



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**“DISEÑO DE UN BIODIGESTOR DE POLIETILENO PARA LA OBTENCIÓN DE  
BIOGÁS A PARTIR DEL ESTIÉRCOL DE GANADO EN EL RANCHO  
VERÓNICA.”**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR**

**EDWIN EYNER TOALA MOREIRA.**

**RIOBAMBA – ECUADOR  
2013**

## **AGRADECIMIENTO**

*El más grande y sincero agradecimiento al creador y dador de la vida, quien puso en mí un espíritu de fuerza y dedicación, que pese a los problemas y dificultades encontradas durante el camino, pude llegar a la meta, culminando una etapa más de mi vida.*

*Agradezco de todo corazón a mis padres que supieron brindarme su apoyo incondicional en cada momento, a mi abuela Delia que con sus consejos supo guiarme por la senda del buen camino.*

*De igual manera al Ing. Hanníbal Brito Director de Tesis, a la Dra. Magdy Echeverría Miembro del Tribunal, quienes brindaron su tiempo, conocimientos, y experiencias para el desarrollo y finalización de esta investigación.*

*Por último agradezco a mi querida novia Gabriela Vera y todas las personas que forman parte de mi vida, amigos y familiares, que de una u otra forma han puesto de su apoyo para la realización del presente trabajo.*

## **DEDICATORIA**

*Yo Edwin Eyner Toala Moreira dedico este trabajo a mi padre Jorge Odilon Toala, a su esposa María Karina Vera, a mi abuelita Delia Machoa, a mi novia, mis hermanos y familiares, que con su invaluable apoyo son el pilar fundamental de mi vida, ya que sin ustedes no habría sido posible la realización y culminación de este trabajo, brindándome todo el amor del mundo para salir adelante, en especial dedico en memoria a una gran persona que ya no está con nosotros, mi abuelo Jorge Toala, quien fue un ejemplo de lucha y perseverancia hasta el final, los amo con toda mi vida.*

*A mis amigos y compañeros que siempre estuvieron de una u otra manera apoyándome y dándome ánimos para seguir firme en este largo camino, pasando buenos y malos momentos junto a ustedes.*

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

El tribunal de tesis certifica que: el trabajo de investigación **“DISEÑO DE UN BIODIGESTOR DE POLIETILENO PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DEL ESTIÉRCOL DE GANADO EN EL RANCHO VERÓNICA”**, de responsabilidad del señor Edwin Eyner Toala Moreira ha sido prolijamente revisado por los miembros del tribunal de tesis, quedando autorizada su presentación

**FIRMA**

**FECHA**

Dr. Silvio Álvarez Luna

**DECANO FAC. CIENCIAS**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Lic. Wilvo Vázquez.

**DIRECTORA DE LA EXTENSIÓN**

**NORTE AMAZÓNICA**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ing. Hanníbal Brito

**DIRECTOR DE TESIS.**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Dra. Magdy Echeverría

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Tec. Carlos Rodríguez

**DIRECTOR CENTRO**

**DOCUMENTACIÓN**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**NOTA DE TESIS -----**

Yo, Edwin Eyrer Toala Moreira, 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

---

EDWIN EYNER TOALA MOREIRA

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS.

MAE:	Ministerio del Ambiente.
MAGAP:	El ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.
FAO:	Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
LABSU:	Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas.
GWP:	Potencial de Calentamiento Global.
msnm:	Metros sobre el nivel del mar.
CO <sub>T</sub> :	Carbono Orgánico Total (%).
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :	Fosforo disponible (mg/Kg).
K <sub>2</sub> O:	Potasio (mg/Kg).
N:	Nitrógeno (%).
Mn:	Manganeso (mg/Kg).
Zn:	Zinc (mg/Kg).
Cu:	Cobre (mg/Kg).
Fe:	Hierro (mg/Kg).
PH:	Potencial de hidrógeno.
ED:	Estiércol disponible (Kg).
P:	Peso (Kg).
TR:	Tiempo de retención (días).
CD:	Carga Diaria (Kg).
CE:	Cantidad de estiércol utilizable (Kg).
VD:	Volumen del digestor (L).
VL:	Volumen del liquido (L).

VG:	Volumen del gas (m <sup>3</sup> ).
TM:	Temperatura media (°C).
EF:	Estiércol Fresco (Kg).
ST:	Sólidos totales (%).
V:	Volumen (L).
R:	Radio (m).
H:	Altura (m).
$\rho$ :	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> ).
Vs:	Volumen del sustrato (L).
Cc:	Capacidad de la caneca.
E <sub>Tr</sub> :	Cantidad total de estiércol generado en el rancho (Kg).
E <sub>pV</sub> :	Cantidad promedio de estiércol generada por una vaca al día (Kg).
#V <sub>r</sub> :	Número de cabezas de ganado disponible en el rancho.
E <sub>Tc</sub> :	Cantidad total de estiércol generado en el corral en un día (Kg).
#V <sub>c</sub> :	Número de cabezas de ganado disponible en el corral.
V <sub>EF</sub> :	Volumen disponible de estiércol fresco (L)
V <sub>C10días</sub> :	Volumen de carga a los 10 días.
F <sub>S</sub> :	Factor de seguridad (%)
V <sub>C10días</sub> :	Volumen de carga a los 10 días.
%:	Porcentaje
m <sup>3</sup> :	Metros cúbicos
°C:	Grados centígrados
cm:	Centímetros
m:	Metros

Kg:	Kilogramos
L:	Litros
mg:	miligramos
col:	coliformes
Kcal:	Kilo calorías.
MW:	Mega Watts.
$\pi$ :	Valor de Pi.
mL:	Mili litros



# ÍNDICE GENERAL

## CONTENIDO

	<b>Pp.</b>
PORTADA	
AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
HOJA DE FIRMAS	
HOJA DE RESPONSABILIDAD	
INDICE DE ABREVIATURAS	
TABLA DE CONTENIDOS	
INDICE DE FIGURAS	
INDICE DE GRÁFICOS	
INDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
RESUMEN .....	<b>i</b>
SUMMARY .....	<b>ii</b>
INTRODUCCIÓN .....	<b>iii</b>
ANTECEDENTES .....	<b>v</b>
JUSTIFICACIÓN .....	<b>vii</b>
OBJETIVOS .....	<b>ix</b>
1 MARCO TEÓRICO .....	<b>1</b>
1.1 ESTIÉRCOL .....	<b>1</b>
1.1.1 Contaminación por el estiércol .....	<b>1</b>
1.1.2 Ventajas y desventajas del estiércol .....	<b>3</b>
1.1.3 Acción del estiércol en el suelo .....	<b>4</b>

	<b>Pp.</b>
1.1.4 Composición del estiércol. ....	5
1.1.5 Usos potenciales del estiércol. ....	6
1.1.6 Manejo del estiércol. ....	7
1.2 BIOGÁS. ....	7
1.2.1 Composición del biogás. ....	8
1.2.2 Digestión anaerobia. ....	9
1.2.3 Hidrólisis. ....	10
1.2.4 Acidogénesis. ....	10
1.2.5 Acetogénesis. ....	10
1.2.6 Metanogénesis. ....	10
1.2.7 Propiedades energéticas del biogás. ....	11
1.2.8 Usos del biogás. ....	12
1.2.9 Producción de biogás a nivel mundial. ....	13
1.3 BIODIGESTORES. ....	14
1.3.1 Partes fundamentales del biodigestor. ....	14
1.3.2 Funcionamiento del biodigestor. ....	16
1.3.3 Condiciones para la biodigestión. ....	17
1.3.4 Biomasa o sustrato a utilizar. ....	17
1.3.5 Características de un biodigestor para que opere en forma correcta. ....	19
1.3.6 Tipos de biodigestores. ....	19
1.3.7 Partes principales del biodigestor de polietileno. ....	23
1.3.8 Instalación. ....	24

	<b>Pp.</b>
1.3.9	Mantenimiento..... 25
1.3.10	Ventajas y desventajas de los biodigestores..... 25
1.4	DISEÑO..... 26
1.4.1	Estiércol disponible. .... 27
1.4.2	Temperatura y tiempo de retención (TR). .... 28
1.4.3	Carga diaria (CD). .... 28
1.4.4	Volumen del biodigestor. .... 29
1.5	MARCO LEGAL..... 31
2	PARTE EXPERIMENTAL..... 37
2.1	MUESTREO..... 38
2.2	METODOLOGÍA..... 39
2.2.1	Métodos y técnicas. .... 39
2.3	DATOS EXPERIMENTALES..... 41
2.3.1	Diagnostico..... 41
2.3.2	Datos..... 41
2.3.3	Datos adicionales..... 43
3	DISEÑO DEL BIODIGESTOR..... 45
3.1	CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR A ESCALA PILOTO. .... 45
3.1.1	Materiales. .... 45
3.1.2	Reactivos. .... 46
3.1.3	Montaje del biodigestor a escala piloto..... 46
3.1.4	Cantidad del sustrato. .... 49
3.2	CÁLCULOS DEL DISEÑO..... 53

	<b>Pp.</b>
3.2.1 Cálculo de la generación de estiércol diario del rancho. ....	<b>53</b>
3.2.2 Cálculo de la generación de estiércol diario del corral. ....	<b>53</b>
3.2.3 Volumen disponible de estiércol. ....	<b>54</b>
3.2.4 Volumen de biogás. ....	<b>55</b>
3.2.5 Volumen de sustrato. ....	<b>56</b>
3.2.6 Volumen de carga. ....	<b>57</b>
3.2.7 Dimensionamiento del tanque biodigestor. ....	<b>58</b>
3.2.8 Determinación de la eficiencia. ....	<b>59</b>
3.3 RESULTADOS. ....	<b>61</b>
3.4 PROPUESTA. ....	<b>63</b>
3.5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS. ....	<b>68</b>
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....	<b>70</b>
4.1 CONCLUSIONES. ....	<b>70</b>
4.2 RECOMENDACIONES. ....	<b>71</b>
BIBLIOGRAFÍA. ....	<b>72</b>
ANEXOS. ....	<b>77</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA.</b>	<b>Pp.</b>
1.2.2-1 Etapas de la digestión anaerobia. ....	9
1.2.7-1 Equivalencia de biogás con otras fuentes de energía. ....	11
1.3.4-1 Tipos de biomasa.....	18
3.1.3-1 Instalación de los accesorios. ....	46
3.1.3-2 Instalación de los accesorios. ....	47
3.1.3-3 Instalación de los accesorios. ....	47
3.1.3-4 Instalación de los accesorios. ....	48
3.1.4.1-1 Densidad del estiércol. ....	49

## INDICE DE TABLAS

<b>TABLAS</b>	<b>Pp.</b>
1.1.4-1 Composición media de estiércoles frescos de diferentes animales domésticos.....	5
1.1.4-2 Composición química de los principales estiércoles utilizados como abonos.....	6
1.2.1-1 Composición química del biogás.....	8
1.2.8-1 Tratamiento según el uso final del biogás.....	13
1.4.1-1 Producción de estiércol fresco diario.....	27
1.4.2-1 Tiempo de retención según la temperatura.....	28
2-1 Ubicación geográfica del rancho verónica.....	33
2.1-1 Estrategia de muestreo.....	34
2.2.1.1-1 Parámetros a analizar.....	34
2.2.1.2-1 Determinación de la humedad método gravimétrico.....	36
2.2.1.2-2 Determinación de carbono orgánico total.....	37
2.2.1.2-3 Determinación del nitrógeno total método Kjeldahl.....	38
2.2.1.2-4 Determinación de Sólidos Totales.....	39
2.2.1.2-5 Determinación del Cobre por el método Espectrofotometría de Absorción Atómica.....	40
2.2.1.2-7 Determinación de Hierro por el método Espectrofotometría de Absorción Atómica.....	41
2.2.1.2-7 Determinación de Manganeso por el método Espectrofotometría de Absorción Atómica.....	42

	<b>Pp.</b>
<b>2.2.1.2-8</b> Determinación de Cinc por el método Espectrofotometría de Absorción Atómica.....	<b>43</b>
<b>2.2.1.2-9</b> Determinación del contenido de materia orgánica.....	<b>44</b>
<b>2.2.1.2-10</b> Determinación de Coliformes Fecales.....	<b>45</b>
<b>2.2.1.2-11</b> Determinación de Coliformes Totales.....	<b>46</b>
<b>2.3.2-1</b> Caracterización del estiércol.....	<b>47</b>
<b>2.3.2-2</b> Generación diario de estiércol en el corral.....	<b>48</b>
<b>2.3.2-3</b> Generación de estiércol diario por vaca.....	<b>49</b>
<b>2.3.3-1</b> Condiciones climáticas en Francisco de Orellana.....	<b>49</b>
<b>2.3.3-2</b> Relaciones de biogás de estiércol de ganado vacuno.....	<b>50</b>
<b>2.3.3-3</b> Ta Relación estiércol - agua.....	<b>50</b>
<b>3.3-1</b> Caracterización del estiércol fresco del Rancho Verónica.....	<b>67</b>
<b>3.3-2</b> Resultados del Biodigestor a escala piloto.....	<b>67</b>
<b>3.3-3</b> Dimensionamiento del Biodigestor.....	<b>68</b>
<b>3.4-1</b> Estrategia de carga del sustrato.....	<b>70</b>
<b>3.4-2</b> Materiales y accesorios para los biodigestores.....	<b>73</b>

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>GRÁFICOS</b>	<b>Pp.</b>
<b>1.3.1.3-1</b> Partes fundamentales de un biodigestor.....	<b>15</b>
<b>3.1.6.4-1</b> Biodigestor Chino.....	<b>21</b>
<b>1.3.6.5-1</b> Biodigestor Hindú.....	<b>22</b>
<b>1.3.6.6-1</b> Biodigestor horizontal.....	<b>23</b>
<b>2-1</b> Ubicación del Rancho Verónica.....	<b>33</b>
<b>3.1.3-1</b> Biodigestor a escala piloto.....	<b>54</b>
<b>3.4-1</b> Biodigestor de 5000L.....	<b>69</b>
<b>3.4-2</b> Diseño de escalera y soporte metálico para facilitar el llenado del sustrato.....	<b>71</b>
<b>3.4-3</b> Tanque plastigama 500 L para mezcla del sustrato.....	<b>72</b>
<b>3.4-4</b> Llenado del sustrato con el canal desmontable.....	<b>72</b>



## INDICE DE ANEXOS

	<b>Pp.</b>
<b>ANEXO I</b> Manual De Operación Del Sistema De Biodigestores.....	77
<b>ANEXO II</b> Resultados de los análisis del estiércol fresco. ....	80
<b>ANEXO III</b> Resultados de los análisis del estiércol fresco. ....	81
<b>ANEXO IV</b> Tanques cilíndricos Plastigama. ....	82
<b>ANEXO V</b> Tanque rectangular plastigama. ....	83
<b>ANEXO VI</b> Rancho Verónica. ....	84
<b>ANEXO VII</b> Cuantificación del estiércol del rancho. ....	85
<b>ANEXO VIII</b> Cuantificación del estiércol en el corral. ....	86
<b>ANEXO IX</b> Muestreo del Estiércol .....	87
<b>ANEXO X</b> Determinación de la densidad del estiércol.....	88
<b>ANEXO XI</b> Biodigestor a escala piloto.....	89
<b>ANEXO XII</b> Generacion de Biogás .....	90
<b>ANEXO XIII</b> Generacion de Biofertilizante.....	91
<b>ANEXO XIV</b> Diseño del biodigestor a escala piloto .....	92
<b>ANEXO XV</b> Dimensionamiento del tanque Biodigestor .....	93
<b>ANEXO XVI</b> Vista frontal del sistema de biodigestores .....	94
<b>ANEXO XVII</b> Vista lateral del Biodigestor.....	95

ANEXO XVIII Vista frontal del biodigestor .....	96
ANEXO XIX Vista superior del sistema de biodigestores .....	97
ANEXO XX Diseño estructural para el llenado del sustrato .....	98
ANEXO XXI Vista lateral del llenado del sustrato.....	99
ANEXO XXII Tanque de mezcla del sustrato .....	100

## RESUMEN

La presente investigación consiste en realizar el diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho Verónica, ubicado en la parroquia Nuevo Paraíso de la provincia de Orellana.

El dimensionamiento del equipo se realiza a través de la construcción de un biodigestor a escala piloto utilizando el método cuantitativo para determinar los componentes principales del diseño, los materiales utilizados para el prototipo son: caneca plástica de 60 litros, tubería Pvc de ½ pulgada, manguera de conducción de gas, llave de paso y accesorios de acuerdo al requerimiento de las conexiones, sus características principales son la cámara de biodigestión donde se deposita el material orgánico, tubería de conducción de gas y una válvula de presión artesanal.

El diseño utiliza un factor de seguridad del 5%, tiempo de retención de 40 días, obteniendo un resultado 4849 litros de capacidad, 1,54m de altura y 2m de diámetro, estas dimensiones se ajustan a tanques existentes en el mercado, el diseño se compone de 4 tanques plastigama de 5000 litros, constan de una línea de conducción de biogás, tuberías de drenaje y válvulas de escape de presión, y un tanque de almacenamiento de biofertilizante.

Se concluye que el tiempo de retención estimado para la producción de biogás y biofertilizante de acuerdo al prototipo realizado es de 40 días, con lo que se garantiza la funcionalidad del diseño y la generación de los productos de la digestión anaerobia para el rancho Verónica.

Se recomienda al propietario del rancho la aplicación de este proyecto como una alternativa viable para manejo adecuado de los residuos orgánicos y la protección del ambiente, evitando la acumulación excesiva de estiércol.

## SUMMARY

This research consists in designing a polyethylene biodigester for obtaining biogas from livestock manure on the Verónica ranch, located in the Nuevo Paraiso parish of the province of Orellana.

The sizing of the equipment is done through the construction of a pilot-scale biodigester by using the quantitative method to determine the main components of the design, the used materials for the prototype are: plastic trash can of 60 liter, Pvc plumbing of 1/2 inches, gas conduction hose, stopcock and accessories according to the requirement of the connections, its main features are the biodigestion chamber where the organic material is deposited, gas conduction pipe and one artisanal pressure valve.

The design uses a safety factor Of 5%, retention time of 40 days, by obtaining a result 4.849 liters of capacity, 1,54m of height and 2m of diameter, these dimensions conform to existing tanks on the market, the design consists in 4 Plastigama tanks of 5000 liters, theses ones have a biogas pipeline, drainage pipes and exhaust valves Pressure, and a storage tank of biofertilizer.

We conclude that the estimated retention time for the production of biogas and biofertilizer according to the made prototype is 40 days, which ensures the functionality of the design and generation products of anaerobic digestion for the Verónica ranch.

We recommend to the owner of the ranch the application of this project as a feasible alternative for proper management of organic waste and the protection of the environment by avoiding excessive accumulation of manure.

## INTRODUCCIÓN

Las fuentes de energías desarrolladas por el hombre, que al cabo del paso del tiempo resultaron nocivas, insuficientes, caras, peligrosas, y las diversas formas de contaminación, han llevado al estudio e investigación de nuevas maneras de contrarrestar el incremento del deterioro del ambiente, basadas en la mejor utilización de los recursos naturales. Precisamente una de estas alternativas es aprovechar la digestión anaerobia o biodigestión de los desechos orgánicos a través de los biodigestores, que en el sector ganadero se aprovecha como materia prima el estiércol para la producción de biogás y biofertilizantes, minimizando la acumulación de la materia orgánica depositados en los suelos.

En la Provincia de Orellana, la ganadería es una de las principales actividades del sector rural, las familias dedicadas a esta forma de vida, tienen problemas con la acumulación del estiércol en las fincas y ranchos, repercutiendo directamente al ambiente y generando la proliferación de vectores que afectan al ganado y a la salud propia de las personas, este problema radica en no saber darle una disposición final o tratamiento al estiércol que se genera en grandes cantidades.

Para el Rancho Verónica se evidencia esta realidad, es por ello que se aplica la tecnología de los biodigestores, realizando el diseño ingenieril para el aprovechamiento del estiércol de ganado vacuno, que a través de la digestión anaerobia y en condiciones óptimas de pH, temperatura, tiempos de retenciones, logran la estabilización completa del material orgánico, descomponiéndolo en compuestos asimilables para el ambiente, y dando solución al problema de acumulación de estiércol en la zona.

Para el diseño se efectúa la caracterización de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del estiércol, la cuantificación del material orgánico en todo el rancho, la cantidad utilizable para el dimensionamiento de los parámetros geométricos, los cálculos del

volumen del sustrato, volumen total y los componentes que llevara el biodigestor, validando este diseño a través de un prototipo a escala piloto para producción de biogás y fertilizante orgánico.

El biogás resultante será almacenado y empleado como combustible en las cocinas a través de un sistema de conducción de gas, el biofertilizante se utilizará en los cultivos propios del rancho para ayudar en el rendimiento de las cosechas, y a su vez puede ser vendido como un fertilizante natural a los campesinos cercanos a la zona.

## ANTECEDENTES

La producción de biogás por descomposición anaeróbica es un modo considerado útil para tratar residuos biodegradables, ya que produce un combustible de valor, además de generar un efluente que puede aplicarse como acondicionador del suelo o como biofertilizante.

La generación de estos productos, se lo realiza mediante el uso de un biodigestor, el cual es un recipiente cerrado herméticamente, donde se produce la degradación del material orgánico en ausencia de oxígeno, utilizando relaciones de materia prima-agua para formar el sustrato o biomasa, con tiempos de retenciones, de manera que produce gas metano y fertilizantes orgánicos.

“Las primeras menciones sobre biogás y los biodigestores se remontan al año 1600 identificados por varios científicos como un gas proveniente de la descomposición de la materia orgánica. En el año 1890 se construye el primer biodigestor a escala real en la India y ya en 1896 en Exeter, Inglaterra, el alumbrado público era producido por el gas recolectado de los digestores que fermentaban los lodos cloacales de la ciudad”.<sup>1</sup>

“Los últimos 20 años han sido fructíferos en cuanto a descubrimientos sobre el funcionamiento del proceso microbiológico y bioquímico, debido al estudio de los microorganismos en los laboratorios, que permitió conocer cómo actúan en condiciones anaeróbicas (ausencia de oxígeno).

El avance de esta técnica ha permitido que importantes ciudades del mundo, como es el caso de Santiago de Chile en América Latina, incluyan un importante porcentaje de gas procedente de esta fuente en la red de distribución urbana de gas natural”<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Hibert, Jorge A. Instituto De Ingeniería Rural

<sup>2</sup> LIMPIAR EL MUNDO.

De esta manera la implementación de biodigestores en el sector ganadero, contribuye a un adecuado manejo y disposición final de los residuos orgánicos provenientes de esta actividad, obteniendo varios beneficios ambientales, en la salud, y en lo económico.

“En la provincia de Orellana esta tecnología está siendo adoptada de manera muy significativa, a través de la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, en el Cantón Joya de los Sachas se realizó un sistema para la obtención de biol, utilizando como materia prima residuos sólidos orgánicos de origen urbano”.<sup>3</sup>

Existen varios estudios realizados en la aplicación de esta nueva ciencia, así también el diseño de un biorreactor para producción de biogás, utilizando las excretas de ganado vacuno en la estación Tunshi-ESPOCH, estas investigaciones ayudan a dar un mejor manejo y disposición final a los residuos orgánicos, minimizando los impactos ambientales, obteniendo así nuevas fuentes de energía”.<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> PONTON D, Diseño De Un Sistema Para La Obtención De Biol Mediante Los Residuos Sólidos Orgánicos Generados En El Cantón Joya De Los Sachas. 2010.

<sup>4</sup> Edwin, L. y María, H. 2011.



## JUSTIFICACIÓN

Es evidente que las decisiones de los seres humanos en lo que es el hábitat se ve afectado notoriamente. Cada día se ve como el clima presenta cambios drásticos y la necesidad de tomar acciones al respecto de manera responsable con la naturaleza.

La práctica de las actividades ganaderas es responsable de una buena parte del deterioro del ambiente, es así que debido a las múltiples acciones que se efectúan en el sector agropecuario en el país, se resalta el incremento de la contaminación de los recursos suelo y agua, debido a la gran cantidad de desechos orgánicos que se producen en este sector, el cual constituye un factor de riesgo para los recursos naturales.

En la Región Amazónica principalmente la población campesina crean potreros, y destruyen los bosques para dedicarse a la ganadería. La Amazonía Ecuatoriana produce principalmente ganado de carne, estas práctica están afectando la calidad del paisaje típico de la región por el aumento de estas actividades.

En la provincia de Orellana resalta una importante producción ganadera, con reses reservadas especialmente para el consumo de carne, práctica que empieza a tener mayor acogida por los campesinos de la localidad, teniendo como resultado el aumento de los impactos ambientales generados por los desechos orgánicos resultantes de la ganadería que afectan al recurso suelo y agua del cantón.

El Ministerio del Ambiente MAE, El ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca MAGAP, junto al Gobierno Autónomo Provincial de Orellana, son los entes reguladores en la prevención, control y sanción a las actividades contaminantes, como también la verificación del cumplimiento de las normas de calidad ambiental referentes al aire, agua, suelo, ruido, desechos y agentes contaminantes, es así que regulan las actividades

del sector ganadero de la provincia, como son las descargas de efluentes, manejo de los residuos orgánicos ganaderos, etc.

En este sentido se buscan nuevas alternativas para el manejo de los residuos sólidos orgánicos, principalmente de aquellos que se generan por la ejecución de actividades ganaderas, con el fin de aprovecharlas como fuentes de energía renovable que ayuden a minimizar los impactos ambientales.

Este es el caso de la producción de biogás y fertilizantes orgánicos, además de ser un tema de suma importancia para el avance biotecnológico, contribuye en gran parte al manejo de los residuos sólidos orgánicos, ya que los recursos necesarios para la obtención de materia prima son fácilmente obtenidos, por tanto la producción de biogás se hace factible a un bajo costo y así poder satisfacer la demanda de energía.

Las excretas del ganado (estiércol) son considerados como contaminantes ambientales que aportan con el calentamiento global, es por ello que éste proyecto va encaminado a la realización de un diseño de biodigestor para el aprovechamiento del estiércol de ganado y desechos orgánicos como materia prima para la producción de biogás y biol en el Rancho Verónica.

Esta investigación cuenta con el apoyo económico del gerente propietario del Rancho, el Ing. Gerardo Barragán, el mismo que se encuentra comprometido a brindar el apoyo necesario para llevar a cabo este proyecto para beneficio de su propiedad y solventar de manera significativa con los gastos requeridos para la investigación.

## **OBJETIVOS.**

### **GENERAL.**

Realizar el diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el Rancho Verónica en el año 2013.

### **ESPECÍFICOS.**

- Caracterizar los parámetros físicos, químicos, y bacteriológicos del estiércol de ganado.
- Cuantificar el estiércol de ganado para la obtención de la cantidad diaria de sustrato que deba ingresar al biodigestor.
- Efectuar el cálculo y diseño básico de los componentes principales para el biodigestor.
- Determinar la eficiencia con la que trabajará el biodigestor.

# CAPÍTULO I

## 1 MARCO TEÓRICO.

### 1.1 ESTIÉRCOL.

Es una mezcla de materia fecal y alimento rechazado, procedente del tracto digestivo de los animales, contienen residuos no digeridos de alimentos, y factores digestivos como enzimas, jugos gástricos, pancreáticos y células muertas de la mucosa intestinal, bacterias vivas y muertas del colon y productos del desecho del metabolismo.<sup>5</sup>

El estiércol es el excremento de animales de ganadería, el cual se compone de una mezcla de material orgánico digerido y orina, que es utilizada para fertilizar el suelo.<sup>6</sup>

La aplicación del estiércol en el suelo permite el aporte de nutrientes, incrementa la retención de la humedad, y mejora la actividad biológica, con lo cual se incrementa la fertilidad del suelo y por ende su productividad.

#### 1.1.1 CONTAMINACIÓN POR EL ESTIÉRCOL.

El sector ganadero es uno de los principales responsables del efecto invernadero en el mundo y resulta más nocivo que el sector del transporte, según la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

---

<sup>5</sup> Durán, F., Manual de cultivos orgánicos y alelopatía, 2004.

<sup>6</sup> Limpiar El Mundo. S/A. Residuos Sólidos.

El sector ganadero genera más gases de efecto invernadero, los cuales al ser medidos en su equivalente en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) son más altos que los del sector del transporte.

La ganadería no sólo amenaza al medio ambiente sino que también es una de las principales causas de la degradación del suelo y de los recursos hídricos.

"El sector ganadero es responsable del 9 por ciento del CO<sub>2</sub> procedente de la actividades humanas, pero produce un porcentaje mucho más elevado de los gases de efecto invernadero más perjudiciales.

Genera el 65% del óxido nitroso de origen humano, que tiene 296 veces el Potencial de Calentamiento Global (GWP, por sus siglas en inglés) del CO<sub>2</sub>. La mayor parte de este gas procede del estiércol, señalan los expertos.

El sector ganadero es el medio de subsistencia para 1.300 millones de personas en el mundo y supone el 40% de la producción agrícola mundial.”<sup>7</sup>

Para muchos campesinos pobres en los países en desarrollo, el ganado es también una fuente de energía como fuerza de tiro y una fuente esencial de fertilizante orgánico para las cosecha.

Durante mucho tiempo el estiércol se utilizó como abono natural para fertilizar el suelo, proporcionándole nutrientes, por lo que se pudo aplicar a la mayoría de suelos de cultivos, a través del proceso de compostaje para ayudar a la fertilización del mismo.

---

<sup>7</sup> Contaminación las vacas son peores que los autos, 2006.

## **1.1.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ESTIÉRCOL.<sup>8</sup>**

### **1.1.2.1 Desventajas del estiércol**

- La principal desventaja es que existe gran acumulación del excremento por la intensiva actividad ganadera en las zonas rurales y su inadecuada disposición final, lo que produce impactos al ambiente, como la proliferación de enfermedades que afectan al ganado y las personas dedicadas a estas actividades.
- El estiércol puede contener gran contenido de antibióticos, pesticidas, etc. lo cual generaría una bioacumulación en la zona, ocasionando un problema para el uso de la fertilización del suelo.
- Existe desequilibrio del compost, o compost de mala calidad al no mezclar estiércoles con gran contenido de macronutrientes, con otros materiales de menor contenido.
- Si se desea utilizar el estiércol como abonos orgánicos, los ganaderos necesitan tener conocimientos, como también de maquinaria para realizar los volteos del material y producir un compost de gran calidad.

### **1.1.2.2 Ventajas del estiércol**

- En la agricultura y ganadería, la buena utilización y disposición del estiércol a través del compostaje, ayudaría a resolver ciertos problemas en ambas actividades agropecuarias. Como la poca fertilidad de los suelos y la acumulación excesiva del excremento.

---

<sup>8</sup>DURÁN F, Manual de cultivos orgánicos y aleopatía, 2004.

- Un adecuado proceso de fermentación o compostaje del estiércol, produciría un material asimilable para las plantas de cultivos y suelos fértiles. Lo que generaría buenas ventajas para el sector agropecuario.
- El estiércol compostado produce más cantidad de humus, aumentando la actividad microbiana, que al aplicar directamente el estiércol sin tratar al suelo.
- La utilización del estiércol como abonos orgánicos naturales, benefician grandemente a los agricultores, minimizando la aplicación de fertilizantes químicos.

### **1.1.3 ACCIÓN DEL ESTIÉRCOL EN EL SUELO.**

Tiene una acción benéfica, esencialmente proveyendo nutrientes, y mejorando las propiedades del suelo, aumentando considerablemente el contenido y la calidad de la materia orgánica.

Una buena calidad del estiércol, está en relación a la especie animal, la alimentación generada por los ganaderos, y la zona donde se los cría, esto eleva su composición entre un 30 y 80% de los tenores orgánicos, aplicando de forma constante y en reiteradas ocasiones, el estiércol puede elevar el contenido de humus en el suelo, aumentando la actividad microbiana.

El estercolado actúa positivamente sobre la condición física de los suelos, se han logrado importantes disminuciones de la densidad aparente, aumento de los espacios intersticiales del suelo, la macro porosidad y mejoras en la capacidad de retención de agua, mediante la incorporación de varios tipos de estiércol al suelo.

El estiércol produce un resultado propicio en la condición orgánica del suelo, debido a la gran actividad microbiana que posee. Éstas producen transformaciones químicas en el suelo

y el estiércol, haciendo que muchos elementos no aprovechables por las plantas puedan ser asimilados, aumentando la actividad y población de especies de la fauna edáfica.

Los estiércoles son considerados como fertilizantes orgánicos naturales, pues muchas campesinos optan por los fertilizantes químicos industriales, pues demuestran mayor eficacia en un corto tiempo al ser empleados en los cultivos y los suelos, lo que no se puede mencionar lo mismo del fertilizante natural, pues estos demuestran buenos resultados a largo plazo, manteniendo el suelo agrícola apto para el cultivo.

#### 1.1.4 COMPOSICIÓN DEL ESTIÉRCOL.

El estiércol no es un abono de composición fija. Esta depende de la edad de los animales de que se procede, de la especie, de la alimentación a que están sometidas, trabajo que realizan, aptitud, naturaleza y composición de camas, etc. Un animal joven consume mayor cantidad de nitrógeno y fósforo que un animal viejo; las deyecciones que de aquel proceden contienen, pues, menor cantidad de esos elementos. Los animales viejos habiendo cesado de crecer, asimilan los alimentos únicamente las cantidades necesarias para cubrir las pérdidas y dan estiércoles más ricos en elementos fertilizantes.

Las diversas especies animales producen excremento de composición química diferente. Resulta que los orines del ganado abundan en nitrógeno (N) y, sobre todo en potasa (K), y en cambio apenas contienen ácido fosfórico, que se encuentra todo en las deyecciones sólidas.

**TABLA 1.1.4-1  
COMPOSICIÓN MEDIA DE ESTIÉRCOLES FRESCOS DE DIFERENTES ANIMALES  
DOMÉSTICOS (% MATERIA SECA).**

Nutriente	Vacunos	Porcinos	Caprinos	Conejos	Gallinas
Materia orgánica (%)	48,9	45,3	52,8	63,9	54,1
Nitrógeno total (%)	1,27	1,36	1,55	1,94	2,38
Fósforo asimilable (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %)	0,81	1,98	2,92	1,82	3,86
Potasio (K <sub>2</sub> O, %)	0,84	0,66	0,74	0,95	1,39
Calcio (CaO, %)	2,03	2,72	3,2	2,36	3,63
Magnesio (MgO, %)	0,51	0,65	0,57	0,45	0,77

FUENTE: ASO., BUSTOS. 1991.



En la composición del estiércol influye también la composición de las raciones alimentarias. Cuantas más ricas son estas en un determinado elemento, mayor es la cantidad que de ese elemento se encuentra en los excrementos. Las camas que se juntan con el estiércol, también influyen según su composición y cantidad, de aquel.

Evaluando la cantidad de fertilizante de los diferentes excrementos podemos establecer el siguiente orden.

- Estiércol ovino.
- Gallinaza.
- Estiércol equino.
- Estiércol bovino.
- Estiércol porcino.

**TABLA 1.1.4-2  
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE PRINCIPALES ESTIÉRCOLES UTILIZADOS COMO ABONOS (%)**

FUENTE	TIPO	SUSTANCIA ORGÁNICA	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Bovino	Líquida	5	1.0	0.1	1.6
Bovino	Sólida	18	0.4	0.2	0.1
Bovino	Mixta	10	0.6	0.2	0.1
Equino	Líquida	7	1.2	0.1	1.6
Equino	Sólida	23	0.5	0.3	0.3
Ovino	Líquida	8	1.6	0.1	2.3
Ovino	Sólida	30	0.6		0.3
Porcino	Líquida	2	0.3	0.4	0.9
Porcino	Sólida	16	0.6		0.3
Gallinaza	Sólida	25	1.4	0.1	2.1

FUENTE: DURÁN, F., 2004.

### 1.1.5 USOS POTENCIALES DEL ESTIÉRCOL.

El potencial uso del estiércol durante varias generaciones agropecuarias, ha sido la elaboración del compost, esta práctica permite obtener un producto libre de gérmenes

patógenos, contrarrestando malos olores, y produciendo sustancias húmicas similares a las del suelo, facilitando la fertilización de los cultivos.

El estiércol no solamente puede ser utilizado para la elaboración de compost, sino también para la producción de biogás y fertilizantes líquidos, sometiéndolo a una degradación en condiciones anaerobias, el biogás producido tiene un alto contenido de metano altamente inflamable, la cual con instalaciones adecuadas, se puede producir energía eléctrica y a su vez ser utilizado en la cocina doméstica.

Además se está probando la elaboración de raciones alimentarias para el ganado vacuno, debido a la significativa cantidad de proteínas que poseen. Por lo cual es primordial efectuar un acondicionamiento o tratamiento previo de las excretas para lograr con el objetivo.<sup>9</sup>

#### **1.1.6 MANEJO DEL ESTIÉRCOL.**

Previo a su utilización, el estiércol debe someterse a un proceso de fermentación para que los nutrientes que contiene en forma no asimilable, se tornen en asimilables para las plantas, y se origine el compuestos húmicos, que desempeñan función esencial en el suelo utilizado para cultivos.

La fermentación del estiércol debe ser lenta, para dar tiempo al amoníaco que se forma pueda ser absorbido y, al mismo tiempo, para evitar consumo excesivo de materia orgánica, como sucede cuando la fermentación es rápida.

### **1.2 BIOGÁS.**

Es una mezcla de gases cuyos principales componentes son el metano y el bióxido de carbono, el cual se produce como resultado de la fermentación de la materia orgánica en

---

<sup>9</sup>LÓPEZ P, ANTONIO C, Valorización Del Estiércol.

ausencia de aire por la acción de un grupo de microorganismos que interactúan con otros factores.<sup>10</sup>

El biogás es la fase gaseosa; mezcla de metano, bióxido de carbono, nitrógeno, gas sulfuroso y vapor de agua. El contenido de gases combustibles lo hacen muy útil como recurso energético en una granja.

El metano es un combustible inodoro, incoloro, cuya combustión produce una llama azul y productos no contaminantes, es el principal contribuyente del gas natural, ya que más del 90% de este combustible es metano.

### 1.2.1 COMPOSICIÓN DEL BIOGÁS.

Esta puede variar de acuerdo con el tipo de material orgánico utilizado en la carga del biodigestor y con el tiempo que se utilice en el proceso de biodigestión.

La proporción de los componentes del biogás es la siguiente:

**TABLA 1.2.1-1  
COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL BIOGÁS**

COMPONENTES	FORMULA QUÍMICA	PORCENTAJE
Metano	CH <sub>4</sub>	60-70
Bióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	30-40
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	Hasta 1.0
Sulfuro de hidrógeno		Hasta 1.0
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	0.5-3
Monóxido de carbono	CO	0.1
Oxígeno	O <sub>2</sub>	0.1
Ácido Sulfhídrico	H <sub>2</sub> S	0.1

FUENTE: Albarracín, D., 1995.

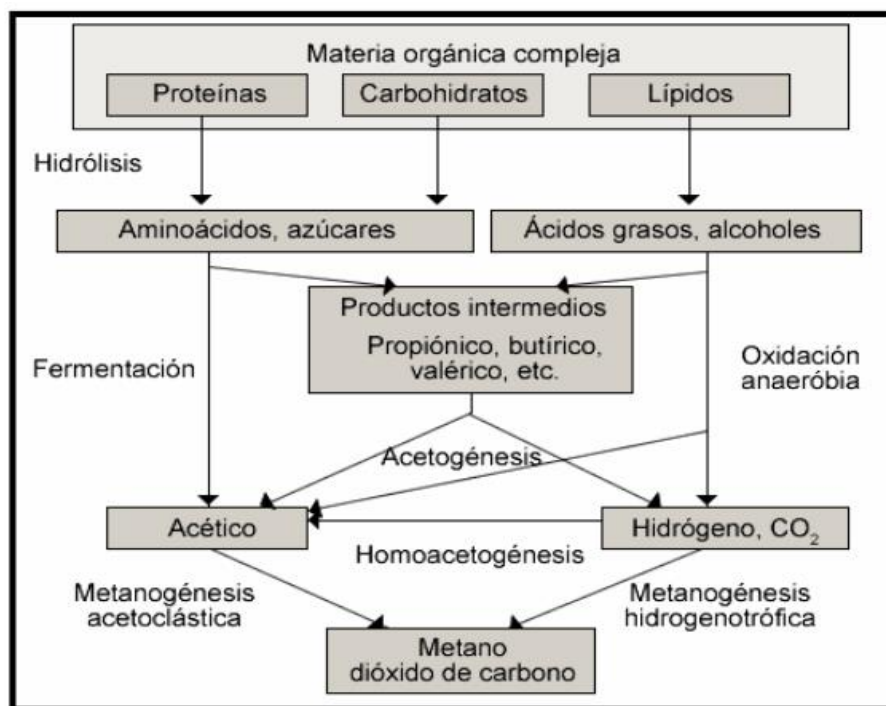
<sup>10</sup> ALBARRACÍN, D., Biblioteca del campo granja integral autosuficiente, 1995.

## 1.2.2 DIGESTIÓN ANAEROBIA.<sup>11</sup>

La digestión anaeróbica es la degradación biológica u oxidación del material orgánico, donde interviene microorganismos específicos en ausencia de aire (oxígeno molecular).

En este proceso el material a degradar se transforma en dos productos utilizables, el uno en un producto estable e inerte llamado biol y el otro en biogás con un alto contenido de metano, ambos productos de este proceso poseen cualidades energéticas.

La degradación anaerobia interactúan diferentes grupos microbianos, haciendo un proceso complejo, pero de manera coordinada y secuencial para la degradación de la materia orgánica.



FUENTE: GARCÍA, K., 2009.

Fig. 1.2.2-1 Etapas de la digestión anaerobia.

<sup>11</sup>GARCÍA K, Codigestión Anaeróbica De Estiércol Y Lodos De Depuradora Para Producción De Biogás, 2009.

### **1.2.3 HIDRÓLISIS.**

Esta es la etapa donde las proteínas, carbohidratos y grasas son transformados en compuestos solubles por acción de bacterias proteolíticas, celulíticas y lipolíticas, respectivamente. Esta etapa es fundamental para suministrar los compuestos orgánicos necesarios para la estabilización anaeróbica en forma que pueden ser utilizados por las bacterias responsables de las dos etapas siguientes.

### **1.2.4 ACIDOGÉNESIS.**

Los compuestos solubles resultados de la primera etapa, son transformados por acción bacterial en ácidos orgánicos simples volátiles, acetatos, amoniacos, hidrógeno y bióxido de carbono. Esta etapa la pueden llevar a cabo bacterias anaeróbicas o facultativas.

### **1.2.5 ACETOGÉNESIS.**

En esta etapa las bacterias acetogénicas interactúan con las Archaeas metanogénicas colaborando entre si, a fin de transformar los ácidos grasos resultantes en los sustratos propios de la metanogénesis.

### **1.2.6 METANOGÉNESIS.**

Finalmente mediante la acción de las bacterias metanogénicas, el hidrogeno y parte de los acetatos, son transformados en metano y bióxido de carbono. El amoniaco se estabiliza en forma de sales de amonio, permaneciendo en esta forma todo el contenido original de nitrógeno de la materia orgánica, que está sometido al proceso de biodegradación anaeróbica. El metabolismo de estas bacterias es más lento, y son más sensibles a distintas condiciones ambientales.

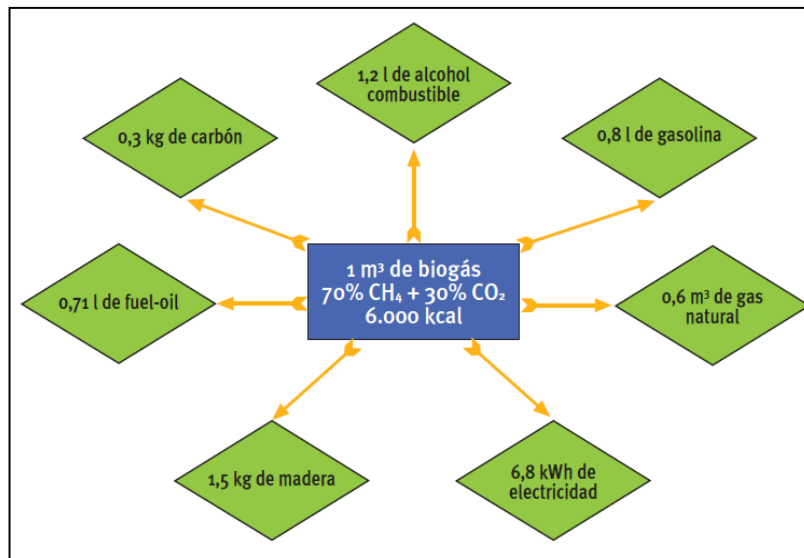
### 1.2.7 PROPIEDADES ENERGÉTICAS DEL BIOGÁS.

Las propiedades del biogás se deben a la presencia del gas metano como combustible principal y del hidrogeno en proporción al contenido de los mismos.

“La combustión es muy limpia dando como productos finales bióxido de carbono y agua que no son contaminantes; por esta razón se dice que el biogás es un combustible ecológico.

El poder calorífico del biogás está comprendido entre 4.500 y 6.000 kilocalorías/m<sup>3</sup> dependiendo de su composición”.<sup>12</sup>

El biogás tiene un poder calorífico algo mayor que la mitad del poder calorífico del gas natural. Un biogás con un contenido en metano del 60% tiene un poder calorífico de unas 5.500 kcal/Nm<sup>3</sup>. Es decir, salvo por el contenido en H<sub>2</sub>S, es un combustible ideal, con unas equivalencias que se muestran en la figura siguiente.<sup>13</sup>



FUENTE: BESEL, S., 2007.

Fig. 1.2.7-1 Equivalencia de biogás con otras fuentes de energía.

<sup>12</sup> ALBARRACÍN D, Biblioteca del campo granja integral autosuficiente, 1995.

<sup>13</sup> BESEL S, Biomasa Digestores anaerobios, 2007.

### 1.2.8 USOS DEL BIOGÁS<sup>14</sup>

El biogás producido en procesos de digestión anaerobia puede tener diferentes usos:

- ❖ En una caldera para generación de calor o electricidad.
- ❖ En motores o turbinas para generar electricidad.
- ❖ En pilas de combustible, previa realización de una limpieza de H<sub>2</sub>S y otros contaminantes de las membranas.
- ❖ Purificarlo y añadir los aditivos necesarios para introducirlo en una red de transporte de gas natural.
- ❖ Uso como material base para la síntesis de productos de elevado valor añadido como es el metanol o el gas natural licuado.
- ❖ Combustible de automoción.

El biogás, además de metano tiene otra serie de compuestos que se comportan como impurezas: agua, sulfuro de hidrógeno, monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles como hidrocarburos halogenados, entre otros. Por tanto, es necesaria la limpieza del combustible, dependiendo del uso final. Una aplicación tipo de la digestión anaerobia es en las granjas de ganado bovino y porcino de gran tamaño o como planta comarcal de gestión de residuos en zonas de alta concentración de ganado estabulado, por el gran problema que generan los purines. En este caso se puede proponer y proyectar una planta de digestión anaerobia de producción de biogás como auto abastecimiento energético según las necesidades.<sup>15</sup>

---

<sup>14</sup> BESEL S., Biomasa Digestores anaerobios, 2007.

<sup>15</sup> BIOMASA, Digestores anaerobios.

**TABLA 1.2.8-1  
TRATAMIENTO SEGÚN EL USO FINAL DEL BIOGÁS.**

Uso final	Eliminación del agua	Eliminación del CO <sub>2</sub>	Eliminación del H <sub>2</sub> S
Producción térmica en caldera	1	0	0-1-2
Producción de electricidad en motores estacionarios	1 ó 2	0-1-2	1 ó 2
Combustible de vehículos o para turbinas	2	2	2
Gas natural para calefacción	2	2	2
Pilas de combustible	2	2	2

(0=No Tratamiento, 1=Tratamiento Parcial, 2=Tratamiento Elevado).

FUENTE: BESEL S. 2007.

### 1.2.9 PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A NIVEL MUNDIAL.

El digester anaeróbico tiene sus raíces desde los 1770 cuando el científico italiano Alessandro Volta recolectó muestras de gas de pantano e investigó sobre sus propiedades combustibles.<sup>16</sup>

A partir de esto la tecnología de los biodigestores fue usada en algunas parte del mundo, por ejemplo, Alemania montó su primera planta anaeróbica en 1906, y para 1997 tenía por encima de 400 plantas industriales; para el 2010 se espera una capacidad instalada de 5.300 a 6.300 MW.<sup>17</sup>

Dinamarca tiene cerca de 20 plantas centralizadas de biogás debido a una política impulsada por el gobierno. España espera tratar los 83,5 millones de toneladas de desecho anuales y convertirlos en 8000 millones de m<sup>3</sup> de biogás/año, gracias al empuje del Ministerio de Ciencia e Innovación.

Grandes promotores de dicha tecnología lo son también Suiza y Suecia. En China se estima que más de 20 millones de personas utilizan como fuente de energía renovable el Biogás. El uso potencial de esta tecnología se debe a que es un proceso tecnológico simple de usar,

<sup>16</sup> SEADI T., RUTZ D., KÖTTNER H., VOLK T., JANSSEN R., Biogás Basic, 2008.

<sup>17</sup> PRODUCTION DE BIOGAS. 2003.



con bajos requerimientos, utilizado para convertir materia orgánica en un vasto rango de tipos en metano.<sup>8</sup>

Teniendo un sinnúmero de ventajas que favorecen al ambiente, como son la reducción malos olores, patógenos y en algunos casos, gases de efecto invernadero. Finalmente la tecnología no afecta el contenido de nutrientes, lo que convierte el efluente en un excelente fertilizante para suelos.<sup>18</sup>

Un detalle clave para sacar el máximo provecho a la tecnología de digestores anaeróbicos en fincas agropecuarias, es un adecuado dimensionamiento del biodigestor. Cada biodigestor debería ser dimensionado acorde a las características de cada finca, indiferente de su tamaño; la tecnología es apta para granjas de cualquier tamaño.

### **1.3 BIODIGESTORES.**

Un biodigestor es un contenedor cerrado, hermético e impermeable, dentro del cual se coloca el material orgánico, en relaciones de estiércol-agua, y tiempos de retenciones para la degradación anaerobia, generando gas metano y fertilizantes, disminuyendo el potencial contaminante de los excrementos. Puede ser construido con diversos materiales como ladrillo, cemento, metal, plásticos, etc.<sup>19</sup>

#### **1.3.1 PARTES FUNDAMENTALES DEL BIODIGESTOR.**

##### **1.3.1.1 Entrada de mezcla desperdicios/agua.**

Es un depósito cuadrado o cilíndrico donde se recibe el material orgánico, en el cual se realiza la mezcla con agua, para obtener un sustrato óptimo para la fermentación.

---

<sup>18</sup>WILKIE A., Anaerobic digestión, 2005.

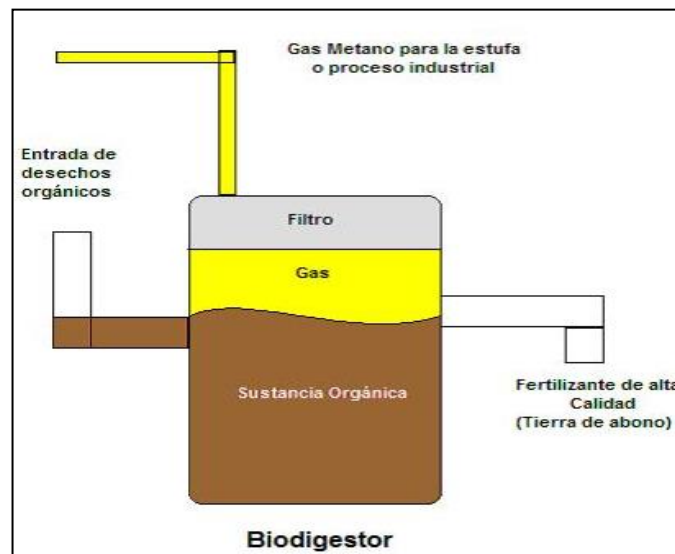
<sup>19</sup> Biodigestor, 2011.

### 1.3.1.2 Cámara de fermentación.

Es el lugar donde se produce la degradación del material orgánico en ausencia de oxígeno en tiempos prolongados de fermentación, generando biogás y biol.

### 1.3.1.3 Depósito de salida:

Es aquel depósito donde se recoge el fertilizante producido de manera momentánea.



FUENTE: Q-CHO., 2011.

**Graf. 1.3.1.3-1 Partes fundamentales de un biodigestor.**

Como resultado de esta transformación del material orgánico, se generan productos con un alto grado de concentración de nutrientes que pueden ser empleados de forma inmediata, ya que el tratamiento anaerobio elimina los malos olores y la proliferación de vectores.

Una de las características más importantes de la biodigestión es que disminuye el potencial contaminante de los excrementos de origen animal y humano, disminuyendo la DQO y la DBO hasta en un 90%.

El biodigestor puede ser empleado por familias campesinas, ya que se puede utilizar materiales de bajos precios, es fácil de construir, además se aprovecha el estiércol como materia prima, minimizando la contaminación ambiental y ayudando a resolver problemas energéticos de las familias campesinas de las zonas rurales.

### **1.3.2 FUNCIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR.**

“Para obtener biogás y fertilizante de buena calidad, dependerá principalmente de la relación estiércol-agua, condiciones de temperatura y pH, el biodigestor tendrá buen rendimiento dependiendo de la biomasa escogida, y el tiempo de retención necesarios para completar cada una de las etapas de la digestión anaerobia.

Se puede utilizar excrementos de ganado porcino, bobino, caprino, humanos y animales, como también restos vegetales, etc. que son fácilmente degradados en el biodigestor.

Debemos tomar en cuenta no incluir en la mezcla del sustrato huesos, grasas, tierra, piedras, maderas verdes; ramas, troncos, aserrín, viruta. Ya que resisten el ataque de los microorganismos, impidiendo la degradación total del sustrato”.<sup>20</sup>

El biodigestor debe estar en constante monitoreo, procurando que no tengas fugas, o a su vez esté lleno de presión, lo cual correría riesgo de explotar.

---

<sup>20</sup> FUNCIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR, 2005.

### **1.3.3 CONDICIONES PARA LA BIODIGESTIÓN.**

Las condiciones para la obtención de metano en el digestor son las siguientes:

- ✓ Un factor primordial es la temperatura, pues de ella depende que los microorganismos se encuentren activos y trabajando, debemos simular las condiciones óptimas para minimizar los tiempos de retención del sustrato. La temperatura ideal para la biodigestión es de 30° a 35°C aproximadamente.
- ✓ Un pH neutro.
- ✓ Herméticamente sellado, lo que facilita el trabajo de los microorganismos en un ambiente anaerobio y óptimo.
- ✓ Un nivel de humedad alto.
- ✓ El sustrato se encuentre bien mezclado y no tenga tamaños grandes que dificulten la degradación.
- ✓ Equilibrio de carbono/ nitrógeno.<sup>21</sup>

### **1.3.4 BIOMASA O SUSTRATO A UTILIZAR.**

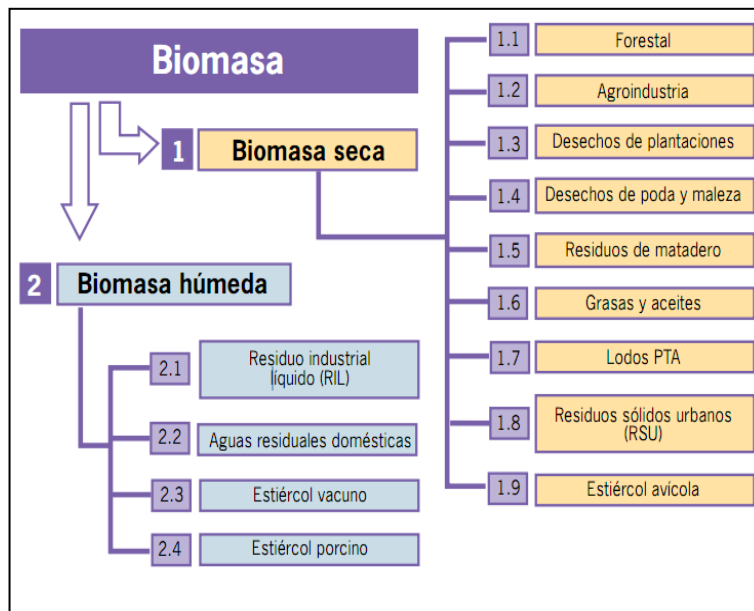
En general cualquier sustrato puede ser utilizado como biomasa en cuanto contengan carbohidratos, proteínas, grasas, celulosa y hemicelulosa como componentes principales.

Para seleccionar la biomasa se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

---

<sup>21</sup>BIOMASA. Digestores anaerobios.

- ❖ El contenido de sustancias orgánicas debe ser el apropiado para el tipo de fermentación elegido.
- ❖ El valor nutricional de la sustancia orgánica se relaciona directamente con el potencial de formación de biogás, por ende se busca que sea lo más alto posible.
- ❖ El substrato debe estar libre de agentes patógenos que puedan inhibir el proceso de fermentación.
- ❖ El contenido de sustancias perjudiciales o tóxicas debe ser controlado para permitir una tranquila evolución de la fermentación.
- ❖ Es importante que el resultado final del substrato (después de haber aprovechado la fermentación para generar biogás) sea un desecho utilizable como por ejemplo fertilizante.



Fuente: BIOMASA. Digestores anaerobios.

Fig. 1.3.4-1 Tipos de biomasa.

### **1.3.5 CARACTERÍSTICAS DE UN BIODIGESTOR PARA QUE OPERE EN FORMA CORRECTA.**

- ❖ Evitar la entrada de aire, cerrándolo herméticamente y así evitar también fugas del Biogás producido.
- ❖ Evitar cambios bruscos de temperaturas aislándolos térmicamente.
- ❖ Deberá contener una válvula de control del biogás generado.
- ❖ Deberá contar con medios para efectuar la carga y la descarga del sistema.
- ❖ Que tengan acceso para limpiar la cámara de biodigestión, como también un mantenimiento adecuado.
- ❖ Se deberá contar con un medio de romper las natas que se forman.

### **1.3.6 TIPOS DE BIODIGESTORES.**

Los biodigestores se pueden clasificar de diversas formas, pero la importancia radica en la frecuencia de cargado, ya que esta determina la cantidad de sustrato o biomasa que entrará en el proceso de digestión anaerobia. Es así que tenemos la siguiente clasificación.

#### **1.3.6.1 Biodigestores discontinuos**

Son aquellos biodigestores que una vez realizado carga del sustrato, ya no se puede meter o sacar el material hasta que finalice el proceso de biodigestión, es decir hasta cuando ya no se genere más biogás, el cual se vaciará y volverá a cargar nuevamente con el sustrato para iniciar con el proceso.

Este tipo de digestores anaerobios permiten mayor carga de materiales poco diluidos, por lo que no usa mayor cantidad de agua que los sistemas continuo. Teniendo como ventaja que no afecta significativamente la presencia de material pesado como tierra o arena.<sup>22</sup>

#### **1.3.6.2 Biodigestores Semi-continuos.**

Son aquellos en el cual se cargan diariamente una porción pequeña de sustrato en relación a la contenido total, en estos biodigestores se mantiene el volumen constante de sustrato en el interior.

Una limitante importante es la disponibilidad para el contenido de agua, debido a que el sustrato que ingresará al proceso de biodigestión debe componerse de una relación 1:4, es decir una parte del material orgánico y cuatro partes de agua <sup>13</sup>

#### **1.3.6.3 Biodigestores de mezcla completa**

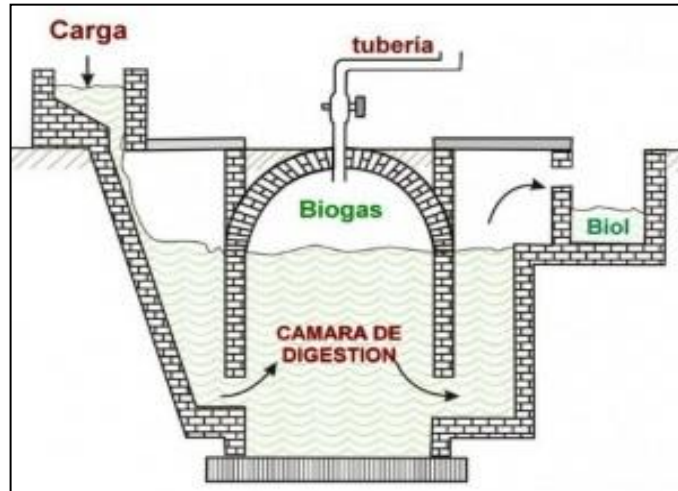
Es conocido también como biodigestores continuos, se compone una con una entrada continua del sustrato y una salida continua del producto, este tipo de biodigestores no se completa al 100% el proceso, por lo que no garantizar la eliminación total de agentes causantes patógenos, por lo que es necesaria la recirculación del efluente.

#### **1.3.6.4 Modelo Chino.**

Originario de la China, es una estructura cerrada que posee una cámara de carga y una cámara de descarga, puede ser construida de cemento, concreto o ladrillo. Tienen larga durabilidad, y es bien resistente al ambiente. Unas de las desventajas de estos biodigestores, es el alto costo de construcción.

---

<sup>22</sup>ENERGÍA CASERA, Tecnologías Para Generar Tu Propia Energía, 2009



FUENTE: PONTÓN D., 2010.

**Graf. 3.1.6.4-1 Biodigestor Chino.**

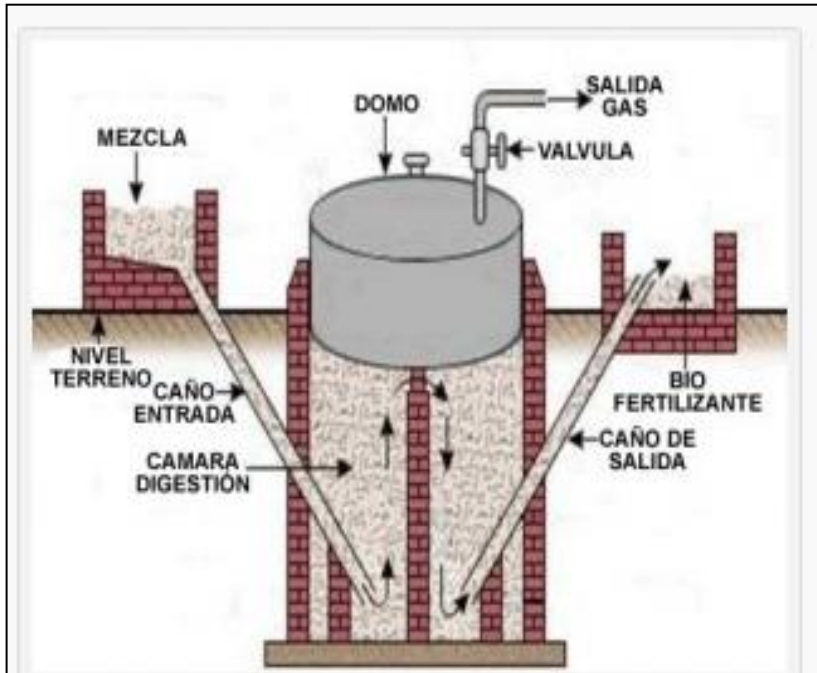
La parte superior es hemisférica al igual que el fondo, la parte interior está sellada con cemento para hacerlo firme, el digestor almacena solo un pequeño volumen del gas generado en el interior, por lo que se necesita de un sistema de almacenamiento de gas exterior.<sup>23</sup>

### 1.3.6.5 Modelo Hindú.

Originario de la India, es llamado también biodigestor de domo flotante o de campana, el cual se caracteriza por flotar en encima del sustrato debido al contenido de biogás en su interior. Esta campana tiene la habilidad de subir y bajar dependiendo a la cantidad de biogás que se genera en el interior de la estructura, la campana o el domo puede ser de un material resistente a la corrosión y requiere de una guía central o rieles laterales que eviten el contacto con las paredes interiores.

<sup>23</sup> PONTÓN, D., Diseño De Un Sistema Para La Obtención De Biol Mediante Los Residuos Sólidos Orgánicos Generados En El Cantón Joya De Los Sachas, 2010.





FUENTE: PONTÓN D., 2010

**Graf. 1.3.6.5-1 Biodigestor Hindú.**

Este tipo de biodigestores no necesita un recipiente externo para almacenar el gas generado, además mantiene a una presión relativamente constante al interior de la campana lo que es muy ventajoso.

### **1.3.6.6 Modelo Horizontal.**

Se caracterizan por tener la cámara de digestión alargada, donde el material orgánico recorre a lo largo del biodigestor produciéndose la degradación anaerobia, en cuyos extremos se sitúan la cámara de carga y la cámara de descarga del sistema.

El modelo horizontal antes descrito, ayuda a que el la carga inicial no se mezcle con el efluente, haciéndolo útil en el aprovechamiento de residuos que requieran un tratamiento prolongado.



FUENTE: BIODIGESTORES ECONÓMICOS, 2009

**Graf. 1.3.6.6-1 Biodigestor horizontal.**

Estos modelos horizontales son conocidos como biodigestores familiares de bajo costo, donde las familias campesinas que no tienen suficientes recursos optan por la construcción de este modelo, son fáciles de implementar utilizando plásticos tubulares de polietileno.<sup>24</sup>

### **1.3.7 PARTES PRINCIPALES DEL BIODIGESTOR DE POLIETILENO.**

#### **1.3.7.1 Tubo de admisión.**

Es el tubo por donde ingresa el sustrato a la cámara de digestión, este debe ser de 20 o 30 centímetros de diámetro, debe sumergirse a 15 centímetros en el sustrato para evitar fugas del gas que se genere.

#### **1.3.7.2 Fermentador y bolsa de almacenamiento.**

Este es el principal componente del biodigestor, la bolsa de almacenamiento está en la parte superior del biodigestor. El tamaño del fermentador depende de la cantidad de desechos a

---

<sup>24</sup> BIODIGESTORES ECONÓMICOS, Tipos de biodigestores, 2009.

fermentar por  $0.3\text{m}^3$ , pero este no debe ser muy grande, si la cantidad de desechos a tratar es significativamente grande, se pueden conectar cámaras múltiples por medio de tuberías, lo cual incrementaría su eficiencia, su limitante es que ocuparía un área superficial extensa y costosa.<sup>25</sup>

#### **1.3.7.3 Tubo del afluente.**

Este tubo debe estar sumergido a 15 centímetros al igual que el tubo admisión cumple la misma función para evitar el escape del gas, debe tener un diámetro de 4 a 6 pulgadas.

#### **1.3.7.4 Tubo de metano.**

Este tubo sirve para la conducción del biogás generado en la parte superior de la bolsa, tiene una salida que está sumergida en agua para drenar la humedad condensada.

#### **1.3.7.5 Dispositivo de seguridad.**

Es una válvula de presión artesanal, el cual evita excesos de presión en el biodigestor, de tal manera que impide que se generen rupturas en el sistema.

### **1.3.8 INSTALACIÓN.**

Se realiza una zanja en el suelo, de modo que ingrese el biodigestor de manera adecuada, esto ayudara a mantener una temperatura ideal al biodigestor, luego se a instala el tubo de admisión del material orgánico y el tubo de salida afluentes en las esquinas. Se coloca el tubo de conducción de biogás y la válvula de escape de presión en la parte superior, se llena el sustrato y se pone en marcha la degradación.

---

<sup>25</sup> Una alternativa a la autosuficiencia energética y de Biofertilizantes, 2011.

### **1.3.9 MANTENIMIENTO.**

Por ser material plástico se debe tener mucho cuidado en el manejo para evitar rupturas, además pueden ser fácilmente reparadas usando adhesivos fuertes y con el mismo material, el biodigestor tiene una durabilidad aproximadamente de 5 años con un correcto uso.

### **1.3.10 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS BIODIGESTORES.<sup>26</sup>**

#### **1.3.10.1 Ventajas.**

- ❖ Ayuda a controlar la excesiva acumulación de estiércol en las zonas ganaderas.
- ❖ Ayuda a satisfacer la demanda de alumbrado, gas para cocinar, producción de energía eléctrica, etc.
- ❖ Generación de fertilizantes naturales ricos en nutrientes, para cultivos de los campesinos.
- ❖ Ayudan a controlar y minimizar la contaminación ambiental, sin aportar al calentamiento global.
- ❖ La disminución de olores del estiércol en los ranchos.
- ❖ Controla la proliferación de vectores que generan los excrementos y que causan enfermedades en el ganado.

---

<sup>26</sup> DIANA G, JORGE R, ROBINSON G, Y LUIS R, Experiencia Biodigestores tecnología limpia para mitigar el cambio climático, 2010,

### **1.3.10.2 Desventajas.**

- ❖ Debe evitarse cambios bruscos de temperatura, manteniéndola constante y cercana a los 35 °C.
- ❖ Se puede generar ácido sulfhídrico, lo que resulta corrosivo para el biodigestor.
- ❖ Si no se tiene un monitoreo constante de la presión interior, puede explotar o generar fugas de gas.
- ❖ El tiempo de durabilidad depende del tipo de biodigestor a construir.

## **1.4 DISEÑO.**

El diseño de los biodigestores debe responder tanto al lugar como el grado de aplicación y a la finalidad de la tecnología aplicada. Conociendo la región, la localidad, y el lugar donde se va a estar ubicada la planta, y en función al material de carga que se dispone y que se va a tratar, o de acuerdo a las necesidades de producción, se seleccionará el sistema de digestión más adecuado.

Esta tecnología puede ser elaborada dependiendo a los requerimientos del lugar, por lo cual se establecen algunos criterios:

- Necesidad de combustible.
- Necesidades medioambientales.
- Generación de fertilizante natural.
- Estiércol disponible.

### 1.4.1 ESTIÉRCOL DISPONIBLE.<sup>27</sup>

El estiércol fresco es la mejor materia prima utilizada para la producción de biogás. Además se pueden usar cualquier otro tipo residuos orgánicos, evitando residuos duros (cascaras duras) o de larga duración de descomposición. El estiércol con mayor capacidad de generación de biogás es el porcino y las excretas humanas, pero el fertilizante que producen es muy ácido. El estiércol más utilizado y que ha dado buenas respuestas es el vacuno, por ser un estiércol equilibrado en su composición, además por animal se produce gran cantidad de estiércol, y por tanto es el más fácil de recoger.

**TABLA 1.4.1-1  
PRODUCCIÓN DE ESTIÉRCOL FRESCO DIARIO.**

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

FUENTE: HERRERO, H. 2008.

### Ecuación 5.4.1-1

$$ED = P \times E / 100$$

#### Donde:

ED= Estiércol disponible en Kg/día.

P= peso en Kg del animal.

E= estiércol producido por cada 100 Kg de peso del animal.

<sup>27</sup>HERRERO H, Guía De Diseño Y Manual De Instalación De Biodigestores Familiares, 2008.

Para ser más específicos en la cantidad de estiércol disponible, se pueden hacer monitoreos a una cabeza de ganado al día, sacar la media y multiplicar por el total de cabezas de ganado disponible en la finca.

#### 1.4.2 TEMPERATURA Y TIEMPO DE RETENCIÓN (TR).

Es el tiempo que requieren los microorganismos para degradar toda la materia orgánica y generar los productos de dicho proceso. El tiempo de retención depende exclusivamente de la temperatura del lugar o región donde se vaya a construir el biodigestor. Así, a menores temperaturas se requiere un mayor tiempo de retención para generar los productos de la digestión.

**TABLA 1.4.2-1  
TIEMPO DE RETENCIÓN SEGÚN LA TEMPERATURA.**

Región característica	Temperatura (°C)	Tiempo de retención (días)
Trópico	30	15
Valle	20	25
Altiplano	10	60

FUENTE: MARTÍ, H. 2008.

#### 1.4.3 CARGA DIARIA (CD).<sup>28</sup>

El desecho orgánico debe diluirse en agua para poder alimentar el biodigestor y facilitar la acción de las bacterias anaeróbicas para que se pueda producir Biogás, y fertilizante. La dilución recomendada actualmente es de 1:3 a 1:4 para evitar natas en el digestor que dificulten o impidan la salida del gas.

<sup>28</sup> PONTÓN D, Diseño De Un Sistema Para La Obtención De Biol Mediante Los Residuos Sólidos Orgánicos Generados En El Cantón Joya De Los Sachas, 2010

### Ecuación 1.4.3-1

$$CD = CE + \text{agua.}$$

**Donde:**

CD= Carga diaria L/día.

CE= Cantidad de estiércol utilizable.

### 1.4.4 VOLUMEN DEL BIODIGESTOR.<sup>29</sup>

El biodigestor se compone de dos zonas, la parte gaseosa donde se acumulara el biogás generado por la biodigestión y la parte liquida que corresponde a la biomasa o sustrato, estas dos secciones compones el volumen total del biodigestor.

El 25% corresponde a la parte gaseosa del total del biodigestor, mientras que la parte líquida corresponde al 75% del mismo, de tal manera el volumen total será la suma de ambos:

### Ecuación 1.4.4-1

$$VD = VL + VG$$

**Donde:**

VD=Volumen del digestor.

VL=volumen del líquido.

VG=volumen del gas.

---

<sup>29</sup> DIEGO A, Diseño Y Construcción De Un Digestor Anaerobio De Flujo Pistón Que Trate Los Residuos Generados En Una Explotación Ganadera De La Localidad De Loja, 2010.



Para calcular el volumen que corresponde a la parte líquida, se multiplica el tiempo necesario para la degradación del material orgánico por la carga diaria de estiércol, este tiempo de retención depende exclusivamente de la temperatura y varía dependiendo el lugar donde se instale el biodigestor.

**Ecuación 1.4.4-2**

$$VL = CD \times TR$$

**Dónde:**

VL= volumen del líquido.

CD= carga diaria.

TR=tiempo de retención.

El volumen gaseoso se calcula a partir del volumen líquido, siendo una tercera parte de este último.

**Ecuación 1.4.4-3**

$$VG = \frac{VL}{3}$$

**Dónde:**

VG = Volumen del Gas.

VL= Volumen del líquido.

## 1.5 MARCO LEGAL.<sup>30</sup>

Las actividades ganaderas y agrícolas de la Provincia de Orellana se encuentran permanentemente reguladas por el Ministerio De Agricultura Ganadería Acuacultura Y Pesca.

La Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de Calidad del Agro – Agrocalidad, es la Autoridad Nacional Sanitaria, Fitosanitaria y de Inocuidad de los Alimentos, encargada de la definición y ejecución de políticas, regulación y control de las actividades productivas del agro nacional.

Agrocalidad promueve en las diversas cadenas de producción agropecuaria, procesos sustentados en sistemas de gestión de la calidad, a fin de mejorar la producción, productividad y garantizar la soberanía alimentaria, como entidad adscrita al Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.

Los ganaderos deben sujetarse LA LEY DE SANIDAD ANIMAL, por lo cual en el CAPÍTULO I NORMAS FUNDAMENTALES se resuelve lo siguiente:

Art. 1.- Corresponde al Ministerio de Agricultura y Ganadería, realizar la investigación relativa a las diferentes enfermedades, plagas y flagelos de la población ganadera del país y diagnosticar el estado sanitario de la misma.

Estas tareas las emprenderá planificadamente con la participación de las unidades administrativas y técnicas, entidades dependientes y adscritas y en estrecha coordinación con las instituciones públicas o privadas, nacionales o internacionales, vinculadas al sector.

---

<sup>30</sup> GADFO.

Art. 2.- El Ministerio adoptará las medidas encaminadas a conservar la salud de la ganadería nacional, prevenir el apareamiento de enfermedades, controlar las que se presentaren y erradicarlas.

En la ejecución de estas medidas también participará el sector privado, de conformidad con la presente Ley y sus Reglamentos.

Art. 3.- El Ministerio de Agricultura y Ganadería, desarrollará permanente actividad de educación sanitaria, emprenderá en las campañas de divulgación que fueren necesarias y propenderá a la capacitación y adiestramiento de su personal y de los núcleos de productores, de manera especial de los sectores campesinos organizados.

Art. 4.- El Ministerio de Agricultura y Ganadería ejercerá el control sanitario de las explotaciones ganaderas, establecimientos de preparación de alimentos para el consumo animal, fábricas de productos químicos y biológicos de uso veterinario y de su almacenamiento, transporte y comercialización.

Para la efectividad de dicho control, requerirá el concurso de las autoridades y agentes de policía.

Art. 5.- El Ministerio de Salud Pública, en coordinación con el de Agricultura y Ganadería, controlará la calidad de los productos de origen animal destinados al consumo humano sean naturales, semi-elaborados o elaborados, de acuerdo con los requisitos planteados en los Códigos, guías de práctica y normas técnicas ecuatorianas elaboradas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización y, prohibirá o retirará del comercio los que sean perjudiciales a la salud humana.

Art. 6.- Para los efectos de la presente Ley, se entiende por ganadería toda explotación de especies domésticas con fines productivos económicos – sociales.

Según TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MAG, LIBRO II  
Título XII De La Importación Y Producción De Fertilizantes resuelve lo siguiente:

#### Capítulo I

Art. 1.- Para la aplicación del presente reglamento se considerará incorporada la terminología establecida actualmente y las que en el futuro determinen las normas técnicas del Instituto Ecuatoriano de Normalización y la División de Insumos del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Acido húmico: Sustancia de naturaleza ácida que se forma en el proceso de humificación de la materia orgánica:

Adhesivos: Sustancia que sirve para fijar o adherir el fertilizante a la superficie aplicada.

Aditivo: Sustancia que sirve para mejorar las propiedades de un fertilizante o las condiciones del suelo.

Antiglomerante: Sustancia utilizada mediante tratamiento superficial para evitar la aglomeración a apelinazamiento de los fertilizantes.

Coadyuvante: Sustancia que puede modificar favorablemente la eficacia de un fertilizante.

Enmienda: Es todo producto cuya acción fundamental es la modificación de las condiciones físicas del suelo, particularmente del PH.

Fertilizante completo: Es el que contiene los tres nutrientes primarios en la cantidad suficiente para tener el valor de tal.

Fertilizante simple: Es el que contiene uno de los tres nutrientes primarios (N, P, K,) necesarios para la nutrición de los vegetales.

Fertilizante compuesto: Es el que contiene por lo menos dos de los tres nutrientes primarios.

Fertilizante complejo: Es el producto resultante de la combinación o reacción química de dos o más fertilizantes.

Fertilizante cristalizado: Aquél que se presenta bajo forma cristalina, claramente visible (Sulfato de Amonio).

Fertilizante revestido: Aquél en que los gránulos por motivos diversos están cubiertos por una capa que modifica o mejora su acción (Antialpemasantes, adición de tres nutrientes, coadyuvantes, retardantes, etc.).

Fertilizante granulado: El que se presenta bajo forma de gránulos, más o menos específicos, resultantes del proceso industrial de granulación.

Fertilizante foliar: Sustancia o mezcla de sustancia cuyos elementos nutritivos se destinan a ser aplicados en solución diluida a la masa foliar del cultivo.

Inoculante: Producto de origen biológico que incorporado al suelo y/o a la semilla, ayuda a que las plantas puedan aprovechar en mejor forma los elementos nutritivos.

Relleno: Material inerte que ayuda a completar las cualidades físicas de un fertilizante.

Muestra oficial: Es la cantidad de fertilizante, tomada por un técnico autorizado para ello, según lo prescribe la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 220 y el presente reglamento.

Técnico de fertilizantes: Persona natural que designada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, tiene a su cargo la vigilancia del cumplimiento de las normas reglamentarias.

Importador de fertilizantes: Persona natural o jurídica que bajo la autorización del Ministerio de Agricultura y Ganadería, a través de la División de Insumos de la Dirección Nacional Agropecuaria, se dedica a importar fertilizantes.

Productor de fertilizantes y afines: Persona natural o jurídica que, con la autorización del Ministerio de Agricultura y Ganadería, se dedica a la fabricación de fertilizantes y afines.

División de Insumos: Es la Unidad Técnica perteneciente a la Dirección Nacional Agropecuaria del

Ministerio de Agricultura y Ganadería, encargada de velar por el cumplimiento del presente reglamento.

- Conservar el recurso suelo como patrimonio nacional, mediante la aplicación de técnicas y procedimientos adecuados;
- Concienciar a la población del país y especialmente al campesino sobre la necesidad de conservar los recursos naturales renovables; y,
- Conservar e incrementar la fertilidad natural de los suelos del país.

### Capítulo III De la producción de fertilizantes y afines

Art. 9.- Del registro del productor o fabricante. Toda persona natural o jurídica interesada en producir fertilizantes o afines, deberá inscribirse como productor en la División de Insumos de la Dirección

Nacional Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería, para lo cual debe acompañar lo siguiente:

- Solicitud al Director Nacional Agropecuario, incluyendo nombre y dirección del solicitante;
- Una nómina, con el currículum vitae del personal técnico que labora en la empresa;
- Una descripción de los equipos e instalaciones que posee y que garanticen el proceso de elaboración y control interno de la calidad de los productos;
- Supervisión a la planta por parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería, donde se elaborarán las fórmulas de los fertilizantes y afines;
- Si el interesado es una persona jurídica: adjuntar un certificado de su existencia legal y/o nombramiento del representante de la compañía; y,
- Si el solicitante es una persona natural: adjuntar copia de la cédula de ciudadanía.

Art. 10.- Obligaciones de los productores.

- Presentar hasta el 30 de noviembre de cada año a la División de Insumos de la Dirección Nacional Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería, el plan de producción previsto para el año próximo;
- Suministrar oportunamente, cuando así lo requiera la División de Insumos de la Dirección Nacional Agropecuaria, los datos actualizados sobre la producción; y,
- Facilitar a los técnicos del MAG, la inspección y toma de muestras de los fertilizantes y afines para el respectivo análisis de calidad.

## CAPÍTULO II

### **2 PARTE EXPERIMENTAL.**

Para el correcto diseño del biodigestor, a fin de garantizar la producción de biogás y biofertilizantes, se realizó en primera instancia el reconocimiento del rancho y del lugar donde se genera la mayor cantidad de estiércol puro y fresco, una vez identificado el lugar se recogen las muestras que serán analizadas en un laboratorio acreditado, la cual ayudará a la caracterización del mismo en los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos.

Además se realiza un modelo de biodigestor a escala piloto, utilizando una caneca plástica con capacidad de 60 litros para la producción de biogás y biofertilizante, cuya práctica sirve como punto de referencia y de partida para el diseño y dimensionamiento del biodigestor que se aplicará en el Rancho Verónica.

Para lo antes mencionado es primordial determinar el número de cabezas de ganado, la cantidad de estiércol diaria que produce el rancho, y la cantidad disponible de estiércol utilizable para la biodegradación.

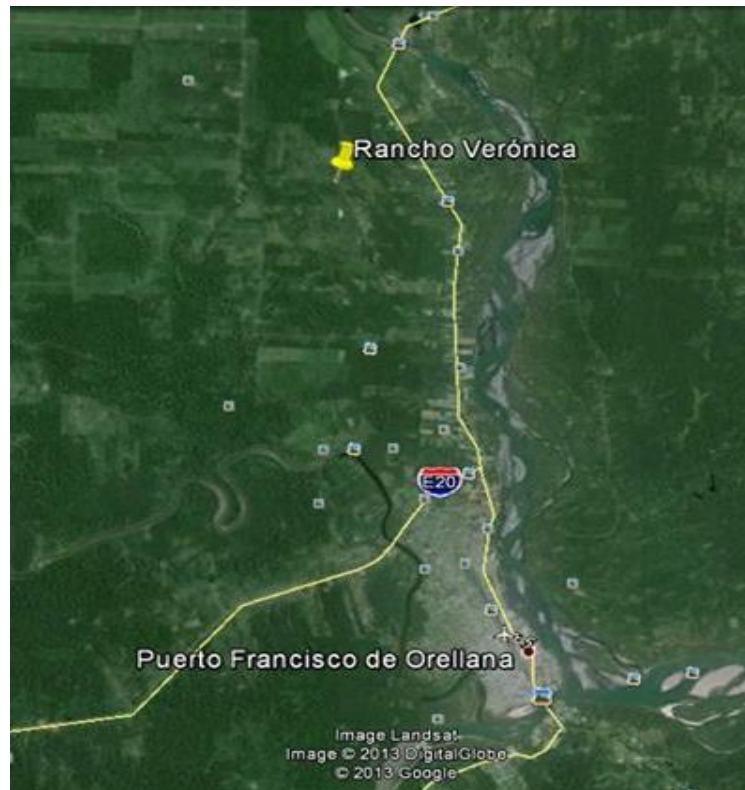
La presente investigación para el Diseño de un Biodigestor de Polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado, se la realizó en El Rancho Verónica, ubicado en el km 13 vía Coca-Lago Agrio, situada en la Parroquia Nuevo Paraíso del Cantón Francisco de Orellana de la Provincia de Orellana.



**Tabla 2-1**  
**UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL RANCHO VERÓNICA**

LATITUD	0°25'04.35"S
LONGITUD	77° 00'26.82"O
ELEVACIÓN	267msnm

FUENTE: GOOGLE MAPS, 2013.



FUENTE: GOOGLE MAPS, 2013.

**Graf. 2-1 Ubicación del Rancho Verónica**

## 2.1 MUESTREO.

El muestreo nos ayuda para la recolección de información, es por ello que se identifica el punto de muestreo donde se recogen las muestras representativas, y que garanticen resultados confiables a la hora de someter a los análisis físicos, químicos y bacteriológicos, en el Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas LABSU.

**TABLA 2.1-1  
ESTRATEGIA DE MUESTREO.**

<b>Lugar de muestreo</b>	<b>Número de muestras</b>	<b>Días de muestreo</b>	<b>Total de muestras</b>	<b>Total de muestras analizadas</b>
Corral	2	2	2	2

FUENTE: EYNER TOALA, 2013.

## **2.2 METODOLOGÍA.**

Se aplica el método cuantitativo para la determinación de los componentes principales del biodigestor. Las muestras recogidas en el Rancho Verónica se la realizaron a través del muestreo aleatorio simple, donde se recogió 2 muestras representativas de estiércol fresco de 1 Kg cada una, en el corral del rancho a las 7 am en días diferentes, estas muestras se trasladarán en un tiempo máximo de 1 hora al laboratorio para realizar los análisis del mismo, a través de los parámetros físicos, químicos, y bacteriológicos.

### **2.2.1 MÉTODOS Y TÉCNICAS.**

#### **2.2.1.1 Métodos.**

Los métodos aplicados en los análisis de los parámetros de cada una de las muestras, utilizadas por el laboratorio acreditado LABSU, Son los siguientes:

**TABLA 2.2.1.1-1  
PARÁMETROS A ANALIZAR**

<b>PARÁMETROS</b>	<b>MÉTODO/ TÉCNICA /REFERENCIA</b>
Sólidos totales.	SM 2540 B
Materia orgánica.	GRAVIMÉTRICO
Carbono orgánico total.	EPA 9060

Nitrógeno total.	KJELDAHL,EPA351.2
Fosforo.	Booker Tropical Soil Manual
Potasio.	Booker Tropical Soil Manual
Manganeso.	Booker Tropical Soil Manual
Zinc.	Booker Tropical Soil Manual
Cobre.	Booker Tropical Soil Manual
Hierro.	Booker Tropical Soil Manual
Humedad.	Gravimétrico
Coliformes totales.	SM 9222 B
Coliformes fecales.	SM 9222 D

FUENTE: EYNER TOALA, 2013.

El método utilizado para el diseño de los planos del Biodigestor resulta en la aplicación del Software AUTICAD 2010 a escala 1:1.

#### **2.2.1.2 Técnicas.**

Las técnicas para los análisis de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, se encuentran descritos en la Tabla 2.2.1.1-1 realizado por el laboratorio acreditado.

## 2.3 DATOS EXPERIMENTALES.

### 2.3.1 DIAGNOSTICO.

Al conocer la actividad ganadera que se realiza en el Rancho Verónica y la generación de residuos orgánicos (estiércol), que se depositan libremente en el ambiente, se puede evidenciar la acumulación excesiva de este, como también la proliferación de vectores que afectan al ganado, y a las personas que habitan en el rancho.

En este sentido para darle un correcto uso y manejo al estiércol, y así minimizar el impacto generado por la acumulación excesiva, y a su vez aprovecharlo para la producción de biogás y bioabono, es necesario realizar una cuantificación y caracterización del mismo, esto nos ayudara a determinar la cantidad de sólidos totales y la cantidad de agua (humedad) presente en el estiércol, para estimar las cantidades de producto que se obtendrá al final del proceso de biodigestión, como también el correcto dimensionamiento del biodigestor.

### 2.3.2 DATOS.

**TABLA 2.3.2-1  
CARACTERIZACIÓN DEL ESTIÉRCOL.**

PARÁMETROS	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2	PEE-LABSU	MÉTODO/ NORMA /REFERENCIA
Sólidos totales.	%	51,4	46,12	PEE-LABSU-49	SM 2540 B
Materia orgánica.	%	25,76	27,30	PEE-LABSU-67	GRAVIMÉTRICO
Carbono orgánico total.	%	14,94	15,84	PEE-LABSU-66	EPA 9060
Nitrógeno total.	%	1,29	1,36	PEE-LABSU-71	KJELDAHL,EPA351.2
Fosforo.	mg/Kg	125,06	128,59	PEE-LABSU-73	Booker Tropical Soil Manual
Potasio.	mg/Kg	17442,87	13013,68	PEE-LABSU-06/76	Booker Tropical Soil Manual
Manganeso.	mg/Kg	269,34	306,21	PEE-LABSU-06/77	Booker Tropical Soil Manual
Zinc.	mg/Kg	100,36	104,66	PEE-LABSU-06/77	Booker Tropical Soil Manual
Cobre.	mg/Kg	21,81	22,10	PEE-LABSU-06/77	Booker Tropical Soil Manual
Hierro.	mg/Kg	1811,25	867,85	PEE-LABSU-06/77	Booker Tropical Soil Manual
Humedad.	%	48,6	53,88	PEE-LABSU-38	Gravimétrico
Coliformes totales.	Col/g	$3,3 \times 10^6$	$5,7 \times 10^5$	PEE-LABSU-44	SM 9222 B
Coliformes fecales.	Col/g	$2,4 \times 10^6$	$5,0 \times 10^4$	PEE-LABSU-43	SM 9222 D

FUENTE: LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y PLANTAS LABSU.

La tabla 2.3.2-1 indica los análisis realizados en las muestras de estiércol, de los cuales los sólidos totales, y la humedad son utilizados para el dimensionamiento del biodigestor, mientras que los demás parámetros ayudan a la caracterización del mismo.

**TABLA 2.3.2-2  
GENERACIÓN DIARIO DE ESTIÉRCOL EN EL CORRAL.**

<b>Día</b>	<b>Peso Kg</b>	<b>Peso (Lb)</b>	<b>Promedio diario (Kg)</b>	<b>Promedio diario (Lb)</b>
1	136	299.8256	139.3333333	307.174267
2	103	227.0738		
3	109	240.3014		
4	151	332.8946		
5	145	319.667		
6	142	313.0532		
7	159	350.5314		
8	155	341.713		
9	154	339.5084		
10	147	324.0762		
11	138	304.2348		
12	135	297.621		
13	157	346.1222		
14	143	315.2578		
15	116	255.7336		

FUENTE: EYNER TOALA.

En la tabla 2.3.2-2 se indica la cantidad de estiércol producida diariamente en el corral, cabe destacar que es el estiércol producido durante el periodo de permanencia del ganado en el corral, este dato que fue medido durante 15 días con 10 vacas que entran en el corral.

**TABLA 2.3.2-3  
GENERACIÓN DE ESTIÉRCOL DIARIO POR VACA.**

<b>Día</b>	<b>Peso diario Kg</b>	<b>Peso diario (Lb)</b>	<b>Promedio diario (Kg)</b>	<b>Promedio diario (Lb)</b>
1	20	44.092	18.65	41.11579
2	19.5	42.9897		
3	17	37.4782		
4	18.5	40.7851		
5	18	39.6828		
6	17	37.4782		
7	17.5	38.5805		
8	21	46.2966		
9	19	41.8874		
10	19	41.8874		

FUENTE: EYNER TOALA.2013.

En la tabla 2.3.2-3 se indica la cantidad de estiércol producido por animal, este dato fue medido durante 10 días.

### 2.3.3 DATOS ADICIONALES.

**TABLA 2.3.3-1  
CONDICIONES CLIMÁTICAS EN FRANCISCO DE ORELLANA.**

<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR</b>
1	Altitud	254 a 300 m.s.n.m.
2	Temperatura media (T <sub>m</sub> )	26° C
3	Humedad relativa media (HR <sub>M</sub> )	83-88%
4	Precipitación promedia anual	2800 a 4500 mm

FUENTE: METEOROLOGÍA ORELLANA, WWW.TUTIEMPO.NET

**TABLA 2.3.3-2  
RELACIONES DE BIOGÁS DE ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO.**

Nº	PESO (KG)	DESCRIPCIÓN	RELACIÓN	DESCRIPCIÓN.
1	1	Estiércol Fresco(EF)	0.20Kg	Sólidos Totales (ST)
2	1	Sólidos Totales (ST)	0.8 Kg	Sólidos Volátiles (SV)
3	1	Sólidos Totales (ST)	0.3 m <sup>3</sup>	Biogás @ (35°C y Pr. Atm.)
4	1	Sólidos Totales (ST)	0.25 m <sup>3</sup>	Biogás @ (30°C y Pr. Atm.)
5	1	Sólidos Totales (ST)	0.2m <sup>3</sup>	Biogás @ (25°C y Pr. Atm.)
6	1	Sólidos Totales (ST)	0.16 m <sup>3</sup>	Biogás @ (22°C y Pr. Atm.)
7	1	Sólidos Totales (ST)	0.10 m <sup>3</sup>	Biogás @ (18°C y Pr. Atm.)

FUENTE: THIRD ANNUAL BIOMASS ENERGY SYSTEMS CONFERENCE.

**TABLA 2.3.3-3  
RELACIÓN ESTIÉRCOL - AGUA.**

Nº	ORIGEN	RELACIÓN
1	Bovino Fresco	1:1
2	Bovino Seco	1:2
3	Porcino	1:2
4	Aves	1:1
5	Equino	1:2
6	Desechos humanos	1:1
7	Desechos vegetales	1:0.5-2

FUENTE: ING. CARRASCO FRANKLIN. (2008). NOTA DE AULA DE ENERGIAS NO CONVENCIONALES

## **CAPÍTULO III**

### **3 DISEÑO DEL BIODIGESTOR.**

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

#### **3.1 CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR A ESCALA PILOTO.**

Con la construcción del biodigestor de polietileno a escala piloto, se garantiza la producción de biogás y biofertilizante para el Rancho Verónica, además tomamos en cuenta parámetros necesario para el diseño general del biodigestor, como es el tiempo retención necesario para la degradación de la materia orgánica dentro de la cámara de digestión, se toma en cuenta cada una de las partes que lo componen y las condiciones de la zona.

##### **3.1.1 MATERIALES.**

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

- Caneca plástica con capacidad de 60 L.
- Adaptador de media pulgada.
- Dos nepllos de media pulgada.
- Codo de 90° de media pulgada.
- Tee de media pulgada.
- Una llave de paso de media pulgada.



- Tuvo Pvc de media pulgada.
- Reducción rosca por fuera de media pulgada.
- Manguera de gas.
- Boquilla.
- Teflón o pega tubo.
- Botella plástica.

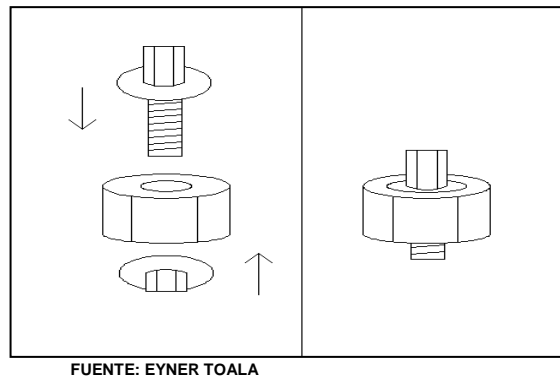
### 3.1.2 REACTIVOS.

- Estiércol.
- Agua.

### 3.1.3 MONTAJE DEL BIODIGESTOR A ESCALA PILOTO.

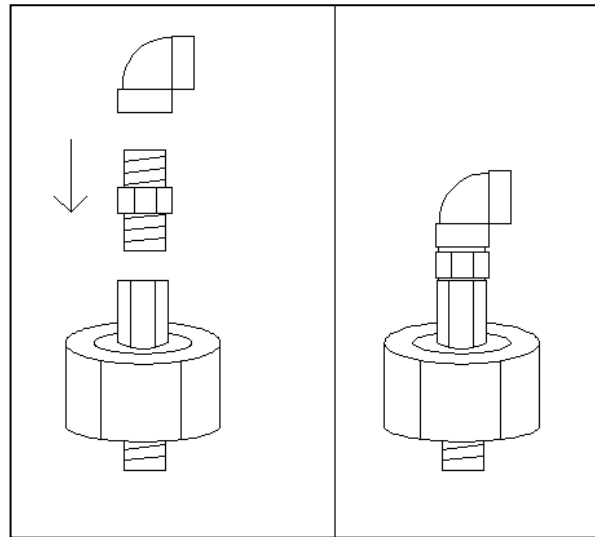
Para realizar las instalaciones del biodigestor, hay que tener en cuenta que los accesorios de Pvc se encuentren herméticamente sellados con teflón o pega tubo, para no tener fugas cuando se empieza a generar biogás.

Se hace un agujero en la tapa de la caneca plástica, se coloca el acople o adaptador de media pulgada, de tal modo que se eviten fugas de gas, procurando que debe estar bien fijo.



**Fig. 3.1.3-1 Instalación de los accesorios.**

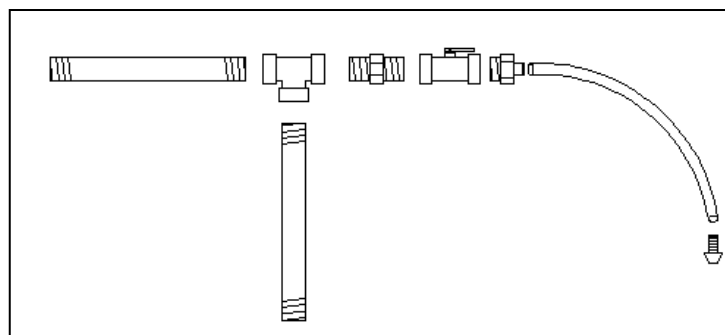
Se coloca el neplo en la parte superior del adaptador, seguido del codo de 90°, procurando que enrosque hasta el final.



FUENTE: EYNER TOALA

**Fig. 3.1.3-2 Instalación de los accesorios.**

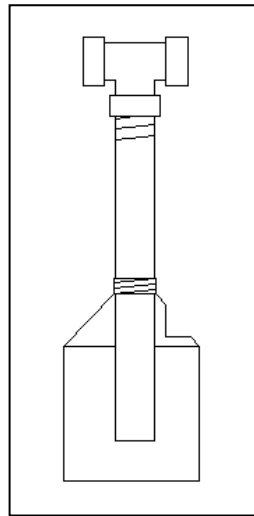
A continuación se toma el tubo Pvc de media pulgada y se coloca la Tee, el neplo, la llave de paso, la reducción y la manguera de gas con una boquilla, de la siguiente manera utilizando teflón o pega tubo.



FUENTE: EYNER TOALA

**Fig. 3.1.3-3 Instalación de los accesorios.**

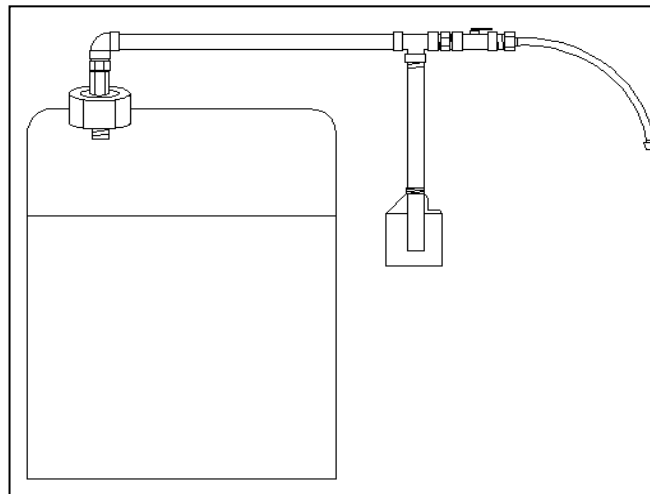
Se coloca una botella plástica con un agujero en la parte superior, esta funcionará como una válvula de escape de gas cuando haya demasiada presión.



FUENTE: EYNER TOALA

**Fig. 3.1.3-4 Instalación de los accesorios.**

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



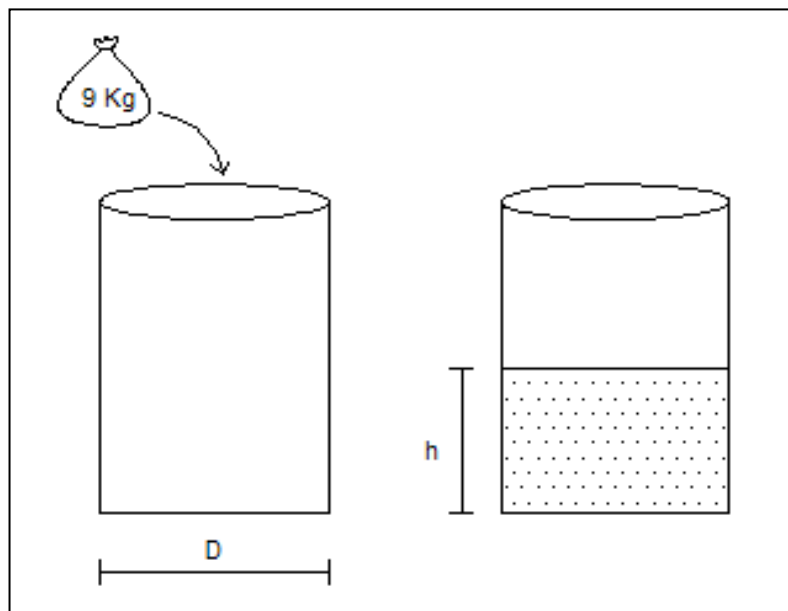
FUENTE: EYNER TOALA

**Graf. 3.1.3-1 Biodigestor a escala piloto.**

### 3.1.4 CANTIDAD DEL SUSTRATO.

#### 3.1.4.1 Determinación densidad del estiércol.

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



FUENTE: EYNER TOALA

**Fig. 3.1.4.1-1 Densidad del estiércol.**

De esta manera se obtiene la altura de 0,24 m que alcanza los 9 kg de estiércol fresco al desplazar el agua, en un balde cilíndrico de diámetro de 0,22m.

Para calcular el volumen del estiércol contenido en el cilindro se aplica la siguiente fórmula.

**Ecuación 3.1.2.-1.**

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

**Dónde:**

$\pi$ = valor de Pi.

$r$ = radio del cilindro.

$h$ =altura que alcanza el estiércol en el cilindro.

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

$$V = \pi * 0.11m^2 * 0.24m$$

$$V = 9,123 \times 10^{-3} m^3$$

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

**Ecuación 3.1.2.1-2.**

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

**Dónde:**

$\rho$ = densidad.

$M$ = masa del estiércol.

$V$ = volumen.

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

$$\rho = \frac{9Kg}{9,123 \times 10^{-3} m^3}$$

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

La densidad del estiércol corresponde a  $986,49Kg/m^3$  que es un valor aproximado al valor de la densidad del agua de  $1.000Kg/m^3$ .

### 3.1.4.2 Determinación de la cantidad del sustrato.

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

#### Ecuación 3.1.4.2-1

$$Vs = Cc * 0.75$$

Donde:

$Vs$ = volumen del sustrato.

$Cc$ = capacidad de la caneca.

$$Vs = Cc * 0.75$$

$$Vs = 60L * 0.75$$

$$Vs = 45L$$

La cantidad de sustrato que ingresará en la caneca plástica será de 45 L, tomando en cuenta una relación de estiércol-agua de 1:1 de acuerdo a la tabla 2.3.3-3, establecemos lo siguiente:

$$\mathbf{22.5\ L\ de\ estiércol\ +\ 22.5\ L\ agua\ =\ 45\ L\ de\ sustrato}$$

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

$$\mathbf{22.5\ Kg\ de\ estiércol\ +\ 22.5\ Kg\ agua\ =\ 45\ Kg\ de\ sustrato}$$

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

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

Una vez realizada la práctica se concluye que el tiempo de retención necesario para la biodegradación de la materia orgánica en el Rancho Verónica es de 40 días, este dato es esencial para el dimensionamiento, además se evidencia una muy buena producción de biogás, y lo más importante se redujo significativamente el olor del estiércol, por lo que se refleja una buena degradación del sustrato.

## 3.2 CÁLCULOS DEL DISEÑO.

### 3.2.1 CÁLCULO DE LA GENERACIÓN DE ESTIÉRCOL DIARIO DEL RANCHO.

Para realizar el cálculo de la generación de estiércol que se produce diariamente en todo el rancho, se toma en cuenta el número de reses (33 cabezas de ganado), adicionalmente de la Tabla 2.3.2-2 se toma el valor promedio de generación de estiércol por vaca/día (18.65Kg), y se procede a efectuar la operación.

**Ecuación 3.1.1-1.**

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

**Dónde:**

$E_{Tr}$  = Cantidad total de estiércol generado en el rancho en un día.

$E_{pV}$  = cantidad promedio de estiércol generada por una vaca al día.

$\#V_r$  = número de cabezas de ganado disponible en el rancho.

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

$$E_{Tr} = 18,65Kg/v/dia * 33v$$

$$E_{Tr} = 615,45 Kg/Dia$$

### 3.2.2 CÁLCULO DE LA GENERACIÓN DE ESTIÉRCOL DIARIO DEL CORRAL.

Para realizar el cálculo de la generación de estiércol que se produce diariamente en el rancho, se toma en cuenta el número de vacas (10 cabezas de ganado), adicionalmente de la



Tabla 2.3.2-2 se toma el valor promedio de generación de estiércol por vaca/día (18.65Kg), y se procede a efectuar la operación.

**Ecuación 3.1.2-1.**

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

**Dónde:**

$E_{Tc}$  = Cantidad total de estiércol generado en el corral en un día.

$E_{pV}$  = cantidad promedio de estiércol generada por una vaca al día.

$\#V_c$  = número de cabezas de ganado disponible en el corral.

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

$$E_{Tc} = 18,65Kg/v/día * 10v$$

$$E_{Tc} = 186,5 Kg/Día$$

**3.2.3 VOLUMEN DISPONIBLE DE ESTIÉRCOL.**

El volumen disponible de estiércol hace referencia a la cantidad de excremento que está en condiciones de ser usada en su totalidad, a su vez se encuentre puro y sin residuos de tierra u otro material no degradable, de esta manera el volumen del estiércol usado es aquel producido por 10 cabezas de ganado que se encuentran en el corral, de la Tabla 2.3.2-2 se toma el valor promedio de generación de estiércol por vaca/día (18.65Kg), adicionalmente se usa el valor de la densidad del estiércol para transformar el peso en volumen.

**Ecuación 3.1.4-1.**

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

**Dónde:**

$V_{EF}$  = volumen disponible de estiércol fresco.

$E_{Tc}$  = Cantidad total de estiércol generado en el corral en un día.

$D$  = Densidad del estiércol.

$$V_{EF} = \frac{E_{Tc}}{D}$$
$$V_{EF} = \frac{186,5 \text{ Kg/Día}}{1.000 \text{ Kg/m}^3}$$
$$V_{EF} = 0,1865 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 186,5 \frac{\text{L}}{\text{día}}$$

### 3.2.4 VOLUMEN DE BIOGÁS.

Partiendo de los 186.5 Kg de estiércol que se genera en el corral diariamente, se toma la relación más idónea de acuerdo a las condiciones ambientales de la Tabla 2.3.3-2 comparadas con las del sitio donde se realizará la digestión anaeróbica del estiércol, de los análisis realizados en el laboratorio LABSU Tabla 2.3.2-1 Caracterización del estiércol se toma la cantidad de sólidos totales producidos por 1Kg de estiércol fresco, de esta manera el volumen del biogás producido resulta así.

Valor promedio de sólidos totales de la Tabla 2.3.2-1

PESO (KG)	DESCRIPCIÓN	RELACIÓN	DESCRIPCIÓN.
1	Estiércol Fresco(EF)	0.20Kg	Sólidos Totales (ST)

Relación de la tabla 2.3.3-2

PESO (KG)	DESCRIPCIÓN	RELACIÓN	DESCRIPCIÓN.
1	Sólidos Totales (ST)	0.2m <sup>3</sup>	Biogás @ (25°C y Pr. Atm.)

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

### 3.2.5 VOLUMEN DE SUSTRATO.

Se realiza la relación estiércol agua en base a la tabla 2.3.3-3 relación 1:1 de esta manera queda así:

**Ecuación 3.1.6-1**

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

**Donde:**

**V<sub>s</sub>**=Volumen del sustrato

**V<sub>EF</sub>** = volumen disponible de estiércol fresco.

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

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

$$V_s = 373 \frac{L}{día}$$

### 3.2.6 VOLUMEN DE CARGA

Para la producción de biogás y bioabono, el tiempo de retención según las condiciones climáticas de la zona, y el resultado de la práctica del biodigestor a escala piloto son 40 días, a partir de este dato consideramos un tiempo de alimentación de 10 días.

**Ecuación 3.1.7-1**

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

**Dónde:**

$V_{C_{10días}}$  = Volumen de carga a los 10 días.

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

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

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

$$V_{C_{10días}} = 3.730 L$$

Adicionalmente incluimos al volumen de carga las siguientes consideraciones:

Factor de seguridad  $F_S = 5\%$

Volumen de la parte gaseosa que corresponde a  $V_G = 25\%$

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

### Ecuación 3.1.7-2

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

#### Dónde:

$V_{TD}$ = Volumen total del digestor.

$V_{C_{10días}}$ = Volumen de carga a los 10 días.

$F_s$ = factor de seguridad.

$V_G$ = volumen de la parte gaseosa.

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

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

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

### 3.2.7 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE BIODIGESTOR

Para diseñar el tanque biodigestor partimos del volumen total obtenido en la ecuación 3.1.7-2 que corresponde a 4.849 m<sup>3</sup>, consideramos un diámetro de 2 m para diseños de tanques cilíndricos, y utilizamos la siguiente fórmula:

### Ecuación 3.2.7-1

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

#### Dónde:

$V$ = volumen total del tanque biodigestor.

$\pi$  = valor de Pi.

**r** = radio

**h**= altura.

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

Despejando h tenemos que:

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

### 3.2.8 DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA.

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

**Ecuación 3.2.8-1**

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

Donde:

**h**=eficiencia del biodigestor.

**εP**= Energía Producida.

**εT**= Energía total.

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

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

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

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

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

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

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

$$\eta = 90,42\%$$

### 3.3 RESULTADOS

**TABLA 3.3-1  
CARACTERIZACIÓN DEL ESTIÉRCOL FRESCO DEL RANCHO VERÓNICA.**

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

FUENTE: EYNER TOALA

**TABLA 3.3-2  
RESULTADOS DEL BIODIGESTOR A ESCALA PILOTO.**

Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	RESULTADO
1	Capacidad del biodigestor	L	60
2	Volumen del sustrato	L	45
3	Relación estiércol-agua	-	1:1
4	Cantidad de estiércol	Kg	22,5
5	Cantidad de agua	L	22,5
6	Tiempo de retención	días	40
7	Temperatura media	°C	26

FUENTE: EYNER TOALA



**TABLA 3.3-3  
DIMENSIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR.**

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

FUENTE: EYNER TOALA, 2013.

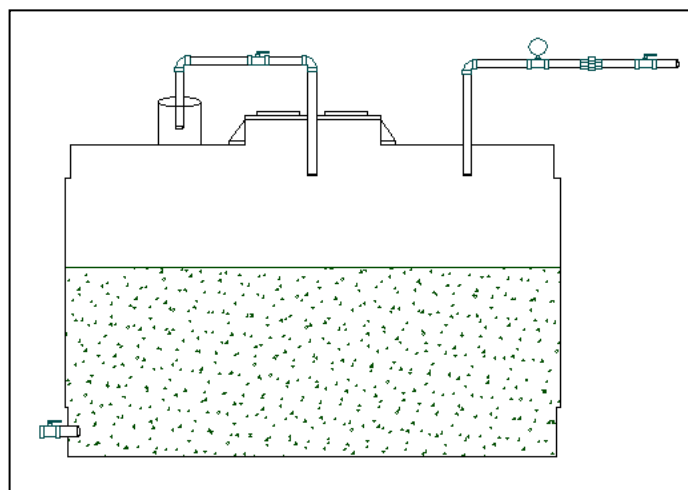
### 3.4 PROPUESTA

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

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

Para el diseño se toma en cuenta el tiempo de retención de 40 días, se utiliza 4 tanques plastigama de 5000 litros, con un tiempo de carga del sustrato de 10 días, donde cada día ingresa al tanque 373 litros de sustrato.

Cada tanque consta con una tubería para conducción de biogás, un manómetro, llaves de paso, una válvula de fuga de presión artesanal, y una tubería de desagüe como se muestra en el gráfico.

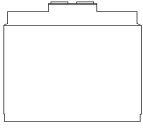
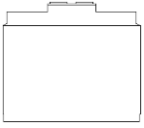
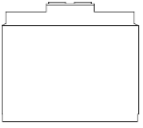
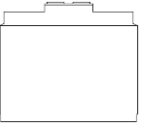


FUENTE: EYNER TOALA, 2013.

**Graf. 3.4-1 Biodigestor de 5000L.**

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

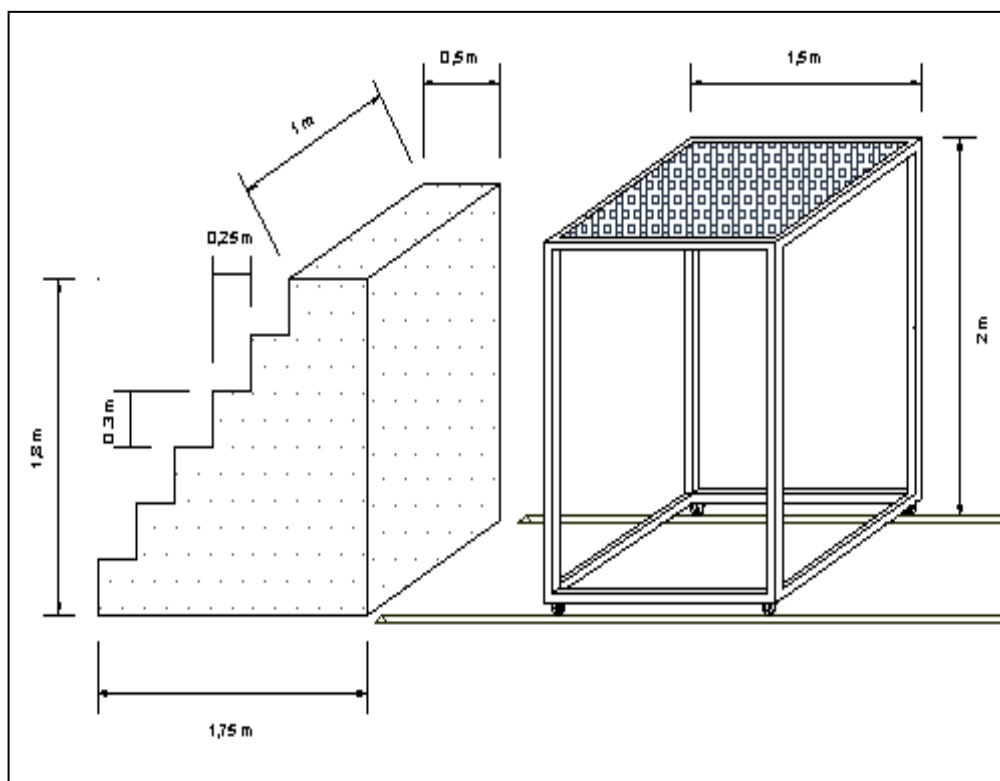
**TABLA 3.4-1  
ESTRATEGIA DE CARGA DEL SUSTRATO.**

<b>Días</b>	10	20	30	40
<b>Tanques</b>	 1ro	 2do	 3er	 4to

FUENTE: EYNER TOALA, 2013.

La tabla nos indica que el primer tanque se llena en los primeros 10 días, al onceavo día se empieza a llenar el segundo tanque hasta el día 20, al día 21 se empieza a llenar el 3er tanque durante 10 días, es decir hasta el día 30, al día 31 se empieza a llenar el 4to tanque durante 10 días, de esta manera al llegar el día 40 el primer tanque completa el tiempo de retención y se obtendrán los productos de la biodigestión, podrá ser vaciado y limpiado para ser cargado nuevamente, y así para cada uno de los tanques cumpliendo con un ciclo continuo, se aumenta un 5to tanque para el almacenamiento del biofertilizante, este será utilizado para fertilizar los cultivos propios del rancho, como también podrá ser vendido o regalado a las fincas aledañas.

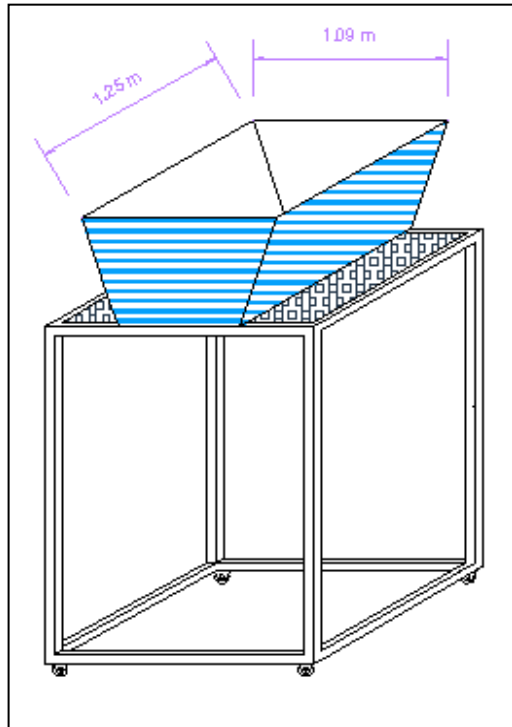
Para facilitar la carga del sustrato a los 4 tanques biodigestores de polietileno, se diseña una escalera que puede ser de cemento o de madera con 6 escalones, un soporte metálico corredizo sobre dos ángulos de 90° como lo muestra la figura.



FUENTE: EYNER TOALA, 2013.

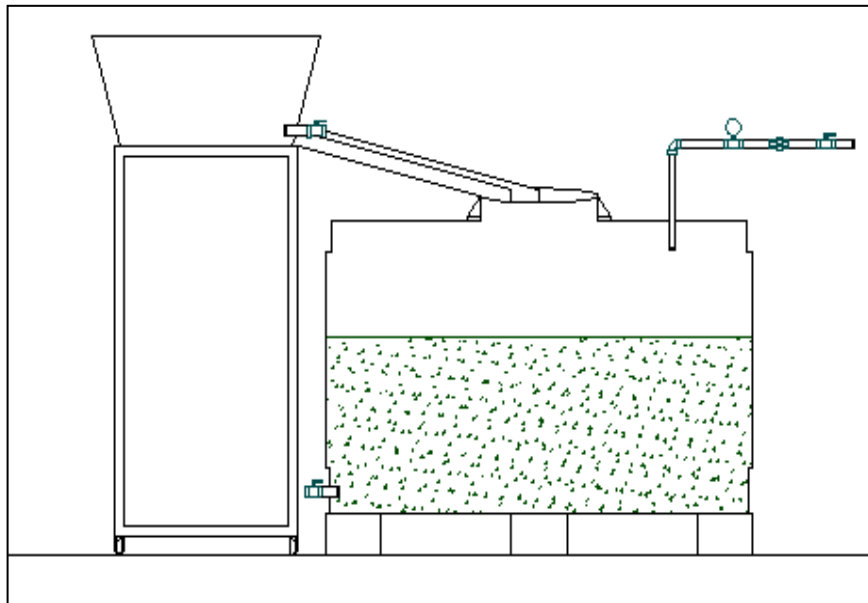
**Graf. 3.4-2 Diseño de escalera y soporte metálico para facilitar llenado del sustrato.**

Sobre el soporte metálico se coloca un tanque rectangular plastigama de 500 L con una llave de paso en el fondo, este tanque sirve para realizar la mezcla diría del sustrato, adicionalmente se coloca un canal desmontable para llenar el sustrato en los tanques biodigestores como lo indica los siguientes gráficos.



FUENTE: EYNER TOALA, 2013.

**Graf.3.4-3 Tanque plastigama 500L para mezcla del sustrato.**


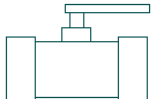
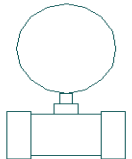
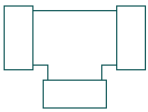
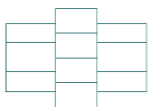

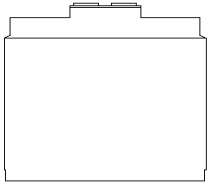


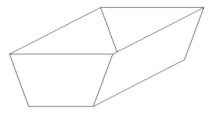
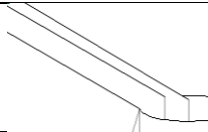
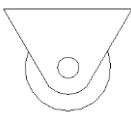
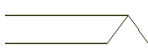
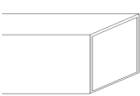
FUENTE: EYNER TOALA, 2013.

**Graf. 3.4-4 Llenado del sustrato con el canal desmontable.**

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

**TABLA 3.4-2  
MATERIALES Y ACCESORIOS PARA LOS BIODIESTORES.**

<b>Material</b>	<b>Gráfico</b>	<b>Medida</b>	<b>Costo \$ Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Total.</b>
Codo 90° PVC		1 ½ Pulgada	3,05	14	42,70
Llave de paso PVC		1 ½ Pulgada	12,50	19	237,50
Manómetro PVC		1 ½ Pulgada	5,75	4	23,00
Tee 90° PVC		1 ½ Pulgada	3,60	3	10,80
Unión universal		1 ½ Pulgada	6,90	8	55,2
Tubo PVC		1 ½ Pulgada 6m	37,00	4	148,00
Tanque cilíndrico plastigama		5000 Litros.	950,00	5	4.750,00

Tanque rectangular plastigama		500 Litros	120	1	120,00
Canal rectangular.		Rectangular 3m	17,50	1	17,50
Garrucha para riel		En V 200kg	13,00	4	52,00
Angulo de 90° lados iguales		60x60x4 Long. 6m	10,20	5	51,00
Tubo de acero cuadrado		50x50x4 Long. 6m	15,50	3	46,50
Total \$					5554,20

FUENTE: EYNER TOALA, 2013.

El costo total de los materiales para los biodigestores es de \$ 5.554,20 más 200 que corresponde a la mano de obra para el ensamblaje.

### 3.5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Obtenidos los análisis del laboratorio LABSU, correspondientes a la caracterización del estiércol en la tabla 3.3-1, representan gran contenido de agua y materia orgánica, por lo cual, el 51,24% de humedad influye en la elección de la proporción de estiércol-agua, esto indica que los cálculos para determinar el volumen de carga del sustrato depende de la relación escogida para que el proceso de biodigestión resulte eficiente, adicionalmente cabe destacar que la densidad del estiércol fresco  $986,49 \text{ Kg/m}^3$  se acerca al valor de la densidad del agua, y se considera utilizar cualquiera de estas para realizar los cálculos respectivos.

Los valores de los parámetros de la Materia orgánica, Carbono Orgánico Total, Nitrógeno Total, Fosforo disponible, Potasio, Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Microelementos (Cu, Fe, Mn, Zn), son parámetros exclusivos para la caracterización del

estiércol de ganado vacuno, lo cual no influyen de manera directa en los cálculos para el dimensionamiento del biodigestor.

En la Tabla 3.3-2 se encuentran los resultados de la construcción del biodigestor a escala piloto, lo cual, a través de la práctica permitió validar la investigación y garantizar la producción de biogás y biofertilizante, estableciendo el tiempo de retención para la degradación biológica en el rancho Verónica de 40 días, a una temperatura promedio de 26°C y relación 1:1 de estiércol fresco-agua, estos valores son específicos para la generación de los productos de la biodigestión en la zona.

Los datos de la Tabla 3.3-3, correspondientes al dimensionamiento del biodigestor, se encuentran descritos en primera instancia, en base a las mediciones obtenidas en el rancho para la cuantificación total del estiércol y el volumen disponible para el proceso de biodigestión, de tal manera, que el dimensionamiento cuenta con un factor de seguridad del 5% más el 25 % que corresponde a la parte gaseosa, alcanzando el volumen total de 4.849 litros, el cual permite el cálculo de las dimensiones del biodigestor. Para el dimensionamiento del biodigestor se toma diámetro de 2m para diseños de tanques cilíndricos, obteniendo una altura del de 1,54 m, que son óptimas para el proceso de biodigestión y fácilmente ajustables en el mercado.



## CAPITULO IV

### 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 4.1 CONCLUSIONES.

- Luego del análisis de laboratorio del estiércol de ganado vacuno se identificó los siguientes datos: Sólidos Totales 48,76 %, Materia orgánica 26,53 %, Carbono Orgánico Total 15,84 %, Nitrógeno Total 1,323 %, Fosforo disponible 126,825 mg/Kg, Humedad 51,24 % y Densidad 986,49 Kg/m<sup>3</sup>.
- El estiércol de ganado vacuno, posee % de residuos orgánicos y carga bacteriana, lo cual genera un riesgo biológico para las personas y animales del rancho, aumentando la contaminación por la acumulación excesiva.
- La PPC de estiércol en el rancho Verónica es de 615,45 Kg/día de estiércol, con una cantidad utilizable para el diseño correspondiente a 186,5 Kg/día de estiércol fresco.
- El volumen de carga es de 373 L/día, en relación 1:1 de estiércol-agua, y tiempo de carga de 10 días para iniciar el proceso degradativo.
- Los cálculos del diseño cumple con un factor de seguridad del 5%, un tiempo de retención de 40 días, capacidad total del biodigestor de 4.849 litros, altura 1,54 (m), y 2 (m) de diámetro, datos que se ajustan a tanques de polietileno existentes en el mercado.

- El diseño consta de 4 tanques de 5000L plastigama colocados de forma continua, con válvulas de escape de gas artesanal, tuberías de conducción de biogás y tuberías para drenaje del biol, incluye una estructura metálica corrediza para el llenado del sustrato, y un quinto tanque para almacenamiento del biofertilizante.
- Cada uno de los biodigestores de polietileno trabajarán con una eficiencia del 90,42%, en relación a la energía producida en el proceso anaerobio.

#### **4.2 RECOMENDACIONES.**

- El sistema de biodigestores debe ubicarse a un costado del corral, sobre una superficie plan y rígida (cemento), de modo que facilite el transporte y llenado del material orgánico hacia los biodigestores.
- Efectuar una recolección total del estiércol que produce el rancho, de modo que se puedan incorporar nuevos biodigestores con el tiempo, a fin de disminuir significativamente el impacto ambiental.
- Se recomienda al propietario del rancho la aplicación de este proyecto, de manera que se incentive a la población campesina de los alrededores, incorporar la tecnología de los biodigestores para el manejo y disposición final del excremento.
- Continuar con investigaciones para el aprovechamiento del biogás, de tal modo que se pueda producir energía eléctrica, mediante el diseño de turbinas impulsadas por la combustión, y el almacenamiento del mismo en recipientes bajo presión.
- Se debe aplicar a nivel rural, en toda la provincia de Orellana.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- 1. ALBARRACÍN, D.,** Biblioteca del campo granja integral autosuficiente., 3a.ed., Santafé de Bogotá-Colombia., Disloque Editores., 1995., Pp. 240-247.
- 2. ALVIAR, T.,** Manual Agropecuario Tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente., 1a.ed., Bogotá-Colombia., Limerín S.A., 2002., Pp. 402-404.
- 3. DURÁN, F.,** Manual de cultivos orgánicos y aleopatía., 2a.ed., Bogotá-Colombia., Estilos Editores Ltda., 2004., Pp. 118-122.
- 4. BESEL, S.,** Biomasa Digestores anaerobios., Madrid-España., Idea Editorial., 2007., Pp. 7-10.  
E Book [http://www.idae.es/index\\_Biomasa\\_digestores.pdf](http://www.idae.es/index_Biomasa_digestores.pdf).
- 5. DIANA, G., Y OTROS.,** Experiencia Biodigestores, tecnología limpia para mitigar el cambio climático., Colombia., 2010.  
Pp. 35-37.  
E Book <http://www.hidrotanques.com>
- 6. DIEGO, A.,** Diseño Y Construcción De Un Digestor Anaerobio De Flujo Pistón Que Trate Los Residuos Generados En Una

Explotación Ganadera De La Localidad De Loja Empleado Tecnologías Apropriadas., Loja-Ecuador., 2010., Pp. 11-16.

E Book <http://www.gessa-ex.es/doc/publicaciones/guia.pdf>.

7. **GARCÍA, K.,** Codigestión Anaeróbica De Estiércol Y Lodos De Depuradora Para Producción De Biogás. Universidad de Cádiz., Facultad de Ciencias del Mar Y Ambientales., Cádiz- España., 2009.

E Book <http://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/VERSION%20FINAL.pdf?sequence=1>

8. **HERRERO, M.,** Guía de diseño y manual de instalación de biodigestores familiares., La Paz- Bolivia., 2008., Pp. 3-26.

E Book <http://grecdh.upc.edu/publicacions/documents.pdf>.

9. **LÓPEZ, P., ANTONIO, C.,** Valorización Del Estiércol De Cerdo A Través De La Producción De Biogás. Colombia., 2003., Pp. 78-83.

E-Book <http://es.scribd.com/doc/-Manual-Bio-DigestOr>

10. **ROLANDO C., ELBA V.,** Identificación Y Clasificación De Los Distintos Tipos De Biomasa Disponibles En Chile Para La Generación De Biogás., Escuela de Ingeniería Bioquímica. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso., Santiago de Chile., 2009., Pp. 16-18.

E Book <http://www2.gtz.de/dokumente/gut/gtz2008-es-tipos-biomasa-disponible.pdf>

**11. SEADI, T., RUTZ, D., Y OTROS.,** Biogás Basic The compleat biogas handbook., Oregon- EEUU., 2008., Pp. 154.

E Book <http://www.lemvigbiogas.com/BiogasHandbook.pdf>.

**12. WILKIE, A.,** Anaerobic digestion: biology and benefits., Florida, EEUU., 2005., Pp. 66-69.

E Book <http://dairy.ifas.ufl.edu/other/files/NRAES-176pdf>.

**13. PONTÓN, D.,** Diseño De Un Sistema Para La Obtención De Biol Mediante Los Residuos Sólidos Orgánicos Generados En El Cantón Joya De Los Sachas., Facultad De Ciencias., Ingeniería Química., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba-Ecuador., TESIS., 2010., Pp. 45-54.

**14. BIODIGESTOR.**

<http://descontamina.cl/blog/2011/05/%C2%BFque-es-un-biodigestor>

2011-11-13

**15. BIODIGESTORES ECONÓMICOS.,** Tipos de biodigestores.

<http://biodigestoreseconomicos.blogspot.com/2009/02/tipos-de-biodigestores-mas-utilizados.html>

2011-11-26

**16. BIOGÁS.**

<http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/16/7M1>

2011-11-12

**17. BIOMASA.,** Digestores anaerobios.

[http://miganaderia.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3:dimensionamientodeunbiodigestorparasect](http://miganaderia.com/index.php?option=com_content&view=article&id=3:dimensionamientodeunbiodigestorparasect)  
2011-11-26

**18. CONTAMINACIÓN LAS VACAS SON PEORES QUE LOS AUTOS.**

<http://www.perfil.com/contenidos/2006/11/29/noticia.html>  
2011-11-05

**19. ENERGÍA CASERA.**

<http://energiacasera.wordpress.com/2009/09/17/clasificacion-de-biodigestores>  
2011-11-23

**20. ESPAÑA UNA POTENCIA MUNDIAL EN BIOGÁS.**

<http://www.elmundo.es/elmundo/2009/07/09/ciencia/1247134985.html>  
2011-11-29

**21. FUNCIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR.**

<http://universoporcino.com/>  
2011-11-28

**22. LABORATORIO.,** Análisis parámetros.

<http://rodin.uca.es:8081/xmlui/bitstream/handle/10498/7413VERSION%20FINAL.pdf?>  
2011-11-29

**23. LIMPIAR EL MUNDO.,** Residuos sólidos.

[http://www.cleanuptheworld.org/PDF/es/organicwaste\\_residuosorganicos\\_s.pdf](http://www.cleanuptheworld.org/PDF/es/organicwaste_residuosorganicos_s.pdf)

2011-11-04

**24. MARCO LEGA ORELLANA.**

<http://www.orellana.gob.ec/>

2011-11-13

**25. PRODUCCIÓN DE BIOGÁS.**

<http://es.scribd.com/doc/44153284/Bio-Methane-and-BioHydrogen>

2011-11-28

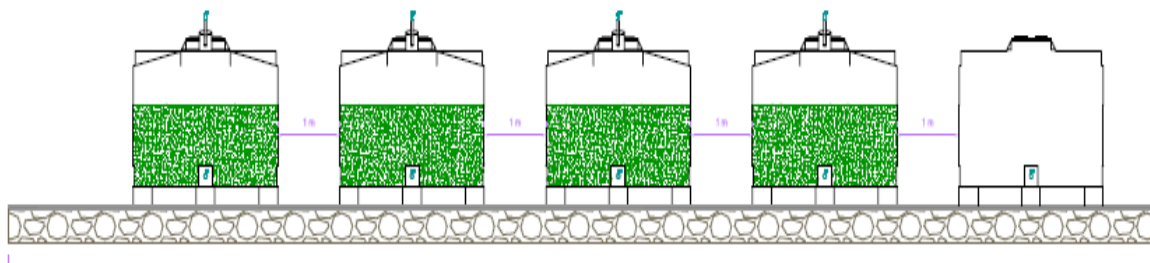
**26. UNA ALTERNATIVA A LA AUTOSUFICIENCIA ENERGÉTICA Y DE BIOFERTILIZANTES.**

<http://ecocosas.com/energias-renovables/biodigestor/>

2011-11-25

## ANEXOS

### ANEXO I Manual De Operación Del Sistema De Biodigestores.



Para que el sistema de biodigestores opere de forma correcta, se debe tener en cuenta algunos parámetros para su correcto funcionamiento, de este modo se asegurará la producción de Biogás constante y un adecuado tratamiento del excremento de ganado.

#### ✓ **Relación Estiércol - Agua.**

La relación estiércol - agua es muy importante para la degradación anaeróbica, pues determina el grado de humedad dentro del biodigestor. La materia prima que se utiliza para el proceso debe ser el estiércol fresco producido en el corral, determinando así la relación 1:1 con que trabajara cada uno de los biodigestores. Esta relación indica que ingresa al biodigestor la misma cantidad de agua y de excremento, el cual se degradara en un tiempo estimado de 40 días.

#### ✓ **Carga Del Sustrato Al Sistema De Biodigestores.**

De acuerdo a la relación 1-1de estiércol-agua, la mezcla del sustrato corresponde a 186.5 Kg de estiércol con 186,5 L de agua, el cual ingresara al biodigestor durante un tiempo de carga 10 días para que inicie el proceso de biodegradación, es decir que la estrategia de llenado queda definida de la siguiente manera:



El primer tanque se llena en los primeros 10 días, al onceavo día se empieza a llenar el segundo tanque hasta el día 20, al día 21 se empieza a llenar el 3er tanque durante 10 días, es decir hasta el día 30, al día 31 se empieza a llenar el 4to tanque durante 10 días, de esta manera al llegar el día 40 el primer tanque completa el tiempo de retención y se obtendrán los productos de la biodigestión, el 5to tanque se utiliza para el almacenamiento del biofertilizante.

#### ✓ **Monitoreo De Los Biodigestores.**

Una vez puesta en marcha cada uno de los biodigestores, se debe monitorear la generación de biogás a través de los manómetros, para controlar la presión en su interior.

Durante los primeros diez días de funcionamiento los biodigestores deben encontrarse con todas las válvulas cerradas, luego de este tiempo se habilita la válvula de escape de gas artesanal para evitar explosión.

#### ✓ **Conducción De Biogás.**

La conducción del biogás se lo hace a través de la tubería, se abren las válvulas de paso del biogás de cada uno de los biodigestores en el orden que ingreso la materia prima y cumplida 30 días de fermentación.

#### ✓ **Mantenimiento De Los Biodigestores.**

Realizar la limpieza de cada uno de los biodigestores cuando hayan cumplido el tiempo de retención de 40 días, esta limpieza se realizará con la utilización de agua sin detergente, se ingresa dentro del biodigestor y se lavaran las paredes, para evacuar el producto de la limpieza se procede a abrir la válvula de drenaje.



## ANEXO II Resultados de los análisis del estiércol fresco.

 Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Eraz P. de Villanqueadero S/N y Av. Lalala E-mail: laboratoriolabsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefono: (593)06-2881105	TRABAJAMOS CON UN SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD ACORDE A LA NORMA ISO/IEC 17025:2005
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 73 756</b>	
SPS: 13 - 0176	Análisis de Suelo	

Coca, 09 de junio de 2013

**Sr. Eyner Toala.**

Dirección: Av. 9 de Octubre y Juan Montalvo.

**1.- Datos generales:**

Recogidos por ..... Sr. Eyner Toala.  
 Fecha hora de toma de muestra ..... 2.013.05.11 08:00.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2.013.05.11 10:45.  
 Fecha del análisis ..... 2.013.05.11 a 2.013.05.30.  
 Condiciones Ambientales de Análisis.. T. Mx: 26,0°C T. Mm: 20,0°C  
 Código de LabSu ..... Identificación de la muestra.  
 s 10 113 ..... Muestra de estiércol, Rancho Verónica.

**2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:**

Parámetros	Unidad	s 10 113	PEE-LABSU	Método / Norma / Referencia
Sólidos totales	%	51,4	PEE-LABSU-49	SM 2540 B
Materia orgánica	%	25,76	PEE-LABSU-67	GRAVIMETRICO
Carbono orgánico Total	%	14,94	PEE-LABSU-66	EPA 9060
Nitrógeno total	%	1,29	PEE-LABSU-71	KJELDAHL, EPA 351.2
Fósforo	mg/Kg	125,06	PEE-LABSU-73	Booker Tropical Soil Manual
Potasio Total	mg/Kg	17442,87	PEE-LABSU-06/76	Booker Tropical Soil Manual
Manganeso	mg/Kg	269,34	PEE-LABSU-06/77	Booker Tropical Soil Manual
Zinc	mg/Kg	100,36	PEE-LABSU-06/77	Booker Tropical Soil Manual
Cobalt	mg/Kg	21,81	PEE-LABSU-06/77	Booker Tropical Soil Manual
Hierro	mg/Kg	1811,25	PEE-LABSU-06/77	Booker Tropical Soil Manual
Humedad	%	48,6	PEE-LABSU-38	Gavimetrica
Coliformes Totales	Col/100 mL	5,2X10 <sup>6</sup>	PEE-LABSU-44	SM 9222 B
Coliformes Fecales	Col/100 mL	2,4X10 <sup>6</sup>	PEE-LABSU-43	SM 9222 D

**3.- Responsables del Informe:**

Autorización: Dr. Eribán Arias Arias  
 DIRECTOR TECNICO

Ing. Amparito Meléndez  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Caracterización del estiércol		
	Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA  <b>Realizado por:</b> Eyner Toala	Lámina	Escala	Fecha
			1		05/12/2013

## ANEXO III Resultados de los análisis del estiércol fresco.

	<b>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO</b> Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefonos: (593)06-2881105	<b>TRABAJAMOS CON UN SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD ACORDE A LA NORMA ISO/IEC 17025:2005</b>	
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 73 757</b>		
	SPS: 13 - 0178		Análisis de Suelo

Coca, 09 de junio de 2013

**Sr. Eyner Toala.**

Dirección: Av. 9 de Octubre y Juan Montalvo.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por ..... Sr. Eyner Toala.  
 Fecha hora de toma de muestra ..... 2 013 05 14 07:30.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 013 05 14 11:39.  
 Fecha del análisis ..... 2 013 05 14 a 2 013 05 21.  
 Condiciones Ambientales de Análisis. T. Máx: °C T. Mín: °C  
 Código de LabSu ..... Identificación de la muestra.  
 s 10 114 ..... Muestra de estiércol, Rancho Verónica.

**2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:**

Parámetros	Unidad	s 10 114	PEE-LABSU	Método / Norma / Referencia
Sólidos totales	%	46,12	PEE-LABSU-49	SM 2540 B
Materia orgánica	%	27,30	PEE-LABSU-67	GRAVIMETRICO
Carbono orgánico Total	%	15,84	PEE-LABSU-66	EPA 9060
Nitrógeno total	%	1,36	PEE-LABSU-71	KJELDAHL, EPA 351.2
Fósforo	mg/Kg	128,59	PEE-LABSU-75	Booker Tropical Soil Manual
Potasio	mg/Kg	13013,68	PEE-LABSU-06/76	Booker Tropical Soil Manual
Manganeso	mg/Kg	306,21	PEE-LABSU-06/77	Booker Tropical Soil Manual
Zinc	mg/Kg	104,66	PEE-LABSU-06/77	Booker Tropical Soil Manual
Cobre	mg/Kg	22,10	PEE-LABSU-06/77	Booker Tropical Soil Manual
Hierro	mg/Kg	867,85	PEE-LABSU-06/77	Booker Tropical Soil Manual
Humedad	%	53,88	PEE-LABSU-38	Gravimetría
Coliformes Totales	Col/ g	5,7 X 10 <sup>6</sup>	PEE-LABSU-44	SM 9222 B
Coliformes Fecales	Col/g	5,0 X 10 <sup>6</sup>	PEE-LABSU-43	SM 9222 D

**3.- Responsables del Informe:**

Autorización:  **Dr. Fabián Arias Arias**  
 DIRECTOR TÉCNICO

  
**LABSU**  
 RUC: 1720781600011  
 ORELLANA

  
**Ing. Armando Meléndez**  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Caracterización del estiércol		
			Lámina	Escala	Fecha
	Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  <b>Realizado por: Eyner Toala</b>	2		05/12/2013

## ANEXO IV Tanques cilíndricos Plastigama.

### TANQUE TIPO BOTELLA DE PE

PARA ALMACENAR EXCLUSIVAMENTE AGUA

Elaborado en polietileno con materia prima 100% virgen.

Higiénico, paredes lisas evitan el crecimiento de bacterias.

Hermética, tapa de traba con seguro giratorio.

**Capacidad 5000 Litros**

**Capacidad 1100 Litros**

**Bordes Planos**  
Facilitan instalación

**Capacidad 2500 Litros**

**Capacidad 500 Litros**

**Refuerzo Estructural**

**Tapa de Traba.**  
Con seguro giratorio, garantiza la calidad del agua.

#### Especificaciones Técnicas

Capacidad Nominal	Capacidad			A	B	H
	Total*	Útil**	litros			
5000	5500	5350	636	2320	1580	
2500	2540	2400	550	1568	1460	
1100	1170	1100	550	1120	1390	
500	568	546	550	870	1082	
250	280	260	550	690	880	

\* **Capacidad Total:** Lleno hasta rebosar.  
 \*\* **Capacidad Útil:** Lleno hasta donde el flotador permite.

**IMPORTANTE:**  
 La base de los tanques deberá apoyarse obligatoriamente sobre una superficie plana, horizontal, dura, uniforme, indeformable y limpia.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Especificaciones técnicas tanque 5000 L		
	Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  <b>Realizado por:</b> Eyner Toala	<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
			3		05/12/2013

## ANEXO V Tanque rectangular plastigama.

TANQUE RECTANGULAR

PARA ALMACENAR PRODUCTOS DE CONSUMO HUMANO

- ✔ Pared maciza, elaborados con polietileno 100% virgen.
- ✔ Herméticos, tapa a presión.

- ✔ Livianos, fácil de transportar y no se deforman.
- ✔ Higiénicos, paredes lisas evitan el crecimiento de bacterias.
- ✔ Mayor estabilidad por la forma rectangular de su base.

**Tapa a presión.**  
Garantiza la hermeticidad y mejor conservación del producto almacenado



**Diseño especial.**  
Proporciona estabilidad y facilita su mantenimiento



Especificaciones Técnicas



VISTA FRONTAL      VISTA LATERAL

Capacidad			A	L	H
Nominal	Total*	Útil*			
	litros		mm	mm	mm
500	555	514	1090	1250	620

\* **Capacidad Total:** Lleno hasta rebosar.  
\*\* **Capacidad Útil:** Lleno hasta donde el flotador permite.

<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESPOCH</b>	<b>Especificaciones técnicas tanque de mezcla 500 L</b>		
	Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  <b>Realizado por:</b> Eyner Toala	<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
			4		05/12/2013

**ANEXO VI Rancho Verónica.**



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Corral del rancho.		
	Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  <b>Realizado por:</b> Eyner Toala	<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
			5		05/12/2013

**ANEXO VII Cuantificación del estiércol del rancho.**



<b>NOTAS</b>	<p align="center"><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b></p> <p>Certificado <input type="checkbox"/>    Por eliminar <input type="checkbox"/></p> <p>Aprobado <input type="checkbox"/>    Por aprobar <input type="checkbox"/></p> <p>Por calificar <input type="checkbox"/>    Información <input type="checkbox"/></p>	<p><b>ESPOCH</b></p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS</p> <p><b>Realizado por:</b> Eyner Toala.</p>	<p><b>Pesaje del estiércol producido por un animal al día.</b></p>				
		<table border="1"> <tr> <td><b>Lámina</b></td> <td><b>Escala</b></td> <td><b>Fecha</b></td> </tr> <tr> <td align="center">6</td> <td></td> <td align="center">05/12/2013</td> </tr> </table>	<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>	6	
<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>					
6		05/12/2013					



**ANEXO VIII Cuantificación del estiércol en el corral.**



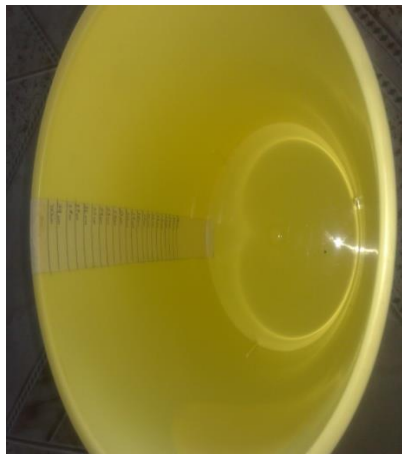
<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESPOCH</b>	<b>Pesaje del estiércol fresco producido por 10 animales en el corral al día.</b>		
	Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  <b>Realizado por:</b> Eyner Toala.	<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
			7		05/12/2013

### ANEXO IX Muestreo del Estiércol



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Muestreo aleatorio simple		
	Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  <b>Realizado por:</b> Eyner Toala.	<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
			8		05/12/2013

### ANEXO X Determinación de la densidad del estiércol



<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESPOCH</b>	<b>Densidad estiércol fresco</b>		
			<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
	Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  <b>Realizado por:</b> Eyner Toala.	9		05/12/2013

### ANEXO XI Biodigestor a escala piloto



a)



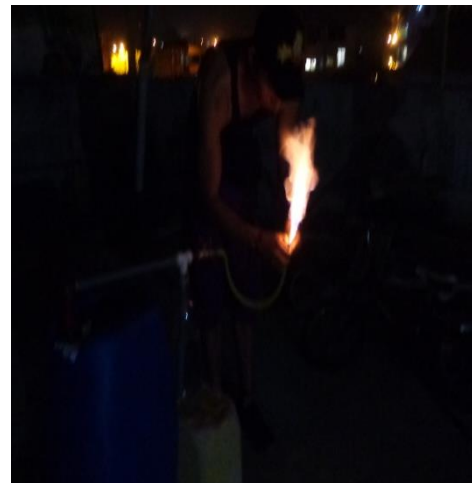
b)



c)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Biodigestor de polietileno capacidad 60 L		
a) Carga del estiércol. b) Carga de agua. c) Puesta en marcha.	Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  Realizado por: Eyner Toala.	<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
			10		05/12/2013

## ANEXO XII Generacion de Biogás



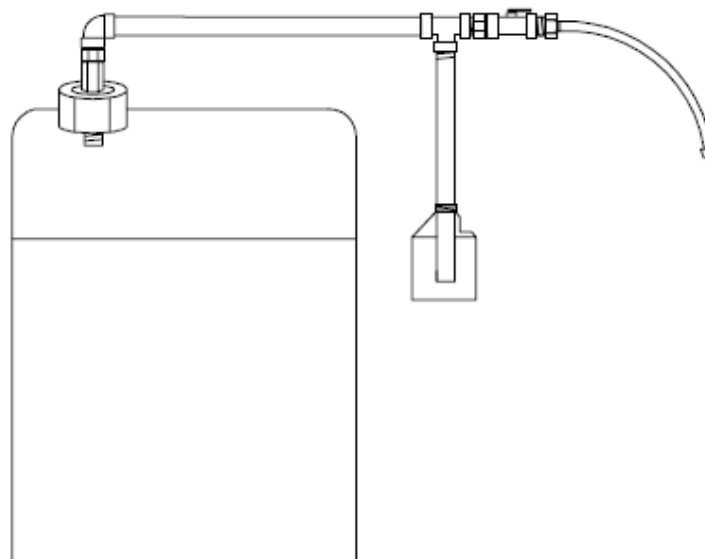
<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESPOCH</b>	<b>Producción de biogás en 40 días.</b>		
	Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  <b>Realizado por:</b> Eyner Toala.	<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
			11		05/12/2013

### ANEXO XIII Generacion de Biofertilizante



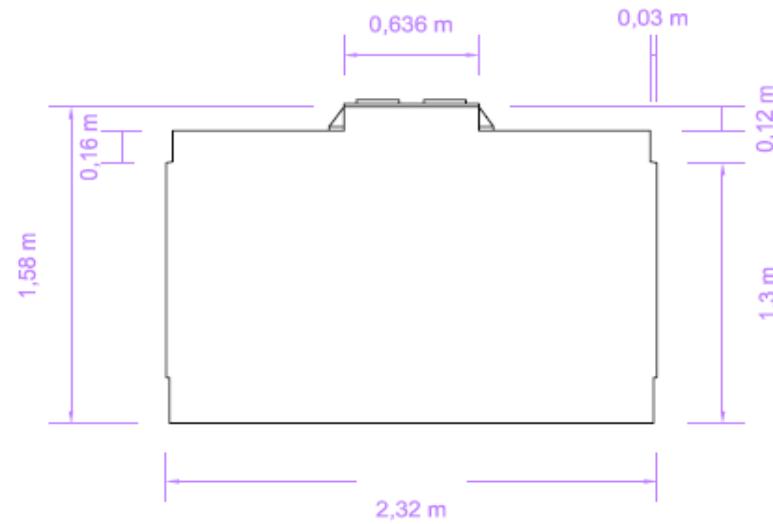
<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/>	<b>ESPOCH</b>  FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  <b>Realizado por:</b> Eyner Toala.	<b>Producción de biofertilizante en 40 días.</b>		
			<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
			12		05/12/2013

### ANEXO XIV Diseño del biodigestor a escala piloto



<p style="text-align: center;"><b>NOTAS</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b></p> <p>Certificado <input type="checkbox"/>      Por eliminar <input type="checkbox"/>  Aprobado <input type="checkbox"/>      Por aprobar <input type="checkbox"/>  Por calificar <input type="checkbox"/>      Información <input type="checkbox"/></p>	<p><b>ESPOCH</b></p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS  ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS</p> <p><b>Realizado por:</b> Eyner Toala.</p>	<p><b>Modelo del biodigestor a escala piloto.</b></p>		
			<p><b>Lámina</b></p> <p>13</p>	<p><b>Escala</b></p> <p>1:1</p>	<p><b>Fecha</b></p> <p>05/12/2013</p>

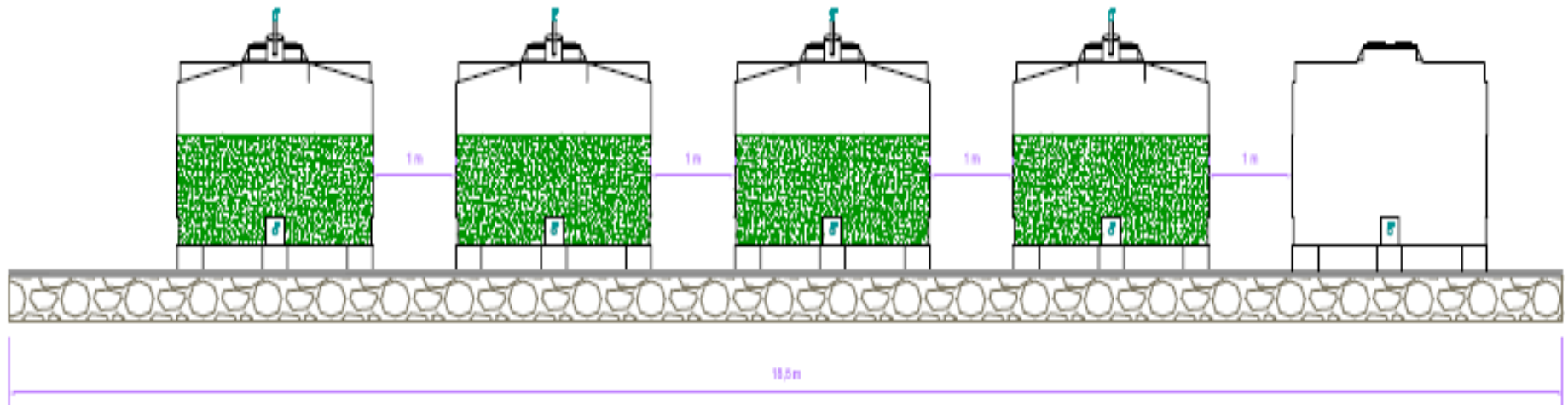
### ANEXO XV Dimensionamiento del tanque Biodigestor



<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESPOCH</b>	<b>Tanque cilíndrico plastigama 5000 L</b>		
	Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  <b>Realizado por:</b> Eyner Toala.	<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
			14	1:1	05/12/2013

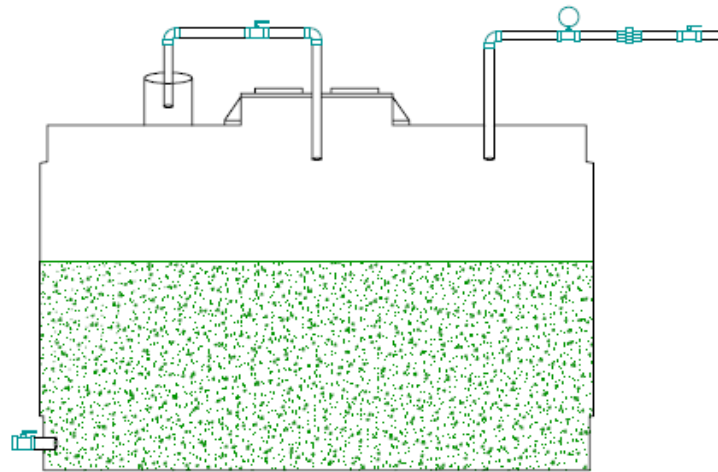


**ANEXO XVI Vista frontal del sistema de biodigestores**



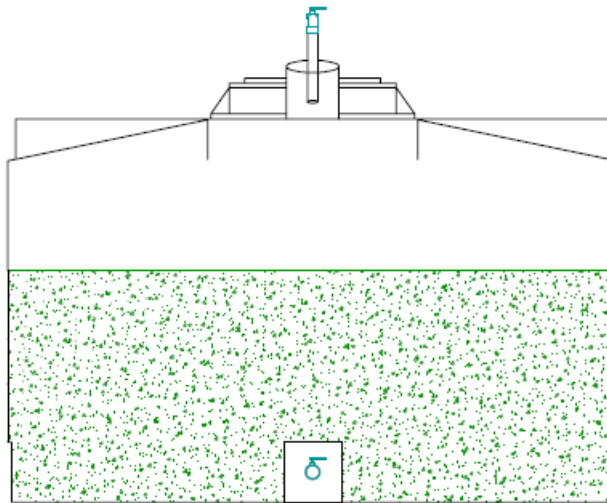
<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESPOCH</b>	<b>Vista frontal</b>		
	Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  <b>Realizado por:</b> Eyner Toala.	<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
			15	1:1	05/12/2013

**ANEXO XVII Vista lateral del Biodigestor.**



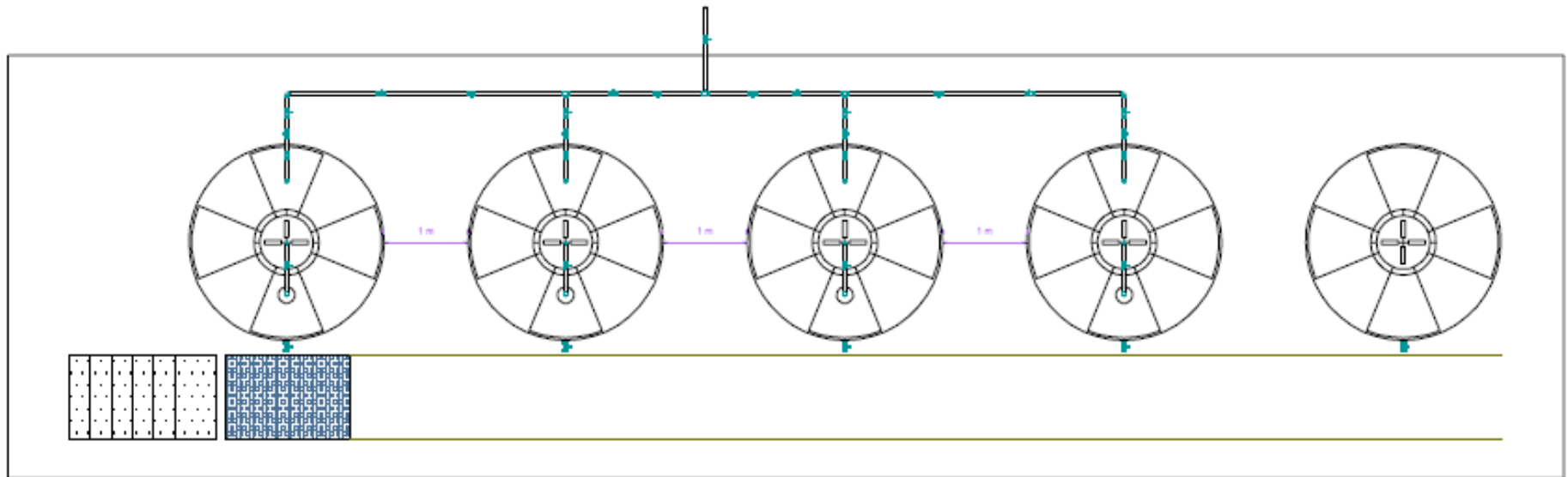
<b>NOTAS</b>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b></p> <p>Certificado <input type="checkbox"/>    Por eliminar <input type="checkbox"/></p> <p>Aprobado <input type="checkbox"/>    Por aprobar <input type="checkbox"/></p> <p>Por calificar <input type="checkbox"/>    Información <input type="checkbox"/></p>	<p><b>ESPOCH</b></p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS</p> <p><b>Realizado por:</b> Eyner Toala.</p>	<b>Vista lateral con sus componentes.</b>		
			<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
			16	1:1	05/12/2013

**ANEXO XVIII Vista frontal del biodigestor**



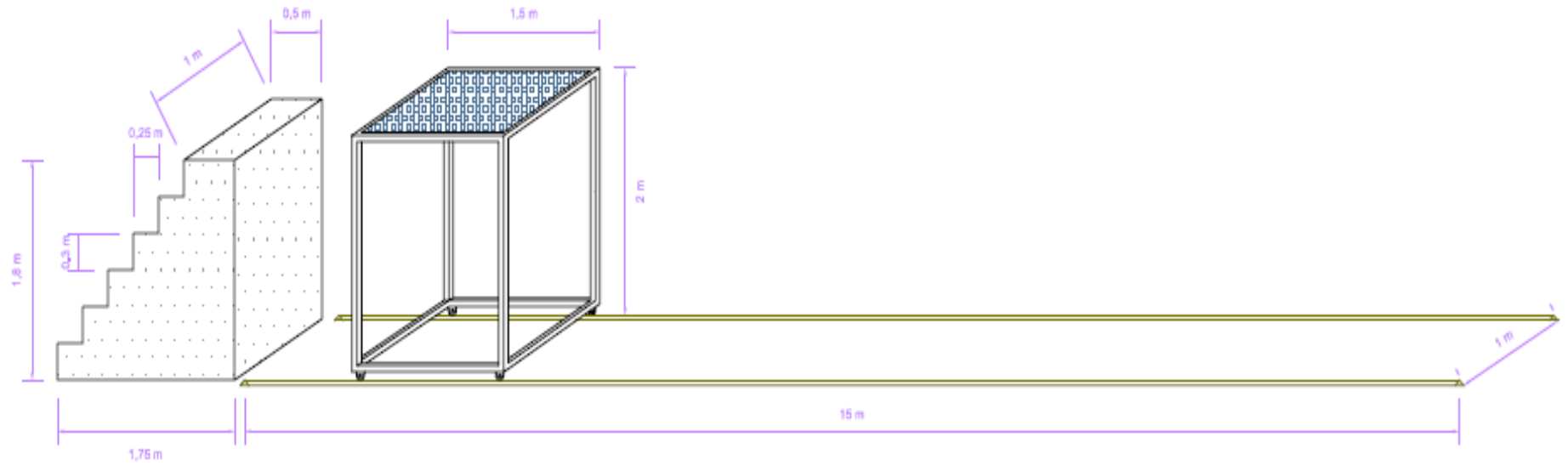
<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESPOCH</b>	<b>Vista frontal</b>		
	Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  <b>Realizado por:</b> Eyner Toala.	<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
			17	1:1	05/12/2013

**ANEXO XIX Vista superior del sistema de biodigestores**



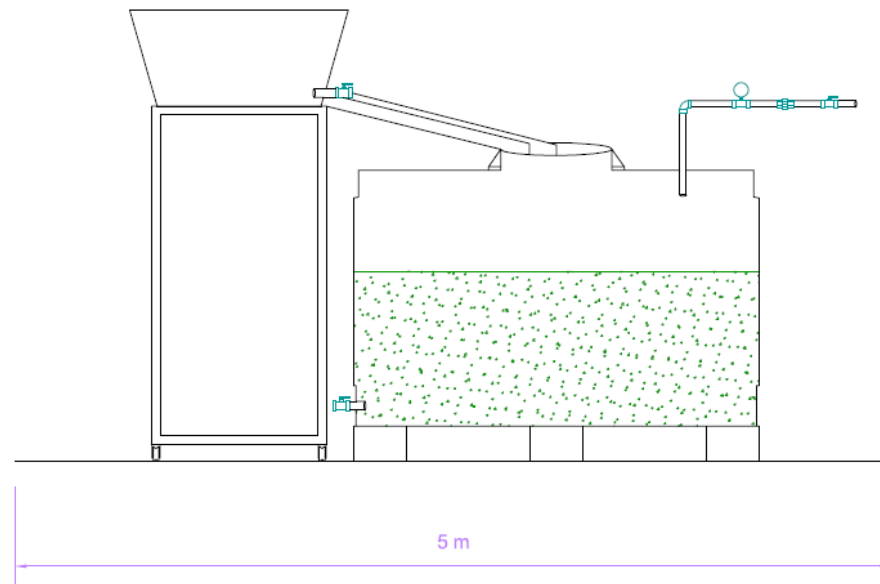
<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESPOCH</b>	<b>Vista superior</b>		
	Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  <b>Realizado por:</b> Eyner Toala.	<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
			18	1:1	05/12/2013

**ANEXO XX Diseño estructural para el llenado del sustrato**



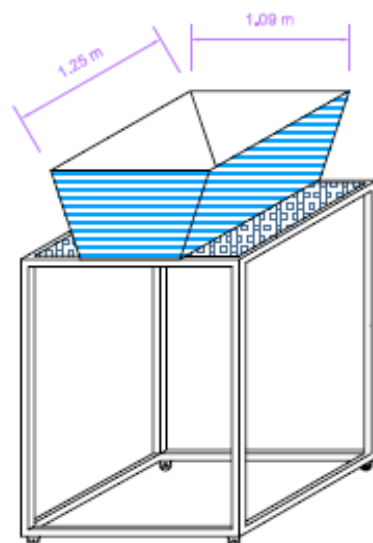
<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESPOCH</b>	<b>Diseño estructural</b>		
	Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  <b>Realizado por:</b> Eynner Toala.	<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
			19	1:1	05/12/2013

**ANEXO XXI Vista lateral del llenado del sustrato**



<b>NOTAS</b>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b></p> <p>Certificado <input type="checkbox"/>    Por eliminar <input type="checkbox"/></p> <p>Aprobado <input type="checkbox"/>    Por aprobar <input type="checkbox"/></p> <p>Por calificar <input type="checkbox"/>    Información <input type="checkbox"/></p>	<p><b>ESPOCH</b></p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS</p> <p><b>Realizado por:</b> Eyner Toala.</p>	<b>Vista lateral</b>		
			<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
			20	1:1	05/12/2013

### ANEXO XXII Tanque de mezcla del sustrato



<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>  Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/>	<b>ESPOCH</b>  FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  <b>Realizado por:</b> Eyner Toala.	<b>Diseño tanque rectangular 500 L plastigama</b>		
			<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
			21	1:1	05/12/2013

**TABLA 2.2.1.2-2  
DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL.**

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>Determinación de la cantidad de Carbono Orgánico, previa rotura de las moléculas en varias unidades de Carbono simple que son convertidas posteriormente a CO<sub>2</sub> que se mide por analizador infrarrojo.</p> <p>La medición del TOC no se hace directamente sino por diferencia de TC y del IC:</p> <p>TOC = TC - IC</p>	<p>* Analizador de Carbono Orgánico Total de alta temperatura DC-190.</p> <p>* Jeringa de 100 ml de capacidad</p> <p>* 2 tubos de centrífuga para las muestras</p>	<p>*Solución de Ácido Fosfórico al 20%</p> <p>*Solución Patrón de Carbono Standard de 1000 ppm</p> <p>*Solución Patrón de Carbono Standard de 100 ppm.</p>	<p>* Calibrar el aparato.</p> <p>* Se toman 2 muestras una de entrada y otra de salida en dos tubos. Cogemos 100 ml con la jeringa e inyectamos en el analizador correspondiente (TC o IC).</p> <p>* Repetimos la inyección hasta obtener valores próximos entre sí.</p> <p>*Posteriormente se omitirán los más alejados.</p>	<p>Lectura en el aparato.</p>

FUENTE: MÉTODO DE COMBUSTIÓN Y DETERMINACIÓN POR INFRARROJOS.



**TABLA 2.2.1.2-3  
DETERMINACIÓN DEL NITRÓGENO TOTAL MÉTODO KJEDAHL**

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>Ésta determinación incluye el nitrógeno amoniacal y el nitrógeno orgánico. Se determina por el método de Kjedadhl que usa sulfato mercúrico como catalizador, convierte el nitrógeno ligado orgánicamente en el estado trivalente a Bisulfato de amonio, por digestión con ácido sulfúrico.</p>	<p>* Matraz de Kjedadhl de 800mL * Aparato digestor * Aparato de destilación</p>	<p>* Agua exenta de amoniaco. * Solución amortiguadora de fosfato. * Solución de sulfato mercúrico. * Solución de ácido sulfúrico, sulfato mercúrico, sulfato de potasio. * Solución hidróxido de sodio, tiosulfato de sodio. * Indicador de fenolftaleína. * Ácido bórico con indicador. * Solución valorada de ácido sulfúrico 0,02 N</p>	<p>* Adicionar 100mL de muestra al matraz de Kjedadhl, agregar 50mL de la solución ácido-sulfato. * Se digiere la muestra por ebullición durante 20 a 30 min, después de que se haya clarificado la solución. * Se enfría el residuo y se agregan 300mL de agua exenta de amoniaco. * Se alcaliza con una solución hidróxido de sodio-tiosulfato de sodio. * Se destila en 50mL del ácido bórico con indicador hasta que se hayan recolectado unos 200mL del destilado. * Se titula el amoniaco con ácido sulfúrico 0,02N hasta el vire del indicador. * Se lleva un testigo de los reactivos y se aplica las correcciones necesarias.</p>	<p>Se usa la siguiente ecuación para su cálculo:</p> $\frac{(\text{mLH}_2\text{SO}_4 \text{ muestra} - \text{mLH}_2\text{SO}_4 \text{ testigo}) \times 280}{\text{mL muestra.}}$

FUENTE: MÉTODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES Y POTABLES., MÉTODO KJEDAHL

**TABLA 2.2.1.2-4  
DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES.**

FUNDAMENTO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>Se evapora una muestra correctamente mezclada, en una placa previamente secada y pesada a peso constante en un horno a 103-105C.</p> <p>El aumento de peso en la placa vacía representa los sólidos totales</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Cápsulas de porcelana de 90 mm de diámetro</li> <li>*Deseccador</li> <li>*Horno de mufla</li> <li>*Horno de secado</li> <li>*Balanza de análisis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Llevar las cápsulas una vez pesadas al horno de secado a 103-105 C durante una hora, luego poner en el desecador por el tiempo necesario.</li> <li>*Poner un volumen de la muestra considerable y mezclada en la cápsula, evaporarla hasta que se seque en un horno de secado a 2 C o baño de vapor.</li> <li>*Secar la muestra evaporada en un horno a 103-105 C por una hora.</li> <li>*Enfriar en el desecador y pesar.</li> <li>*Realizar varios ensayos hasta obtener el peso constante.</li> </ul>	<p>Para determinar los sólidos totales se realiza mediante la siguiente ecuación:</p> $\frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ST} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volumenmuestramL}}$ <p>Dónde:</p> <p>A= Peso de residuo seco + cápsula mg</p> <p>B= Peso de la cápsula en mg</p>

FUENTE: MÉTODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES Y POTABLES., MÉTODO APHA 2540B., PP. 81

**TABLA 2.2.1.2-5**  
**DETERMINACIÓN DEL COBRE POR EL MÉTODO ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.**

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>Una fracción de muestra previamente digerida, es aspirada hacia una llama aire – acetileno posicionado en el paso óptico de un espectrofotómetro de absorción atómica.</p> <p>La población de átomos al estado elemental absorbe radiación característica proveniente de una fuente de emisión de líneas atómicas de Cu; la relación entre potencia incidente y potencia transmitida es una medida de la concentración del elemento en la muestra.</p>	<p>*Balanza analítica.</p> <p>*Campana, con sistema de extracción de gases.</p> <p>*Espectrofotómetro de absorción atómica.</p> <p>*Fuente de emisión, de líneas atómicas de Cu.</p> <p>*Plancha calefactora, con regulación de temperatura o digestor microondas.</p> <p>*Material de uso habitual en laboratorio.</p>	<p>*Ácido clorhídrico, HCl 37 % v/v</p> <p>*Ácido nítrico, HNO<sub>3</sub>, 65% v/v</p> <p>*Estándar comercial de Cu, de 1000 mg/L.</p> <p>*Aire.</p> <p>*Acetileno.</p> <p>*Solución estándar 1000 mg Cu /L 1 % v/v HNO<sub>3</sub>.</p> <p>*Soluciones estándares de calibración.</p> <p>*Solución blanco término cero.</p>	<p>*Ensayo de las muestras.</p> <p>*Digestión en plancha calefactora. Sin pre concentración.</p> <p>*Digestión en plancha calefactora. Con pre concentración inicial.</p> <p>*Digestión con Microondas.</p> <p>*Ajuste y calibración del instrumento.</p> <p>*Lectura de las muestras.</p>	<p>Calcular la concentración de cobre de acuerdo a la siguiente expresión:</p> <p style="text-align: center;"><b>mg Cu / L = ( I - bco ) x d</b></p> <p><b>mg Cu / L</b> = concentración de cobre, expresada en miligramos de cobre por litro.</p> <p><b>I</b> = lectura de la muestra en mg/l.</p> <p><b>bco</b> = lectura blanco reactivo sometido al mismo proceso de las muestras.</p> <p><b>d</b> = factor de dilución o concentración.</p>

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. APHA. AWWA. WEF. 21TH EDITION 2005, PART 3000. DIRECT AIR-ACETYLENE FLAME METHOD -3111 B.

**TABLA 2.2.1.2-7**  
**DETERMINACIÓN DE HIERRO POR EL MÉTODO ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.**

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>Una fracción de muestra previamente digerida es aspirada hacia una llama aire – acetileno posicionado en el paso óptico de un espectrofotómetro de absorción atómica.</p> <p>La población de átomos al estado elemental absorbe radiación característica proveniente de una fuente de emisión de líneas atómicas de Fe, la relación entre potencia incidente y potencia transmitida es una medida de la concentración del elemento en la muestra.</p>	<p>*Balanza analítica.</p> <p>*Campana, con sistema de extracción de gases.</p> <p>*Espectrofotómetro de absorción atómica.</p> <p>*Fuente de emisión, de líneas atómicas de Fe.</p> <p>*Plancha calefactora, con regulación de temperatura o digestor microondas.</p> <p>*Material de uso habitual en laboratorio.</p>	<p>Ácido clorhídrico, HCl 37 % v/v</p> <p>Ácido nítrico, HNO<sub>3</sub>, 65% v/v</p> <p>Estándar comercial de Cu, de 1000 mg/L.</p> <p>Aire.</p> <p>Acetileno.</p> <p>Ácido nítrico (1+1) 50 % v/v.</p> <p>Solución estándar 1000 mg Fe /L 1 % v/v HNO<sub>3</sub>.</p> <p>Soluciones de calibración estándar.</p> <p>Solución blanco término cero.</p>	<p>Ensayo de las muestras.</p> <p>Digestión en plancha calefactora. Sin pre concentración.</p> <p>Digestión en plancha calefactora. Con pre concentración inicial.</p> <p>Digestión con Microondas.</p> <p>Ajuste y calibración del instrumento.</p> <p>Lectura de las muestras.</p>	<p>Calcular la concentración de hierro de acuerdo a la siguiente expresión:</p> $\text{mg Fe / L} = (I - \text{bco}) \times d$ <p><b>mg Fe / L</b> = concentración de hierro, expresada en miligramos de hierro por litro.</p> <p><b>I</b> = lectura de la muestra en mg/l.</p> <p><b>bco</b> = lectura blanco reactivo sometido al mismo proceso de las muestras.</p> <p><b>d</b> = factor de dilución o concentración.</p>

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. APHA. AWWA. WEF. 21TH EDITION 2005, PART 3000. DIRECT AIR-ACETYLENE FLAME METHOD -3111 B.

**TABLA 2.2.1.2-7**  
**DETERMINACIÓN DE MANGANESO POR EL MÉTODO ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.**

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>Una fracción de muestra previamente digerida es aspirada hacia una llama aire – acetileno posicionado en el paso óptico de un espectrofotómetro de absorción atómica.</p> <p>La población de átomos al estado elemental absorbe radiación característica proveniente de una fuente de emisión de líneas atómicas de Mn, la relación entre potencia incidente y potencia transmitida es una medida de la concentración del elemento en la muestra.</p>	<p>*Balanza analítica.</p> <p>*Campana, con sistema de extracción de gases.</p> <p>*Espectrofotómetro de absorción atómica.</p> <p>*Fuente de emisión, de líneas atómicas de Fe.</p> <p>*Plancha calefactora, con regulación de temperatura o digestor microondas.</p> <p>*Material de uso habitual en laboratorio.</p>	<p>Ácido clorhídrico, HCl 37 % v/v</p> <p>Ácido nítrico, HNO<sub>3</sub>, 65% v/v</p> <p>Estándar comercial de Mn, de 1000 mg/L.</p> <p>Aire.</p> <p>Acetileno.</p> <p>Ácido nítrico (1+1) 50 % v/v.</p> <p>Solución estándar 1000 mg Mn /L 1 % v/v HNO<sub>3</sub></p> <p>Soluciones de calibración estándar.</p> <p>Solución blanco término cero.</p>	<p>Ensayo de las muestras.</p> <p>Digestión en plancha calefactora. Sin pre concentración.</p> <p>Digestión en plancha calefactora. Con pre concentración inicial.</p> <p>Digestión con Microondas.</p> <p>Ajuste y calibración del instrumento.</p> <p>Lectura de las muestras.</p>	<p>Calcular la concentración de manganeso de acuerdo a la siguiente expresión:</p> <p style="text-align: center;"><b>mg Mn / L = ( I - bco ) x d</b></p> <p><b>mg Mn / L</b> = concentración de manganeso, expresada en miligramos de manganeso por litro.</p> <p><b>I</b> = lectura de la muestra en mg/l.</p> <p><b>bco</b> = lectura blanco reactivo sometido al mismo proceso de las muestras.</p> <p><b>d</b> = factor de dilución o concentración.</p>

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. APHA. AWWA. WEF. 21TH EDITION 2005, PART 3000. DIRECT AIR-ACETYLENE FLAME METHOD -3111 B.

**TABLA 2.2.1.2-8**  
**DETERMINACIÓN DE CINCO POR EL MÉTODO ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.**

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>Una fracción de muestra previamente digerida es aspirada hacia una llama aire – acetileno posicionado en el paso óptico de un espectrofotómetro de absorción atómica.</p> <p>La población de átomos al estado elemental absorbe radiación característica proveniente de una fuente de emisión de líneas atómicas de Zn, la relación entre potencia incidente y potencia transmitida es una medida de la concentración del elemento en la muestra.</p>	<p>*Balanza analítica.</p> <p>*Campana, con sistema de extracción de gases.</p> <p>*Espectrofotómetro de absorción atómica.</p> <p>*Fuente de emisión, de líneas atómicas de Fe.</p> <p>*Plancha calefactora, con regulación de temperatura o digestor microondas.</p> <p>*Material de uso habitual en laboratorio.</p>	<p>Ácido clorhídrico, HCl 37 % v/v</p> <p>Ácido nítrico, HNO<sub>3</sub>, 65% v/v</p> <p>Estándar comercial de Zn, de 1000 mg/L.</p> <p>Aire.</p> <p>Acetileno.</p> <p>Solución de HCl ( 1+1) 50% v/v.</p> <p>Solución HCl 1% v/v.</p> <p>Solución estándar 1000 mg Zn /L 1% v/v HCl</p> <p>Soluciones estándares de calibración.</p> <p>Solución blanco término cero.</p>	<p>Ensayo de las muestras.</p> <p>Digestión en plancha calefactora. Sin pre concentración.</p> <p>Digestión en plancha calefactora. Con pre concentración inicial.</p> <p>Digestión con Microondas.</p> <p>Ajuste y calibración del instrumento.</p> <p>Lectura de las muestras.</p>	<p>Calcular la concentración de manganeso de acuerdo a la siguiente expresión:</p> <p><b>mg Zn / L = ( I - bco ) x d</b></p> <p><b>mg Zn / L</b> = concentración de Cinc, expresada en miligramos de cinc por litro.</p> <p>I = lectura de la muestra en mg/l.</p> <p><b>bco</b> = lectura blanco reactivo sometido al mismo proceso de las muestras.</p> <p><b>d</b> = factor de dilución o concentración.</p>

FUENTE: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. APHA. AWWA. WEF. 21TH EDITION 2005, PART 3000. DIRECT AIR-ACETYLENE FLAME METHOD -3111 B.

**TABLA 2.2.1.2-9  
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA.**

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>La determinación del contenido en carbono orgánico se lo realiza por oxidación con dicromato en presencia de ácido sulfúrico. El exceso de oxidante se valora con sulfato ferroso amónico y la cantidad de carbono oxidado se calcula a partir de la cantidad de dicromato reducido. De este dato se deduce la materia orgánica oxidable.</p>	<p>*Matraces erlenmeyer de 500 ml.</p> <p>*Agitador magnético y bureta o valorador automático.</p>	<p>*Dicromato potásico 1N.</p> <p>*Ácido sulfúrico concentrado 96%14.</p> <p>*Ácido fosfórico concentrado 85%</p> <p>*Difenilamina en solución sulfúrica.</p> <p>*Sulfato ferroso amónico</p>	<p>*Pesar entre 0,2 y 1 g de muestra de suelo secado, triturado y tamizado a 250 µm, dependiendo del contenido en materia orgánica estimado en función de su aspecto.</p> <p>*Se añaden 10 ml de solución de dicromato potásico 1N, imprimiendo un movimiento de giro al matraz para asegurar una mezcla íntima con el suelo.</p> <p>*Adicionar 20 ml de ácido sulfúrico concentrado, lentamente y agitando, para que la efervescencia no sea violenta. Se deja la mezcla en reposo durante 30 min.</p> <p>*Se para la reacción añadiendo sobre la mezcla 200 ml de agua destilada y posteriormente 10 ml de ácido fosfórico concentrado.</p> <p>*Se valora potencio métricamente con un valorador automático.</p>	$MO = \frac{0.003 * k_1 * k_2 * (m - m')}{P} \%$ <p><b>m</b> = mili equivalentes de dicromato potásico añadidos (10 ml x 1N).</p> <p><b>m'</b> = mili equivalentes de sal de Möhr consumidos.</p> <p><b>P</b> = peso de la muestra seca, en g.</p> <p><b>k1</b> = 1,72 (constante correspondiente al contenido medio de carbono en la materia orgánica).</p> <p><b>k2</b> = 1,29 (constante de recuperación asignada al método de oxidación utilizado para la oxidación en frío con dicromato potásico).</p>

FUENTE: NELSON, D.W.; SOMMERS, L.E. (1982). TOTAL CARBON, ORGANIC CARBON AND ORGANIC MATTER.

**TABLA 2.2.1.2-10  
DETERMINACIÓN DE COLIFORMES FECALES.**

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO
<p>La determinación de coliformes se efectúa sembrando en medio sólido un volumen conocido de la muestra. Se incuba durante un tiempo y a condiciones determinadas temperaturas, se cuenta el número de colonias generadas en la incubación.</p>	<p>Los organismos patógenos que pueden existir en las aguas residuales son generalmente pocos y difíciles de aislar e identificar, por lo cual se prefiere utilizar los coliformes como organismo indicador de contaminación o en otras palabras como indicador de la existencia de organismos productores de enfermedad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cajas Petri</li> <li>• Pipetas</li> <li>• Autoclave</li> <li>• Estufa</li> <li>• Disco filtrante</li> <li>• Agar de Plata</li> <li>• Agua destilada</li> <li>• Pinzas</li> <li>• Papel filtro</li> <li>• Matraz Kitasato</li> <li>• Bomba al vacío</li> </ul>	<p>Se hace pasar un volumen de agua por el disco, las bacterias serán detenidas en la superficie de la membrana.</p> <p>Se quita el disco y se pone sobre una almohadilla absorbente que previamente se ha saturado con el medio de cultivo apropiado.</p> <p>Las almohadillas absorbentes con los discos filtrantes se acomodan en cajas de Petri de tamaño especial, las cuales se incuban.</p> <p>Luego se lleva a la estufa termostaticada a 37 °C o 44,5 °C para la determinación de los coliformes fecales, durante un período de 24 horas.</p> <p>Se procede al conteo de las colonias formadas en cada disco filtrante, expresando los resultados en millones de microorganismos por litro de agua.</p>

FUENTE: MÉTODOS NORMALIZADOS PARA ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES Y POTABLES, NORMA INEN 1108.



**TABLA 2.2.1.2-11  
DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES.**

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO
<p>Se hace pasar el agua a través de una membrana filtrante, con la finalidad de que los microorganismos se queden en la membrana para la incubación de los mismos en cajas petri.</p>	<p>Los organismos patógenos que pueden existir en las aguas residuales son generalmente pocos y difíciles de aislar e identificar, por lo cual se prefiere utilizar los coliformes como organismo indicador de contaminación o en otras palabras como indicador de la existencia de organismos productores de enfermedad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cajas Petri</li> <li>• Pipetas</li> <li>• Autoclave</li> <li>• Estufa</li> <li>• Disco filtrante</li> <li>• Agar de Plata</li> <li>• Agua destilada</li> <li>• Pinzas</li> <li>• Papel filtro</li> <li>• Matraz Kitasato</li> <li>• Bomba al vacío</li> </ul>	<p>Se coloca las cajas Petri introduciendo el medio de cultivo.</p> <p>Se filtra la muestra en un matraz kitasatos de vidrio utilizando la membrana filtrante de 0,4um de diámetro del poro.</p> <p>Se coloca la membrana en el filtro con la ayuda de unas pinzas esterilizadas.</p> <p>Tomar 10 mililitros de la muestra diluida, en función de la contaminación esperada, y se lleva al portafiltro.</p> <p>Se conecta la bomba de vacío, para filtrar la muestra.</p> <p>Se procede al conteo de las colonias formadas en cada disco filtrante, expresando los resultados en millones de microorganismos por litro de agua.</p>

FUENTE: MÉTODOS NORMALIZADOS PARA ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES Y POTABLES, NORMA INEN 1108.

