudio.

Existen varios tipos de biodigestor que podrían ser implementados, entre los mejores en producción de biol tenemos:

- ✓ Biodigestor “Hindú”.
- ✓ Biodigestor de domo fijo “Chino”.

### 2.1.2.7.2 Aspectos considerados en la matriz de preselección.

Se enfatiza la durabilidad y economía de costo del biodigestor, considerando los siguientes parámetros:

- a. Tipo de materia Prima.
- b. Vida útil.
- c. Requerimientos de área.
- d. Costos.
- e. Operación y mantenimiento.
- f. Rendimiento.

### 2.1.2.7.3 Matrices para la selección del modelo de biodigestor.

#### 2.1.2.7.3.1 Tipo chino

**Tabla 5-2. Matriz de Preselección del Biodigestor tipo "Chino".**

PROCESO EVALUADO: DISEÑO "CHINO"					
	A	B	C	D	E
#	%	ASPECTO EVALUADO	CALIFICACIÓN	C/5	D*A
			0= No aplica 1= Suficiente 3= Adecuado 5= Muy bueno		
1	15	Tipo de materia prima	5	1	15
2	15	Vida útil	5	1	15
3	15	Requerimientos de área	5	1	15
4	20	Costos	3	0.6	12
6	15	Operación y mantenimiento	3	0.6	9
7	25	Rendimiento (biol)	3	0.6	15
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>				<b>81</b>

Realizado por: Jefferson Torres, 2015.

Este tipo de biodigestor tiene a favor el tipo de materia prima y vida útil, enfocada en la producción obtención de bioles el más indicado con un 81% de aceptabilidad. Obteniendo un

aumento en los macronutrientes necesarios para un abono (N,K, P, Na). Por lo tanto este es el biodigestor seleccionado para el proyecto.

#### 2.1.2.7.3.2 Tipo Hindú

**Tabla 6-2. Matriz de Preselección del Biodigestor tipo “Hindú”.**

<b>PROCESO EVALUADO: DISEÑO “ESTRUCTURA FLEXIBLE”</b>					
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>#</b>	<b>%</b>	<b>ASPECTO EVALUADO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>C/5</b>	<b>D*A</b>
			0= No aplica 1= Suficiente 3= Adecuado 5= Muy bueno		
1	15	Tipo de materia prima	5	1	15
2	15	Vida útil	5	1	15
3	15	Requerimientos de área	5	1	15
4	20	Costos	3	0,6	12
6	15	Operación y mantenimiento	3	0.6	9
7	25	Rendimiento (biol)	1	0.2	5
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>				<b>71</b>

Realizado por: Jefferson Torres, 2015.

En la estimación el biodigestor de “Hindú” presenta una calificación del 71%, lo que lo convierte en una gran opción, teniendo como desventaja la baja cantidad de producción de biol.



## CAPÍTULO III

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

#### 3.1 Cálculos y resultados.

##### 3.1.1 Cálculos del dimensionamiento del biodigestor Chino.

###### 3.1.1.1 Dimensionamiento de la cámara de digestión.

###### 3.1.1.1.1 Cuantificación del estiércol fresco disponible.

Para la determinación de la materia prima disponible, se realizó un muestreo durante 7 días, en la finca, con un total de 7 reses vacunas de raza Brahman Rojo.

**Tabla1-3. Determinación de la materia prima disponible**

<b>Muestra de estiércol promedio (kg/día)</b>	<b>Número de vacunos</b>	<b>Promedio de estiércol fresco (día/vacuno)</b>	<b>Porcentaje de aprovechamiento</b>	<b>Estiércol Disponible (kg/día-vacuno)</b>	<b>TOTAL DE ESTIERCOL (kg de estiércol fresco/día)</b>
284	7	40.57	30%	12.17	85.20

Realizado por: Jefferson Torres, 2015.

El diseño del biodigestor en la finca, partió en base a la cantidad en kg de estiércol producido diariamente. Con tales resultados, se diseña con ayuda del programa AutoCAD.

El diseño y dimensionamiento del biodigestor chino se realizó con los siguientes cálculos, con base en el marco teórico establezco la siguiente fórmula:

$$\text{Carga Diaria} = \text{L Estiércol Fresco} + \text{L agua}$$

$$\text{Carga Diaria: } 85.20 \frac{\text{kg Estiercol Fresco}}{\text{Día}} + 85.20 \text{ l de agua} = 170.4 \text{ l/día}$$

$$\text{Carga Diaria: } 170.4 \frac{\text{litros}}{\text{día}} * 1 \frac{\text{m}^3}{1000 \text{ litros}} = 0.17 \text{ m}^3$$

### 3.1.1.1.2 Volumen del tanque del biodigestor.

Para el cálculo del volumen del biodigestor se requiere la carga diaria que es de 0.17m<sup>3</sup>, y el tiempo de retención (t.r.). Basado en prototipo piloto, propongo, el tiempo retención es de 30 días.

El volumen de la mezcla (excretas vacunas + agua) será proporcional al tiempo retención en el biodigestor este valor se encuentra tabulado en tablas y el valor de la carga diaria se obtuvo en la metodología con un resultado de 0.17 m<sup>3</sup>.

Para ello se emplea la siguiente fórmula.

$$V_{tb} = \text{Carga Diaria} * t. r.$$

Ec. 1

$$V_{tb} = 0.17 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 30 \text{ días}$$

$$V_{tb} = 5.1 \text{ m}^3$$

El volumen del biodigestor donde se depositará la mezcla es de 5.1 m<sup>3</sup>, considerando una alimentación de mezcla diaria (durante 5días).

### 3.1.1.1.3 Diámetro del biodigestor.

Fórmula:

$$V_{tb} = \frac{\pi * \emptyset^2}{4} * H_t$$

$$H_b = \emptyset$$

Despejando y reemplazando H<sub>b</sub> por  $\emptyset$

$$\emptyset_t = \sqrt[3]{\frac{V_{tb} * 4}{\pi}}$$

Reemplazando valores:

$$\begin{aligned}\varnothing t &= \sqrt[3]{\frac{5.11 \text{ m}^3 * 4}{3.14159}} \\ \varnothing t &= 1.86 \text{ m}\end{aligned}$$

#### 3.1.1.1.4 Volumen del biodigestor sobredimensionado.

Se obtiene como resultado un diámetro ( $\varnothing t$ ) y la altura del tanque es de 1.86 metros con capacidad máxima de 5.1 m<sup>3</sup> al 100% de su capacidad. Considero un sobredimensionamiento al diámetro de 0.14 m (7.53%) con capacidad extra para almacenar 0.38 m<sup>3</sup> de biogás y no causar el colapso del tanque del biodigestor.

$$V_{\text{sobredimensionamiento}} = \frac{\pi * \varnothing t^2}{4} * H_{\text{sobredimensionamiento}}$$

Ec. 3

$$\begin{aligned}V_{\text{sobredimensionamiento}} &= \frac{\pi * (1.86)^2}{4} * (0.14) \\ V_{\text{sobredimensionamiento}} &= 0.38 \text{ m}^3\end{aligned}$$

#### 3.1.1.1.5 Altura de la cámara de digestión.

Se calculó la altura tomando en cuenta los datos generados anteriormente (diámetro y volumen del tanque) y aplicando la siguiente fórmula se obtuvo el valor de la altura.

Fórmula aplicada:

$$V_{tb} = \frac{\pi * \varnothing t^2}{4} * H_t$$

Ec.1

Despejando Hcb:

$$H_t = \frac{V_{tb} * 4}{\pi * \varnothing t^2}$$

Reemplazando valores:

$$\begin{aligned}H_{tb} &= \frac{5.1 \text{ m}^3 * 4}{3.14159 * (1.86)^2} \\ H_{tb} &= 1.86 \text{ m}\end{aligned}$$

### 3.1.1.1.6 *Altura total del tanque de digestión*

Con el fin de alargar el período de retención de gases en tanque y obtener un proceso anaeróbico adecuado. La altura total (HT) de la cámara de indigestión es la sumatoria de 1.86 m. a la que sumamos el sobredimensionamiento calculado anteriormente.

$$HT = Ht + H_{\text{sobredimensionamiento}}$$

Ec. 4

$$HT = 1.86 \text{ m} + 0.14 \text{ m}$$

$$HT = 2 \text{ m}$$

### 3.1.1.2 *Dimensionamiento de la cúpula del biodigestor.*

#### 3.1.1.2.1 *Altura de la cúpula.*

$$Hc = \frac{1}{5} \phi t$$

Ec. 5

$$Hc = \frac{1}{5} (2 \text{ m})$$

$$Hc = 0.4 \text{ m}$$

Altura de la campana es de 0.4m.

#### 3.1.1.2.2 *Radio de la cúpula.*

Se empleó la siguiente fórmula matemática.

$$rc = \frac{(rt)^2 + (Hc)^2}{2(Hc)}$$

Ec. 6

Reemplazando valores:

$$rc = \frac{(1)^2 + (0.4)^2}{2(0.4)}$$

$$rc = 1,45 \text{ m}$$

### 3.1.1.2.3 Volumen de la cúpula.

$$Vc = \pi(Hc)^2 \left( rc - \frac{Hc}{a} \right)$$

Ec. 7

Reemplazando valores:

$$Vc = 3,1416(0.4m)^2 \left( 1,45m - \frac{0,4m}{3} \right)$$
$$Vc = 0,66m^3$$

### 3.1.1.2.4 Volumen total.

$$VTotal = Vc + Vt + Vsobredimensionamiento$$

Ec. 8

$$VTotal = 0,66m^3 + 5.1m^3 + 0,38m^3$$
$$VTotal = 6.54m^3$$

El volumen total del biodigestor es 6.14m<sup>3</sup>.

### 3.1.1.3 Dimensionamiento de la caja de entrada.

$$Lc. e. = \sqrt[3]{Vc. e. (m^3)}$$

Ec. 9

**Reemplazando valores**

$$Lc. e. = \sqrt[3]{0.17m^3}$$

$$Lc. e. = 0.55m$$

El cálculo realizado la medida de cada lado es de 0,55 m.

En la caja de entrada se considera sobredimensionar en un 40% al volumen total.

$$Vc. e. s. = Vc. e. * 40\%$$

Ec. 10

$$Vc. e. s. = 0,17m^3 * 40\%$$

$$Vc. e. s. = 0,23m^3$$

$$Vc. e. s. = L$$

$$L = \sqrt[3]{0,23m^3}$$

$$L = 0,61m$$

La medida final de la caja de entrada con el sobredimensionamiento será de 0.61 metros y su capacidad será de  $0.23 m^3$

#### 3.1.1.4 Dimensionamiento de la caja de salida.

Para conocer las medidas de la caja de salida, se consideró la cantidad en volumen de 5 días de carga diaria, la necesidad de vaciado se dará cuando cumpla el tiempo final de retención que es de 30 días. Por lo tanto la capacidad de la caja de salida será igual a la cantidad en volumen de 5 días de carga diaria. Y el vaciado variará entre 15 o menos días, descargando con la mayor parte de biol.

##### 3.1.1.4.1 Volumen de la caja de salida.

Fórmula utilizada:

$$Vc. salida = \text{Carga diaria} * \text{días c. evac}$$

Ec. 11

$$Vc. salida = \text{Carga diaria} \left( m^3 \frac{\text{mezcla}}{\text{día}} \right) * 5 \text{ días}$$

Considerando que vaciamos cargas de 5 días:

$$Vc. salida = 0.17 m^3 \frac{\text{mezcla}}{\text{día}} * 5 \text{ días}$$

$$Vc. salida = 0.85 m^3 \text{ Biol}$$

Efectuado los cálculos se conoce que la caja de salida tiene un volumen de  $0.85 m^3$ .

##### 3.1.1.4.2 Longitud de la caja de salida.

$$Lc. salida = \sqrt[3]{m^3}$$

Ec. 12

Reemplazando valores.

$$Lc. salida = \sqrt[3]{0.85 m^3}$$

$$Lc. salida = 0.95 m$$

Una vez realizado los cálculos de la caja de salida, medirá 0.95 m.

##### 3.1.1.5 Dimensionamiento de la caja de lodos.

Para su diseño se consideró implementarse en un terreno con una cuesta del 30% a base del biodigestor, con el fin de facilitar por gravedad la salida de sedimentos y no surja taponamientos de la tubería.

#### 3.1.1.5.1 Longitud de la caja de lodos.

$$Vc.lodos = L^3$$

Ec. 13

$$Lc.lodos = \sqrt[3]{Vc.lodos}$$

$$L clod = \sqrt[3]{0.96}$$

$$L c.lodos = 0.99m$$

#### 3.1.1.5.2 Longitud de caja de lodos sobredimensionada.

El cálculo realizado la medida de cada lado es de 0,99 m.

Se establece un sobredimensionamiento de emergencia del 10%, Para evitar salpicaduras o derrames de la mezcla en la caja de entrada se sobredimensionó en un 40% al volumen total.

$$Vc.lodos.s. = Vc.lodos * 10\%$$

Ec. 14

$$Vc.lodos.s. = 0,96m^3 * 10\%$$

$$Vc.lodos.s. = 0,096m^3$$

$$L = \sqrt[3]{0,96m^3 + Vc.lodos.s.}$$

$$L = 1m$$

Sobredimensionamos esta medida a un 10%, considerando una caja de que cada lado tendrá 1 metro.

### 3.1.1.6 Descarga diaria.

$$V_{tb} = \text{descarga Diaria} * t. r.$$

Ec. 15

$$\text{Descarga Diaria} = \frac{V_{tb}}{t. r.}$$

$$\text{Descarga Diaria} = \frac{0,17 \text{ m}^3}{\text{día}}$$

$$\text{Descarga Diaria} = 0,1708 \text{ L/h}$$

### 3.1.1.7 Eficiencia.

La eficiencia (*Osorio Giraldo, Rubén, 2015*) es la relación entre la cantidad de producto obtenida experimentalmente (en situaciones reales) y la cantidad de producto calculada de manera teórica (en situaciones ideales), expresado como un porcentaje:

$$\text{Eficiencia}(\%) = \frac{\text{rendimiento exp.}}{\text{rendimiento teórico}} \times 100$$



### 3.1.2 Resultados.

#### 3.1.2.1 Resultados del dimensionamiento del biodigestor.

Un factor importante a saber, es la cantidad de materia prima producida diariamente y la cantidad de ganado vacuno presente en la finca.

**Tabla 2-3. Dimensiones del biodigestor.**

		abreviación	valor	unidad
<b>TANQUE</b>	Volumen del tanque	$V_{tb}$	5.1	$m^3$
	Volumen sobredimensionado de tanque	$V_{sobredimensionado}$	0,38	$m^3$
	Altura total del biodigestor	$H_t$	2	$m$
	Diámetro del biodigestor	$\varnothing_t$	1,86	$m$
<b>CÚPULA</b>	Volumen Cúpula	$V_c$	0,66	$m^3$
	Altura de la Cúpula	$H_c$	0,4	$m$
	Radio de la cúpula	$R_c$	1,45	$m$
<b>CAJA DE ENTRADA</b>	Volumen sobredimensionado de la caja de entrada	$V_{c.e.s.}$	0.23	$m^3$
	Longitud de la caja de entrada	$L_{c.entrada}$	0,61	$m$
<b>CAJA DE SALIDA</b>	Volumen de la caja de salida	$V_{c.salida}$	0,85	$m^3$
	Longitud de la caja de salida	$L_{c.salida}$	0,95	$m$
<b>CAJA DE LODOS</b>	Volumen sobredimensionado de la caja de lodos	$V_{c.lodos.s.}$	0,096	$m^3$
	Longitud de la caja de lodos	$L_{c.lodos}$	1	$m$

Realizado por: Jefferson Torres, 2015.

### 3.1.2.2 Resultados de la caracterización del estiércol.

Los análisis a las respectivas muestras de estiércol fresco procedente de la finca “La Envidia” en el Laboratorio AQLAB, éste emitió los pertinentes informes, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 3-3. Resultados del laboratorio**

	<b>Análisis 1</b>	<b>Análisis 2</b>	<b>Análisis Biol</b>
pH	5,83	6,25	7,96
Materia Orgánica	7,34	5,86	4,18
Nitrógeno Total	0,24	0,32	0,52
Fósforo	1,27	0,81	0,43
Potasio	0,54	0,84	1,05
Hierro	1,81	0,87	
Magnesio	0,51	0,28	0,19
Sodio	0,21	0,33	0,4

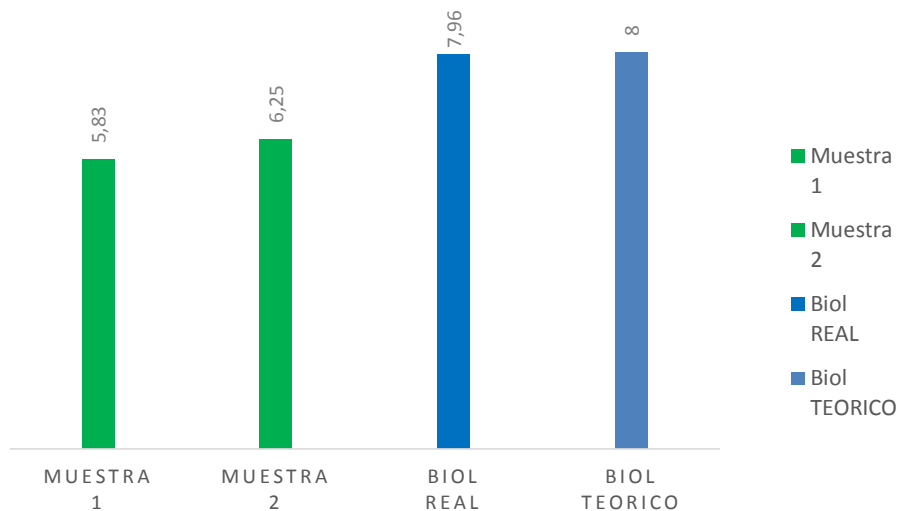
**Fuente:**AQLAB.2015.

**Realizado por:**Jefferson Torres, 2015.

### 3.1.2.3 Resultado de Porcentaje de Hidrógeno.

El porcentaje de hidrógeno es un criterio que muestra en su forma acida-base (7.3-8) el desarrollo correcto de los microorganismos e indica la disponibilidad de nutrientes.

Formados los resultados de los análisis de pH en el laboratorio, de las muestras de estiércol fresco, se encuentra en el rango de potencial de hidrógeno óptimo de 7,96.



### Gráfico 1-3. pH

Realizado por: Jefferson Torres, 2015.

Análisis de los resultados obtenidos: El desarrollo del potencial de hidrógeno aumenta favorablemente, con un tiempo de retención de 30 días, dando lugar a un ambiente adecuado para el desenvolvimiento de microorganismos anaeróbicos, los cuales han transformado la materia orgánica poco soluble (estiércol vacuno) a materia orgánica de fácil absorción (biol). Aplicamos la fórmula de la eficiencia:

$$Eficiencia(\%) = \frac{7,96}{8} \times 100$$

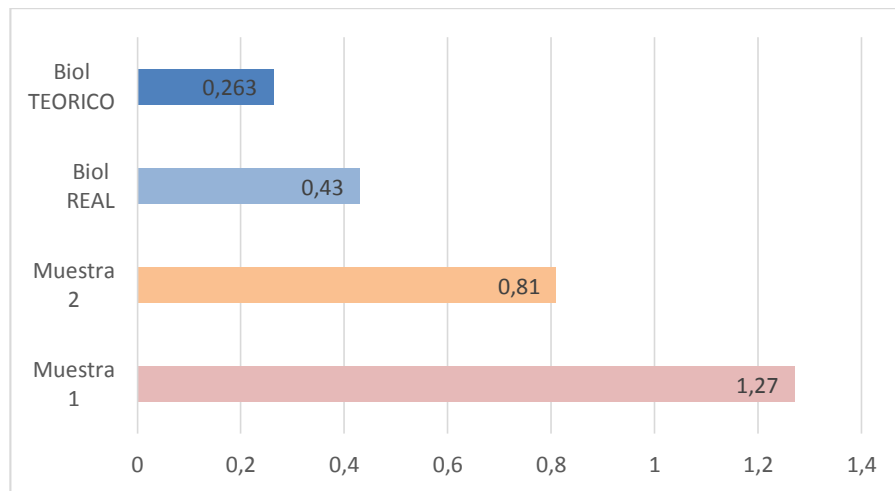
$$Eficiencia(\%) = 99.5\%$$

El desenvolvimiento del pH en la producción de biol, obtuvo una eficiencia de 99.5%, lo cual es favorable.

### 3.1.2.4 Resultado de Fósforo.

El fósforo es un elemento esencial que las plantas absorben del suelo. En la etapa de crecimiento las plantas absorben menor cantidad de tal compuesto, que forma parte esencial de la fotosíntesis.

La disminución del fósforo va mejorando a transcurrir el tiempo de retención en el tanque anaeróbico.



**Gráfico 2-3. Fósforo**

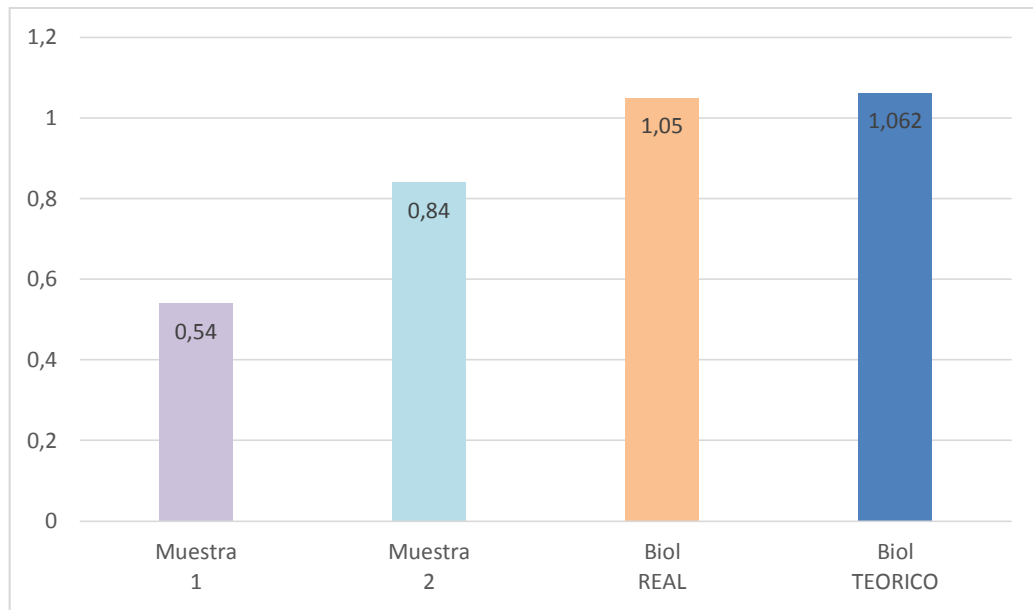
Realizado por: Jefferson Torres, 2015..

Análisis de los resultados obtenidos: Los resultados obtenidos muestra una disminución de fósforo, con una eficiencia de 61,16%. Conociendo que teóricamente que el fósforo es un elemento deficiente en suelos agrícolas y llega a formar parte en las plantas para la realización de la fotosíntesis. Concluyo que el exceso de fósforo en la muestra, mejorará la composición nutricional del suelo aplicado.

### 3.1.2.5 Resultado de Potasio

El potasio juega un papel de importancia en la generación tolerancia a las sequias. Las plantas bien provistas de potasio son menos propensas a plagas.

De acuerdo a los análisis efectuados arrojan un valor muy cercano al del biol teórico.



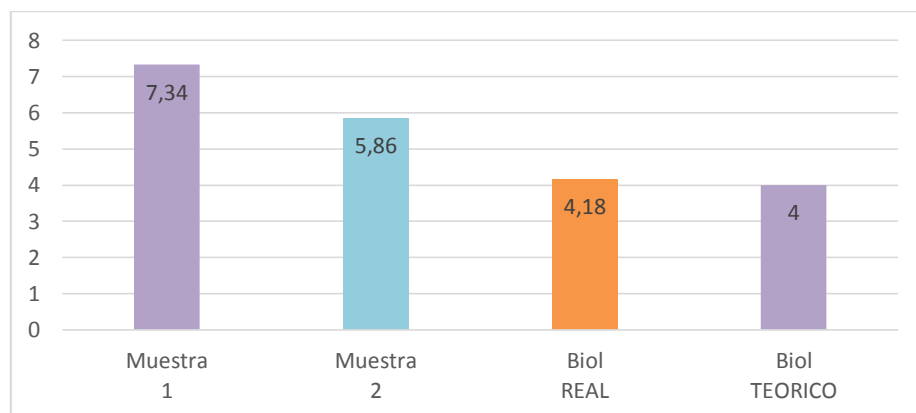
**Gráfico 3-3. Potasio**

Realizado por: Jefferson Torres, 2015.

Análisis de los resultados obtenidos: El balance del desarrollo del potasio en el prototipo se ha desarrollado de forma acertada comparada con los datos tabulados de Bioles, con una eficiencia de 98.87%.

### 3.1.2.6 Resultado de la Materia orgánica.

La descomposición de la materia orgánica (estiércol), es se efectúa de forma natural por un grupo de bacterias propios de la materia orgánica, la degradación influirá de la cantidad de materia orgánica que consuman.



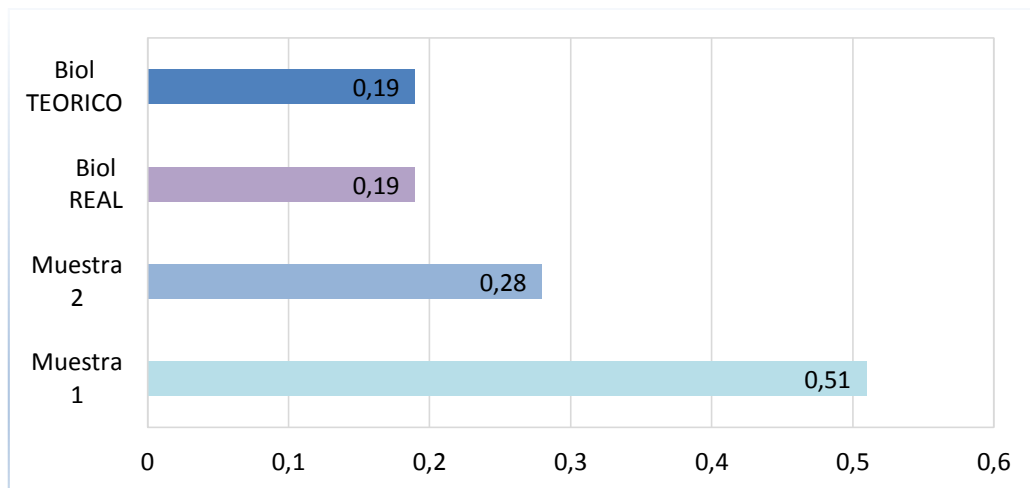
**Gráfico 4-3. Materia Orgánica**

Realizado por: Jefferson Torres, 2015.

Análisis de los resultados obtenidos: La cantidad de materia orgánica se ve influenciada por la alimentación variada proveída al ganado vacuno. Se obtuvo una disminución de materia orgánica, comparando con los datos tabulados, generando una eficiencia de 95,69%, encontramos una cantidad de 0,18(g/L) de materia orgánica no transformada, dándole una densidad mayor al biol,

### 3.1.2.7 Resultado de Magnesio.

El magnesio un elemento metálico, que si se encuentra excesivamente puede causar un desbalance en el crecimiento de la planta.



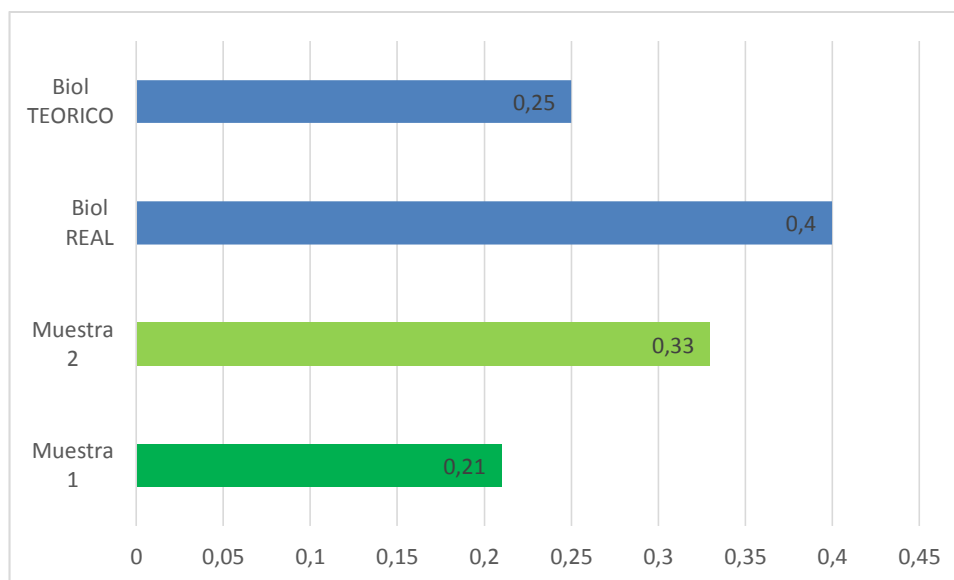
**Gráfico 5-3. Magnesio**

Realizado por: Jefferson Torres, 2015.

Análisis de los resultados obtenidos: Se puede observar que el progreso del biol real, es satisfactorio al coincidir con el biol práctico, con una eficiencia del 100%. Proporcionando un abono orgánico de fácil asimilación para las plantas.

### 3.1.2.8 Resultado del Sodio

Este parámetro es importante tomar en cuenta para que no ocurra un desbalance en la absorción de potasio y magnesio.



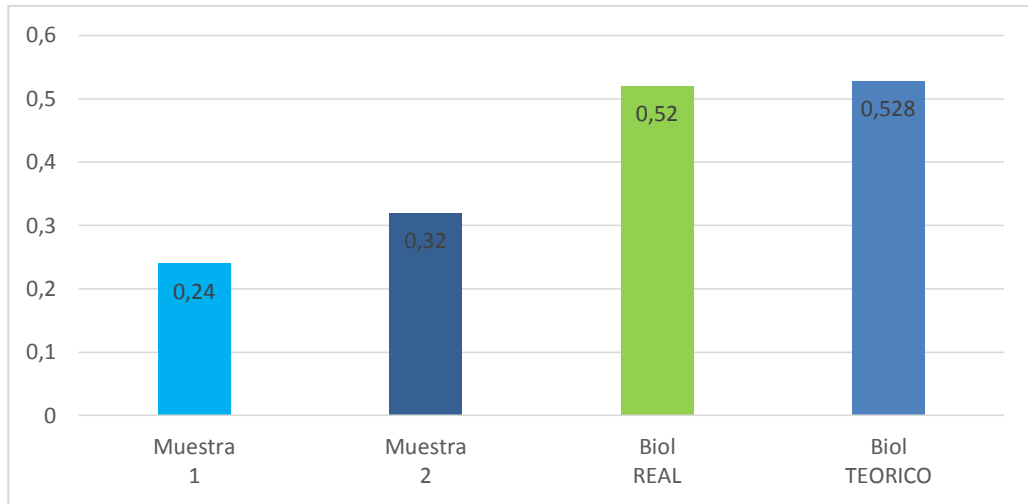
### Gráfico 6-3. Sodio

Realizado por: Jefferson Torres.,2015.

Análisis de los resultados obtenidos: Los análisis presentan un aumento significativo de sodio. El aumento, es un indicador que la zona de referencia contiene suelos livianos con grandes cantidades de sodio, dando lugar al metabolismo bacteriano del prototipo. El tratamiento presentó una eficiencia de 62,5%, y presentó exceso de sodio, el cual no altera la cantidad de magnesio y potasio y se encuentran en los rangos tabulados de biol teórico.

### 3.1.2.9 Resultado del Nitrógeno Total.

El resultado conseguido en el laboratorio de la relación Nitrógeno Total de las muestras de estiércol fresco es de 0,52 %. Se considera que el ganado se alimenta de raciones ricas en nitrógeno y fibra, tales como los potreros y cloruro de sodio.



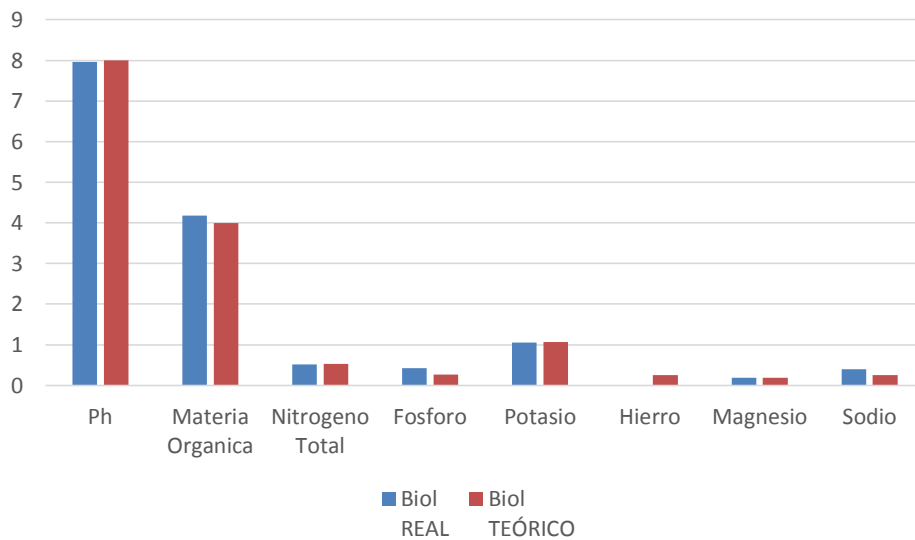
**Gráfico7-3. Nitrógeno Total**

Realizado por: Jefferson Torres, 2015.

Análisis de los resultados obtenidos: Se determinó que el desarrollo del nitrógeno total se dio satisfactoriamente al comparar los valores obtenidos en el laboratorio, la eficiencia lograda es del 100% comparado con la tabulación al biol.

### 3.1.2.10 Resultados de análisis post-tratamiento (Biol.)

Una vez realizados los respectivos análisis de laboratorio y comparados con los datos recopilados teóricamente, se obtuvo los siguientes resultados:



**Gráfico8-3. Biol real y Biol teórico**

Realizado por: Jefferson Torres, 2015.



Análisis de los resultados obtenidos: como se observa en la gráfica, el desarrollo que obtuvo el biol fue satisfactorio, cumpliendo con una eficiencia total promedio de 88,24%. Llegando a cumplir casi en su totalidad con los parámetros tabulados a excepción del sodio, el cual presentó un aumento debido al suelo liviano que presenta el proyecto, al no ser causa de distorsión en los otros nutrientes los cuales cumplen con los parámetros tabulados. El biol puede ser utilizado como fertilizante en plantas.

### **3.2 Análisis y discusión de resultados.**

- **Prototipo de biodigestor tipo chino**

Al pasar los días se observa el cambio de coloración de la mezcla en el prototipo, esto puede ser debido a que la consistencia de la mezcla era muy acuosa, con una relación agua-estiércol 1:1. Con mínima variación en la temperatura y el tiempo de retención de 30 días, ayudo al crecimiento de los microorganismos.

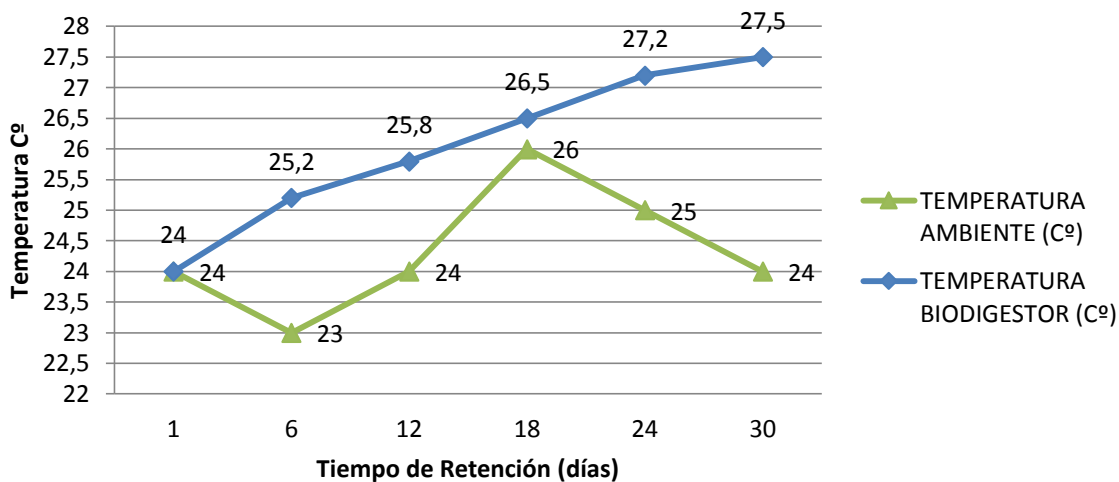
- **Medición de la Temperatura.**

La medición de la temperatura se la realizó en horario de la tarde (14:00) y noche (19:00), durante los 30 días.

Concluido el proceso de producción, la temperatura promedio dentro del prototipo fue de 25 °C y la temperatura promedio ambiente de 23 °C. (ANEXO A)

Durante el control de la temperatura, se pudo observar que la temperatura ambiente era mayor a la temperatura dentro del prototipo, esto se dio debido a las variaciones climatológicas de la zona tropical-lluviosa.

## Temperatura del prototipo



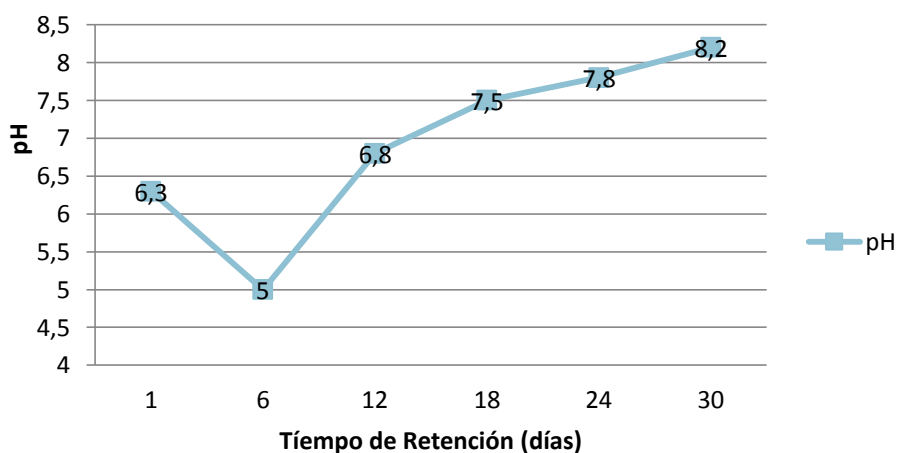
**Gráfico9-3. Variación de la temperatura.**

Realizado por: Jefferson Torres, 2015.

- **Medición de pH.**

La obtención de pH teóricamente debe oscilar en rangos alcalinos (7.3-8), en nuestro caso el prototipo muestra ligeras variaciones, obteniendo un pH promedio de 7.06, siendo favorecedor del crecimiento microbiano y en la producción de biol.

## pH del Prototipo



**Gráfico10-3. Crecimiento del pH**

Realizado por: Jefferson Torres, 2015.

- **Resultados de la medición de biol del biodigestor Chino.**

Para conocer la cantidad de biol que producía el biodigestor, se aplicó fórmulas matemáticas, utilizamos un botellón de capacidad de 20 litros, de los cuales llenaremos de mezcla (estiércol + agua) un 75%, la mezcla tiene una relación 1:1.

El biodigestor será llenado con una mezcla (estiércol + agua) con un total de 15 litros, el tiempo de fermentación es de 30 días. En consideración, se obtendrá aproximadamente 15 litros de biol.

- **Tiempo estimado para el mantenimiento del biodigestor**

El tiempo estimado para dar mantenimiento del biodigestor Chino es de 77 días que sería 2 meses y 17 días. Para la determinar el tiempo me base a los sólidos totales que se generan diariamente por cada carga que es de 16.19 kg de sólidos totales y la altura desde la base del tanque que contiene hasta la boca de la tubería de entrada, es de 40 cm, por donde se hace las cargas diarias, generando un volumen de 1090 litros. Con estos datos nos ayudarán a evacuar los sólidos sedimentados y mantener funcional el biodigestor.

### 3.3 Estimación del presupuesto de la construcción del biodigestor.

Para la construcción del biodigestor Chino en la finca, el presupuesto establecido para los costos de los materiales, accesorios, logística, mano de obra, análisis de laboratorio, se detalla a continuación:

**Tabla 4-3. Costo total del proyecto.**

Ítem	Descripción	Costo total
1	Materiales del biodigestor	\$ 1621,25
2	Mano de obra	\$ 1250,00
3	Gastos logísticos (Transporte)	\$ 200,00
4	Materiales de campo	\$ 476,00
5	Materiales de oficina	\$ 705,50
6	Análisis de laboratorio pre-tratamiento	\$ 335,73
7	Análisis de laboratorio (Biol)	\$ 52,70
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>\$ 4641,68</b>

Realizado por: Jefferson Torres, 2015.

## CONCLUSIONES

- ✓ Se determinó que la cantidad de excretas de ganado vacuno disponible en la finca es de 40.57 kg de estiércol fresco que se produce diariamente, para alimentar al biodigestor debe tener una relación 1:1 para obtener una mezcla homogénea y poco viscosa.
- ✓ Mediante datos obtenidos en un prototipo experimental realizado y fuentes bibliográficas, se diseñó el biodigestor tipo chino que es muy eficiente para que la velocidad de reacción de los microorganismos presentes en el estiércol sea más rápida, presentando medidas de diseño para el tanque de: volumen  $5,48\text{m}^3$ , altura 2 m y diámetro 1,86 m, y para la cúpula o campana de: volumen  $0,66\text{ m}^3$ , radio 1,45 m y altura 0,4 m, cuenta con caja de entrada para alimentar el tanque y con caja de salida en donde se recolectará el biol producido en un tiempo de retención de 30 días.
- ✓ Se determinó mediante análisis de laboratorio la calidad del biol resultante de la degradación anaeróbica obtenidos del prototipo, generando varios nutrientes, entre los más importantes están: nitrógeno, potasio y fósforo, obteniendo una eficiencia: 100%, 98,87%, 61,16%, respectivamente, este último nutriente necesita mayor tiempo de degradación, debido a la alimentación del ganado de pastizales sembrados en suelos livianos, generando excretas con abundancia de fósforo; por lo tanto el biol no se ve afectado con este parámetro y presenta una eficiencia total promedio de 88,24%.
- ✓ Se establece las dimensiones de diseño del biodigestor para la finca “La envidia” que presenta un terreno mayoritariamente regular, el cual se puede ejecutar la proyección del biodigestor tipo chino en  $18\text{ m}^2$ , con un sitio plano para la caja de entrada, biodigestor y caja de salida. La caja de lodos deberá estar en un terreno con una pendiente del 30% con respecto a la base del biodigestor.
- ✓ Realizado los respectivos cálculos se obtuvo que la carga total teórica del biodigestor es de  $0.017\text{ m}^3/\text{hora}$ , produciéndonos un total de biol al mes  $5.11\text{ m}^3$ , mejorando la disposición final de las excretas de la finca.

## RECOMENDACIONES

- ✓ La alimentación al biodigestor debe ser con la mezcla pura no acumularlo más de tres días, esto por que atrae vectores causantes de enfermedades y se crea un foco reproductor de moscas.
- ✓ Tomar en cuenta que la mezcla estiércol-agua sea el correcto con respecto al producto final, porque caso contrario tendríamos un sustrato muy acuoso o muy espeso dando dificultad al momento de la carga.
- ✓ El biol proveniente de este biodigestor, generalmente debe ser usado de forma combinada con agua, para evitar el marchitamiento de la planta, ya que su pH es alcalino.
- ✓ La evacuación de lodos de la cámara de biodigestor se debe realizar con antelación de la fecha límite de llenado que es de dos meses y diecisiete días, para así evitar obstrucción al alimentar el biodigestor.

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS:**

<b>m</b>	Metros
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>L</b>	Litro
<b>mg</b>	Miligramo
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>°C</b>	Grados Centígrados
<b>C/N</b>	Relación Carbono Nitrógeno
<b>g</b>	Gramo
<b>pH</b>	Potencial de Hidrógeno
<b>°T</b>	Temperatura
<b>h</b>	Hora
<b>s</b>	Segundo
<b>AQLAB</b>	Laboratorio de Aguas, Suelos AQLAB
<b>V<sub>tb</sub></b>	Volumen del tanque del biodigestor.
<b>V<sub>sobredimensionado</sub></b>	Volumen sobredimensionado de tanque.
<b>V<sub>c</sub></b>	Volumen de la cúpula
<b>V<sub>c.e.s</sub></b>	Volumen sobredimensionado de la caja de entrada
<b>V<sub>c.salida</sub></b>	Volumen de la caja de salida
<b>V<sub>c.lodos.s.</sub></b>	Volumen sobredimensionado de la caja de salida
<b>H<sub>t</sub></b>	Altura total del biodigestor.
<b>Ø<sub>t</sub></b>	Diámetro del tanque biodigestor.
<b>H<sub>c</sub></b>	Altura de la cúpula.
<b>R<sub>c</sub></b>	Radio de la cúpula

<b>Htb</b>	Altura de la cámara de biodigestión.
<b>Vtb</b>	Volumen de la mezcla.
<b>Lc.entrada</b>	Longitud de la caja de entrada
<b>Lc.salida</b>	Longitud de la caja de salida
<b>Lc.lodos</b>	Longitud de la caja de lodos
<b>L</b>	Lados.
<b>CH4</b>	Metano.
<b>CO2</b>	Dióxido de carbono.
<b>Π</b>	Π (Cociente entre la longitud de la circunferencia y su diámetro).
<b>%</b>	Porcentaje.
<b>C</b>	Carbono.
<b>N</b>	Nitrógeno.
<b>H2O</b>	Agua
<b>NH4+</b>	Ión amonio.
<b>NH3</b>	Amoniacó.
<b>K</b>	Potasio.
<b>Mg</b>	Magnesio.
<b>P</b>	Fósforo.
<b>Ca</b>	Calcio.
<b>Ø</b>	Diámetro.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**CANO, Sainoz.** *Caracterización física, química, bioquímica de bioles, sedimentos y estiércol*, Tlaxcala, México: Impresora: Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, 2012, pp. 56.

**GORDON ZULETA, Jorge & SAMANIGO MANCHAY, Jose Antonio.** *“Diseño y construcción de un biodigestor chino anaerobio a partir del estiércol vacuno en la finca “Los 5 hermanos” de la Parroquia El Dorado”*(Tesis) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba, Ecuador. 2014. pp. 10.

**LAGRANGE, Bernard.** *Biometano . Principios, técnicas , utilizacion .Vol.2. / Alternativas.Energías.* Londres-reino unido: Edwin Hernesto. pp. 249.

**NARVAEZ GUEVARA, Yolima& SALTOS PAZ, Alejandra.** *“Diseño, construcción y puesta en marcha de un biodigestor tipo piloto para la obtención de biogas y bioabono a partir de la mezcla de estiércol vacuno y suero de queso”* (tesis) (Ingeniero químico )[en línea] Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química, Guayaquil, Ecuador. 2007, pp. 22. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1611/1/997.pdf>

**RAMIREZ, Heriberto.** *Biblioteca ilustrada del campo.* Colombia : Ediciones Enlace Cultural Ltda., 2004, pp. 32-33.

**RAMIREZ, Heriberto.** *Biblioteca ilustrada del campo.* Colombia : Ediciones Enlace Cultural Ltda., 2004, pp. 106-107.

**RIVERA, Jairo.** *Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca.* Cali, Colombia. : Impresora Feriva S.A., 2007, pp. 18.

**RIVERA, Jairo.** *Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca.* Cali, Colombia. : Impresora Feriva S.A 2007, pp. 31.

**RIVERA, Jairo.** *Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca.* Cali, Colombia. : Impresora Feriva S.A., 2007., pp. 33.



**RIVERA, Jairo. 2007.***Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca.* Cali, Colombia. : Impresora Feriva S.A., 2007., pp. 55.

**RIVERA, Jairo.** *Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca.* Cali, Colombia. : Impresora Feriva S.A., 2007, pp. .25-28.

**RIVERA, Jairo.** *Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca.* Cali, Colombia. : Impresora Feriva S.A., 2007., pp..56.

**RIVERA, Jairo.** *Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca.* Cali, Colombia. : Impresora Feriva S.A., 2007, pp. 58.

**RIVERA, Jairo. 2007.***Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca.* Cali, Colombia. : Impresora Feriva S.A., 2007, pp. 59.

**SERRANO JIMÉNEZ, Pilar & RUANO CRIADO, Sebastián .***Guia práctica de la fertilización.* Madrid -España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009, pp. 20-21.

**SERRANO JIMÉNEZ, Pilar & RUANO CRIADO, Sebastián .***Guia práctica de la fertilización.* Madrid -España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009, pp. 22.

**PACA TELENCHANO, Fanny Indalicia.** “*Diseño de un biodigestor de “bolsa flexible” con desechos de ganadería, en la Comunidad ShobolLlinLlin, 2013*”.(Tesis) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba, Ecuador. 2013. pp. 44.

**VERMEHREN PARRA, Martín.** *Estimación del potencial de producción de biogás en la región de los Ríos y su evaluación económica a partir de residuos urbanos y agroindustriales.* [en línea] (Ingeniero Agrónomo) Universidad Austral de Chile, Facultad de ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía, Valdivia, Chile. 2013, pp. 98.

**ANEXOS.**

**AnexoA. HOJA DE CONTROL DE LA TEMPERATURA Y pH DEL PROTOTIPO  
RELACIÓN 1:1**

DÍA	FECHA	T. DENTRO DEL PROTOTIPO °C		TEMPERATURA AMBIENTE °C		pH
		14:00	19:00	14:00	19:00	1 Vez al día
1	07/06/2015	23	21	23	21	6,3
2	08/06/2015	22	20	21	23	6
3	09/06/2015	23	29	29	23	6
4	10/06/2015	24	21	20	21	5,5
5	11/06/2015	23	19	25	22	5
6	12/06/2015	22	23	21	20	5
7	13/06/2015	21	20	23	22	6,5
8	14/06/2015	23	20	24	20	6,5
9	15/06/2015	24	23	26	23	6,7
10	16/06/2015	25	23	28	22	6,8
11	17/06/2015	25	21	26	24	6,8
12	18/06/2015	26	25,8	23	21	6,8
13	19/06/2015	26	24	27	23	7
14	20/06/2015	26,2	26	26	23	7
15	21/06/2015	26	26	25	21	7,3
16	22/06/2015	26,5	26	25	22	7,3
17	23/06/2015	26,5	26,3	28	26	7,5
18	24/06/2015	26,7	26,3	24	22	7,5
19	25/06/2015	22	21	22	21	7,5
20	26/06/2015	26	25	28	26	7,5
21	27/06/2015	25	25	29	27	7,6
22	28/06/2015	26	25	28	24	7,7
23	29/06/2015	27	27	28	20	7,8
24	30/06/2015	27,3	27	24	21	7,8
25	01/07/2015	27,3	26	22	20	8
26	02/07/2015	26,8	26,8	24	21	8
27	03/07/2015	27,1	26,7	23	20	8
28	04/07/2015	27,8	27	28	24	8,1
29	05/07/2015	28	27,5	27	20	8,1
30	06/07/2015	28	27,5	23	21	8,2
<b>Total</b>		<b>757,2</b>	<b>731,9</b>	<b>750</b>	<b>664</b>	<b>211,8</b>
<b>Total/Tiempo de retención</b>		<b>25,24</b>	<b>24,4</b>	<b>25</b>	<b>22,13</b>	<b>7,06</b>
<b>Promedio diario (°C)</b>		<b>25</b>		<b>23,57</b>		

**ANEXOB.COTIZACIÓN DEL PROYECTO.**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Total</b>
Cemento (quintales)	30	\$ 8,45	\$ 253,50
Malla electro-soldada	1	\$ 50,95	\$ 50,95
Plancha H-TOOL acero inoxidable	3	\$ 165,70	\$ 497,10
Bloques (10cm)	150	\$ 0, 29	\$ 43,50
Tubo PVC (6in)	2	\$ 10,67	\$ 21,34
Tubo PVC (4in)	5	\$ 7,00	\$ 35,00
Válvula esférica de rosca	1	\$65,00	\$65,00
Triplex	2	\$ 14,83	\$ 29,66
Clavos de madera (2in x libras)	4	\$0,70	\$2,80
Alambre galvanizado (°N x libras)	2	\$0,85	\$1,70
Disco de corte de metal	1	\$2,60	\$2,60
Manómetro	1	\$26,35	\$26,35
Tablas de encofrado	25	\$ 4, 25	\$ 106, 25
Volquetada de lastre (2in)	1	\$ 100,00	\$ 100,00
Volquetada de arena lavada	1	\$ 150,00	\$ 150,00
Pega tubo	2	\$ 3,00	\$ 6,00
Manguera para gas de (1/2in)	10	\$ 1,50	\$ 15,00
Plástico de Polietileno	5	\$ 3,00	\$ 15,00
Llaves de paso	3	\$ 10,00	\$ 30,00
Abrazaderas	6	1, 25	\$7,50
Codos PVC (4 in)	4	\$ 3,00	\$ 12,00
Vailejos	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Carretilla	1	\$ 90,00	\$ 90,00
Vigas (9x6 cm) (4m)	2	\$ 25,00	\$ 50,00
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>\$ 1621,25</b>

**Tabla de Costo de los materiales del biodigestor chino.**

<b>Descripción</b>	<b>Costo/horas</b>
2 Albañiles	\$ 800,00
Soldador	\$ 450,00
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$ 1250,00</b>

**Tabla de Costo de mano de obra directa.**

<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Coca - Parroquia La Belleza.	\$ 40,00
Transporte de materiales	\$ 160,00
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$ 200,00</b>

**Tabla de Gastos logísticos (movilización).**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Total</b>
Libreta de apuntes	1	\$ 2,00	\$ 2,00
Lápiz, esferos	1	\$ 0,50	\$ 0,50
Cinta métrica	1	\$ 5,00	\$ 5,00
Termómetro	1	\$ 18,00	\$ 30,00
Cámara digital	1	\$ 250,00	\$ 250,00
Recipientes para el muestreo	8	\$ 3,00	\$ 24,00
Equipo de protección personal	1	\$ 20,00	\$ 20,00
GPS	1	\$ 120,00	\$ 120,00
Pala	1	\$ 20,00	\$ 20,00
Balde de 20 L	1	\$ 5,00	\$ 5,00
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>\$ 476.50</b>

**Tabla de Materiales de campo.**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Total</b>
Computador y Softwares (Autocad, Arcgis)	1	\$ 100,00	\$ 100,00
Impresora	1	\$ 375,00	\$ 375,00
Papel de impresión (Resmas)	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Anillados y empastados	3	\$ 10,00	\$ 30,00
Marcador permanente	1	\$ 2,00	\$ 2,00
Lápiz, esferos	1	\$ 0,50	\$ 0,50
Cuaderno	1	\$ 3,00	\$ 3,00
Calculadora	1	\$ 25,00	\$ 25,00
Comunicación (Recargas celular)	10	\$ 3,00	\$ 30,00
Internet	1	\$ 50,00	\$ 100,00
Flash memory	1	\$ 15,00	\$ 30,00
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>\$ 705,50</b>

**Tabla de Materiales de oficina.**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Total</b>
Potencial de hidrógeno	4	\$ 4,81	\$ 19, 24
Sólidos totales	4	\$ 4,81	\$ 19, 24
Materia orgánica	4	\$ 2,21	\$ 8,84
Carbono orgánico total	4	\$ 8,45	\$ 33,80
Nitrógeno total	4	\$ 10,01	\$ ,04
Humedad	4	\$ 2,60	\$ 10,40
Ceniza	4	\$ 4,00	\$ 16,00
Coliformes totales	4	\$ 20,00	\$ 80,00
Coliformes fecales	4	\$ 20,00	\$ 80,00
<b>Subtotal</b>			<b>\$ 299,76</b>
<b>IVA 12%</b>			<b>\$35,97</b>
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>\$ 335,73</b>

**Tabla de Análisis de laboratorio pre-tratamiento.**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Total</b>
Potencial de hidrógeno	1	\$ 4,81	\$ 4,81
Nitrógeno total	1	\$ 8,00	\$ 8,00
Materia orgánica	1	\$ 2,21	\$ 2,21
Potasio	1	\$ 8,45	\$ 33,80
Fósforo Total	1	\$ 15,00	\$ 15,00
Amonio	1	\$ 4,68	\$ 4,68
Sodio	1	\$ 12,35	\$ 12,35
		<b>Subtotal</b>	<b>\$ 47,05</b>
		<b>IVA 12%</b>	<b>\$ 5,65</b>
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>\$ 52,70</b>

**Tabla de Análisis de laboratorio (biol).**

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo total</b>
<b>1</b>	Materiales del biodigestor	\$ 1621,25
<b>2</b>	Mano de obra	\$ 1250,00
<b>3</b>	Gastos logísticos (Transporte)	\$ 200,00
<b>4</b>	Materiales de campo	\$ 476,00
<b>5</b>	Materiales de oficina	\$ 705,50
<b>6</b>	Análisis de laboratorio pre-tratamiento	\$ 335,73
<b>7</b>	Análisis de laboratorio (Biol)	\$ 52,70
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>\$ 4641,68</b>

**Tabla de Costo total del proyecto.**

**ANEXO C. ANALISIS DE LABORATORIO**



**INFORME DE ENSAYO N°: 3287**

**SR. JEFFERSON TORRES**  
Dirección: Coca

SAS: 16-028

Fecha y hora de ingreso al laboratorio:	2016/03/09 14:09	Fecha final de Análisis	2016/03/16	T máx: 32°C T mín: 22°C
Toma de muestra:	Sr. Jefferson Torres	Fecha y Hora	2016/03/09	10:40

Código de Muestra: m 0204  
Identificación: Muestra de Estiércol, (M1), Finca la Ervidia.

Coordenadas	
UTM 18M	X: 0272015 Y: 9927694

**Parámetros, métodos y resultados:**

Parámetros	Método de Ensayo	Referencia	Unidad	m 0204	Incertidumbre (K = 2)
*Potencial hidrógeno	ITE-AQLAB-01	SM 4500-H <sup>+</sup> B	-	5,83	-
*Materia Orgánica	ITE-AQLAB-58	Gravimétrico	%	7,94	-
*Nitrógeno Total	ITE-AQLAB-59	KJENDAHL, EPA 351.2	%	0,274	-
*Fosforo	ITE-AQLAB-51	HACH 8048	mg/Kg	1,27	-
*Potasio	ITE-AQLAB-60	SM 3030B, 3111B	mg/Kg	0,54	-
*Hierro	ITE-AQLAB-12	SM 3030B, 3111B	mg/Kg	1,81	-
*Magnesio	ITE-AQLAB-61	SM 3030B, 3111B	mg/Kg	0,51	-
*Sodio	ITE-AQLAB-56	SM 3030B, 3111B	mg/Kg	0,214	-



*[Handwritten Signature]*  
Ing. Nelson Sotomayor

ASISTENTE DE LA DIRECCION TÉCNICA

Francisco de Orellana, 16 de Marzo de 2016

Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.  
El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo. Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio  
Calle Juan Huncite y Fray Gregorio de Alumina, detrás de Concesionario Mazda. Barrio Con Hogar.  
e-mail: laboratorio@aqlabec.com • web: www.aqlabec.com

## INFORME DE ENSAYO N°: 3375

**SR. JEFFERSON TORRES**

Dirección: Coca

SAS: 16-031

Fecha y hora de ingreso al laboratorio:	2016/03/28 15:09	Fecha final de Análisis	2016/04/06	T máx: 32°C T mín: 23°C
Toma de muestra:	Sr. Jefferson Torres	Fecha y Hora	2016/03/28	11:40

Código de Muestra: m 0234

Identificación: Muestra de Estiércol, (M2), Finca la Envidia.

Coordenadas	
UTM 18M	X: 0272015 Y: 9927694

**Parámetros, métodos y resultados:**

Parámetros	Método de Ensayo	Referencia	Unidad	m 0234	Incertidumbre (K = 2)
*Potencial hidrógeno	ITE-AQLAB-01	SM 4500-H <sup>+</sup> B	--	6,25	--
*Materia Orgánica	ITE-AQLAB-58	Gravimétrico	%	5,86	--
*Nitrógeno Total	ITE-AQLAB-59	KJENDAHL, EPA 351.2	%	0,327	--
*Fosforo	ITE-AQLAB-51	HACH 8048	mg/Kg	0,81	--
*Potasio	ITE-AQLAB-60	SM 3030B, 3111B	mg/Kg	0,84	--
*Hierro	ITE-AQLAB-12	SM 3030B, 3111B	mg/Kg	0,87	--
*Magnesio	ITE-AQLAB-61	SM 3030B, 3111B	mg/Kg	0,28	--
*Sodio	ITE-AQLAB-56	SM 3030B, 3111B	mg/Kg	0,34	--



*(Firma)*  
Ing. Nelson Sanguinjo  
ASISTENTE DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA

Francisco de Orellana, 06 de Abril de 2016

Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.  
El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo. Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio  
Calle Juan Huncite y Fray Gregorio de Aluminia, detrás de Concesionario Mazda. Barrio Con Hogar.  
e-mail: laboratorio@aqlabec.com • web: www.aqlabec.com



**INFORME DE ENSAYO N°: 1289**  
Solicitud de Análisis y Servicios: 15 – 321

Francisco de Orellana, 25 de marzo de 2015

**SR. JEFFERSON TORRES**

Dirección: Coca

**1.- Datos generales:**

Responsable toma muestra..... Sr. Jefferson Torres  
 Fecha y hora de toma de muestra ..... 2015 03 16 14:40  
 Fecha y hora ingreso a AqLab..... 2015 03 16 15:15.  
 Fecha del análisis..... 2015 03 16 al 2015 03 25.  
 Condiciones Ambientales de Análisis. T. Max. 32,0°C T. Min. 23,0°C.  
 Código de AqLab..... Identificación de la muestra.  
 a 0456..... Muestra de Estiércol, (M1), Finca la Envidia.

**2.- Parámetros, resultados y métodos/ referencias:**

Ítem	Parámetros	Unidad	a 0456	ITE-AQLAB	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*Potencial hidrógeno	~	7,96	ITE-AQLAB-01	SM 4500-H <sup>+</sup> B	~
2	*Materia Orgánica	%	4,18	ITE-AQLAB-58	Gravimétrico	~
3	*Nitrógeno Total	%	0,528	ITE-AQLAB-59	KJENDAHL, EPA 351.2	~
4	*Fósforo	mg/L	0,43	ITE-AQLAB-51	HACH 8048	~
5	*Potasio	mg/L	1,05	ITE-AQLAB-60	SM 3030B, 3111B	~
6	*Hierro	mg/L	0,92	ITE-AQLAB-12	SM 3030B, 3111B	~
7	*Magnesio	mg/L	0,19	ITE-AQLAB-61	SM 3030B, 3111B	~
8	*Sodio	mg/L	0,40	ITE-AQLAB-56	SM 3030B, 3111B	~

**3. Responsable del Informe.**



*(Firma manuscrita)*  
Ing. Nelson Shiguango

ASISTENTE DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA

Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAI.  
 El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo. Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Calle Juan Tinajas, entre las calles Antonio Cordero y Fray Gregorio de Alzamora, Barrio Con el Lugar tras las oficinas de Muzak

[www.aqlabec.com](http://www.aqlabec.com) - [laboratorio@aqlabec.com](mailto:laboratorio@aqlabec.com)

**ANEXO D. RECOLECCIÓN Y PESAJE.**



## ANEXO E. CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR PROTOTIPO



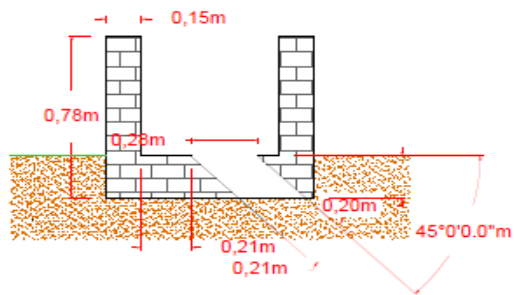
**ANEXO F. BIODIGESTOR PROTOTIPO Y TOMA DE MUESTRA.**



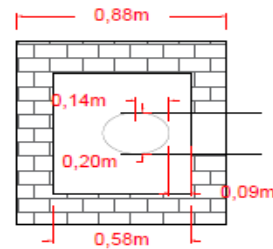
ANEXO G. PLANOS

## CAJA DE ENTRADA DEL BIODIGESTOR

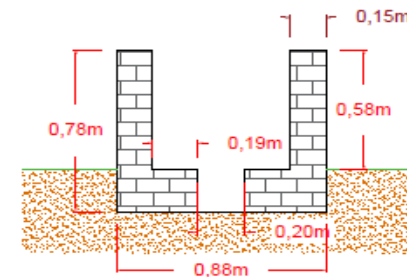
VISTA FRONTAL O TRANSVERSAL



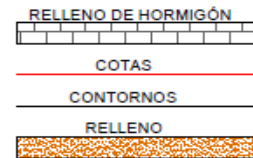
VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL



**LEYENDA**



DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA LA FINCA LA ENVIDIA



CONTENIDO: CAJA DE ENTRADA DEL BIODIGESTOR

ELABORADO POR: JEFFERSON TORRES

ESCALA: 1:25

FORMATO: A3

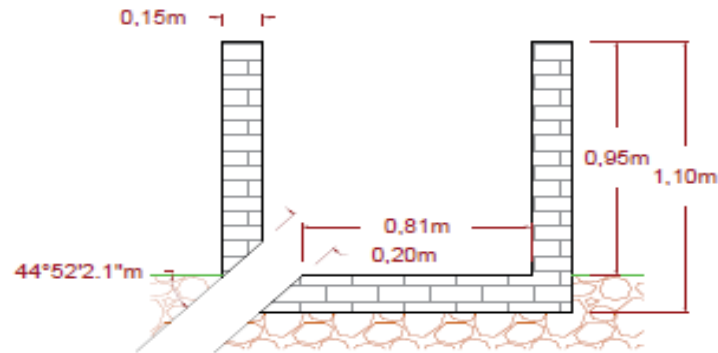
LÁMINA: #1

APROBADO POR: ING. FERNANDA RIVERA  
DRA. FABIO LA VILLA

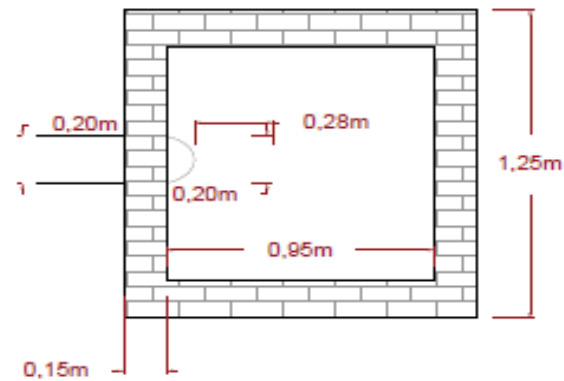
FECHA: 25/08/2015

# CAJA DE SALIDA DEL BIODIGESTOR

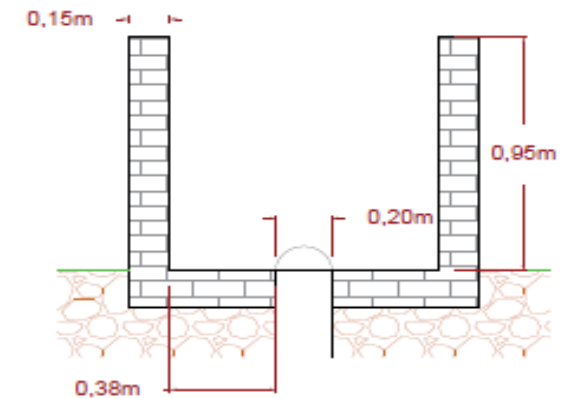
VISTA FRONTAL O TRANSVERSAL



VISTA SUPERIOR

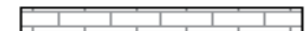


VISTA LATERAL

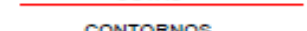


## LEYENDA

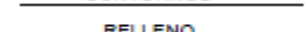
RELLENO DE CAJAS



COTAS



CONTORNOS



RELLENO



## DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA LA FINCA LA ENVIDIA



CONTENIDO: CAJA DE SALIDA DEL BIODIGESTOR

ELABORADO POR: JEFFERSON TORRES

ESCALA: 1:50

FORMATO: A3

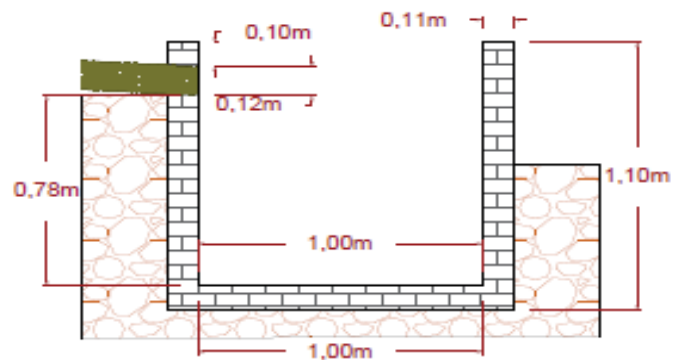
LÁMINA:  
#2

APROBADO POR: ING. FERNANDA RIVERA  
DRA. FABIOLA VILLA

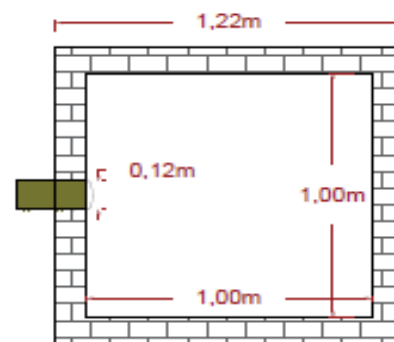
FECHA: 20/06/2015

# CAJA DE RECOLECCIÓN DE LODOS

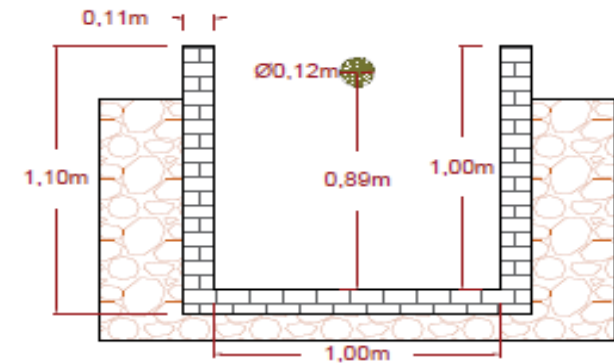
VISTA FRONTAL O TRANSVERSAL



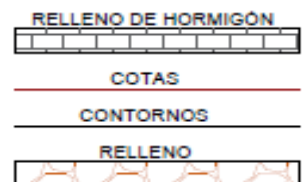
VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL



## LEYENDA



## DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA LA FINCA LA ENVIDIA



CONTENIDO: CAJA DE RECOLECCIÓN DE LODOS

ELABORADO POR: JEFFERSON TORRES

ESCALA: 1:50

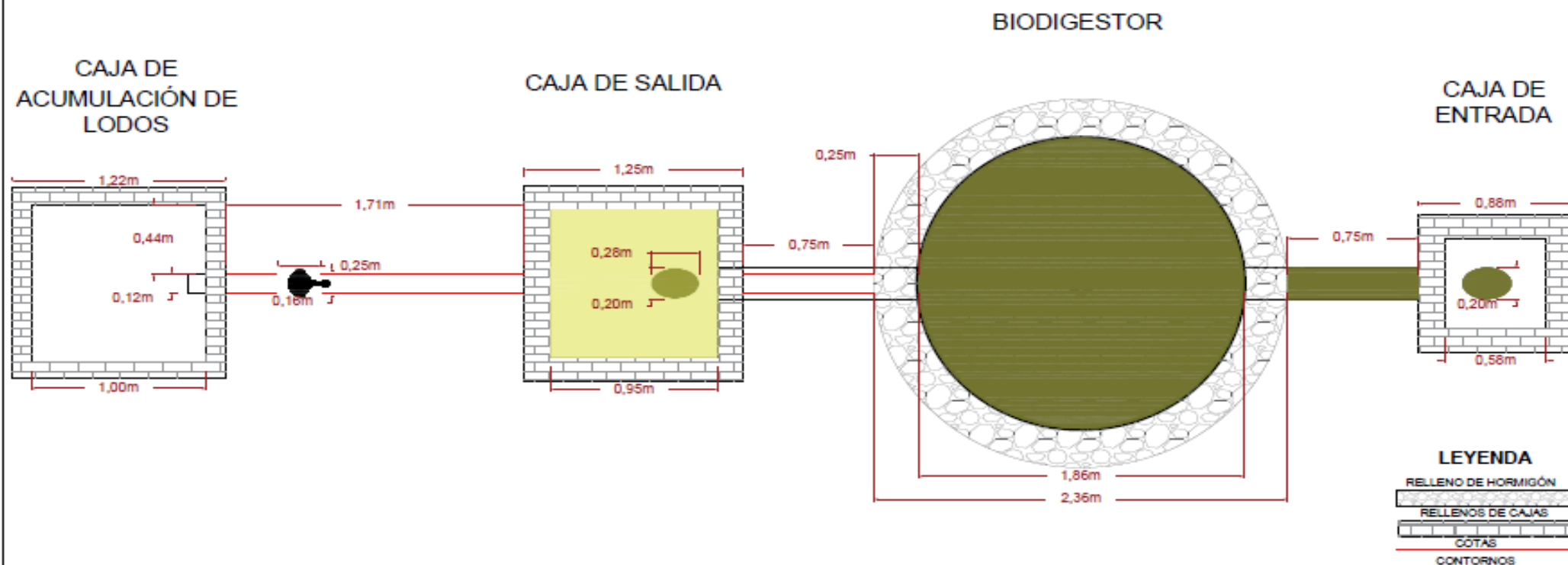
FORMATO: A3

APROBADO POR: ING. FERNANDA RIVERA  
DRA. FABIOLA VILLA

FECHA: 20/06/2015

LÁMINA:  
#0

# VISTA SUPERIOR DEL BIODIGESTOR



## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR



CONTENIDO: VISTA SUPERIOR DEL BIODIGESTOR

ELABORADO POR: JEFFERSON TORRES

ESCALA: 1:45

FORMATO: A3

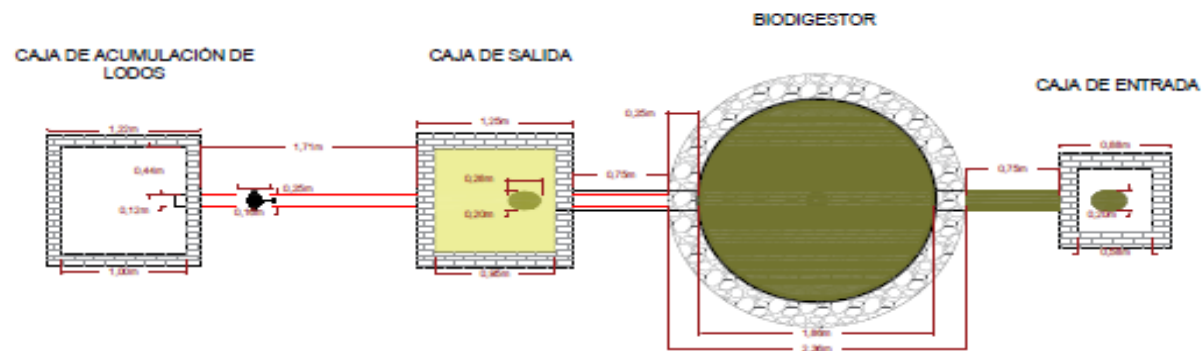
LÁMINA:  
84

REVISADO POR: ING. FERNANDA RIVERA  
DRA. PAOLA VILLA

FECHA: 20/06/2015



## VISTA SUPERIOR DEL BIODIGESTOR Y ESTABLO



ESTABLO

LEYENDA  
 RELLENO DE HORMIGÓN  
 RELLENO DE TIERRA  
 CIMENTACIÓN  
 CIMENTACIÓN

### DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR



ESPOCH

CONTENIDO: VISTA SUPERIOR DEL BIODIGESTOR Y ESTABLO

ELABORADO POR: JEFFERSON TORRES

ESCALA: 1:15

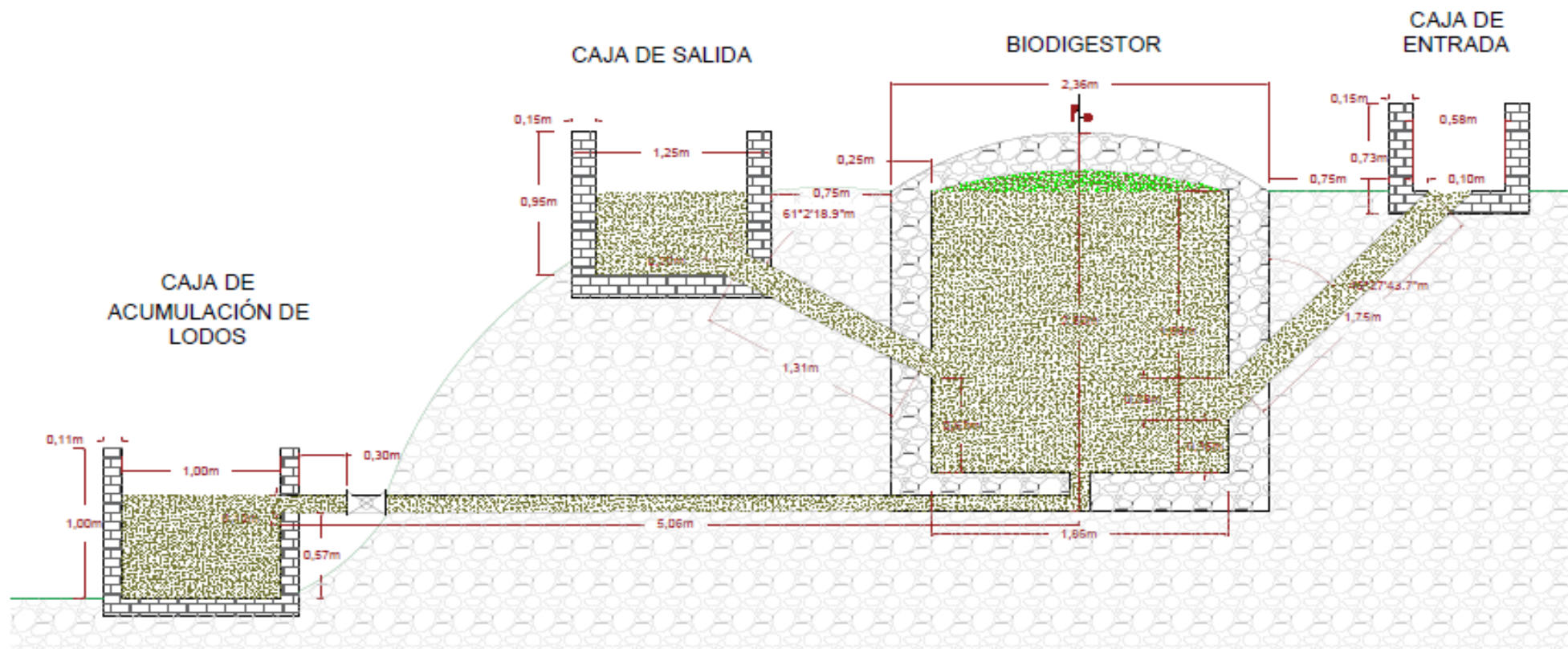
FORMATO: A3

LÁMINA:  
85

REVISADO POR: ING. FERNANDA RIVERA  
 DRA. PABLO VILLA

FECHA: 20/06/2015

# VISTA LATERAL DEL BIODIGESTOR



## LEYENDA

RELLENO DE HORMIGÓN
RELLENO DE CAJAS
MATERIA PRIMA
COTAS
CONTORNOS

## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR



CONTENIDO: VISTA LATERAL DEL BIODIGESTOR

ELABORADO POR: JEFFERSON TORRES

ESCALA: 1:40

FORMATO: A3

LÁMINA:  
#5

REVISADO POR: ING. FARMINEA RIVERA  
(DRA. FÁBOLA VILLA)

FECHA: 28/06/2015