



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“DISEÑO DE UN BIODIGESTOR TIPO BOLSA FLEXIBLE
UTILIZANDO DESECHOS DE ESTIÉRCOL PORCINO, EN LA
FINCA DIVINO NIÑO, EN LA COMUNIDAD CAMPO ALEGRE,
PARROQUIA SAN JOSÉ DE PAYAMINO”**

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: VERÓNICA BEATRIZ VERA MAZA

TUTOR: DR. FAUSTO YAULEMA

Riobamba – Ecuador

2015

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

El tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación “**DISEÑO DE UN BIODIGESTOR TIPO BOLSA FLEXIBLE UTILIZANDO DESECHOS DE ESTIÉRCOL PORCINO, EN LA FINCA DIVINO NIÑO, EN LA COMUNIDAD CAMPO ALEGRE, PARROQUIA SAN JOSÉ DE PAYAMINO**”, de responsabilidad de la Señorita Egresada Verónica Beatriz Vera Maza, ha sido prolijamente revisado por los miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Fausto Yaulema G.

**DIRECTOR DE TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Dr. Roberto Erazo

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

“Yo, Verónica Beatriz Vera Maza, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en ésta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.”

VERÓNICA BEATRIZ VERA MAZA

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo se lo dedico a toda mi familia. Para mi madre Flor María, mi padre Luis Vera por su apoyo incondicional, supieron inculcarme valores, principios que han hecho de mi lo que soy una persona responsable y empeñosa. A mi bebe que viene en camino quien ha sido el motor principal para culminar con este trabajo.

Verónica

AGRADECIMIENTO

Tú que me has dado fuerza y valor en toda mi carrera, y con tu bendición llegue a culminar una etapa muy importante en mi vida, primeramente te agradezco a ti mi Dios.

A toda mi familia que con su apoyo absoluto han estado presentes en mi carrera desde el principio, a mi mami Flor María; mi papi Luis Vera a mis dos hermanos Janeth y Geovanny; a mi abuelita Ernestina, que siempre han deseado un buen porvenir en mi vida profesional.

A mi esposo Nelson Shiguango que supo entenderme y apoyarme en los difíciles y buenos momentos de mi vida.

A mi Director de Tesis Dr. Fausto Yaulema y Tutor Dr. Roberto Erazo, por haber compartido sus conocimientos para la realización del presente estudio.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

FBU	Fundación Brethren y Unida
FOES	Fondo de Contravalor Ecuatoriano Suizo
CH₄	Metano
CH₃COO⁻	Acetato
CO₂	Dióxido de carbono
Cm	Centímetro
DBO	Demanda biológica de oxígeno
DQO	Demanda química de oxígeno
Atm	Atmósferas
%	Porcentaje
H₂	Hidrogeno
pH	Potencial de hidrógeno
°C	Grados Celsius
GLP	Gas licuado de petróleo
AGV	Ácidos grasos volátiles
C/N	Relación Carbono Nitrógeno
EPA	Asociación de Protección Ambiental
EF	Estiércol Fresco
ST	Sólidos Totales
SO₄⁻²	Sulfatos
TR	Tiempo de Retención
NaCl	Cloruro de Sodio
Km²	Kilómetros cuadrados
V_{CD}	Volumen de la carga diaria
FAO	Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
JUSTIFICACIÓN	xvii
ANTECEDENTES TEÓRICOS	xviii
OBJETIVOS.....	xx
CAPÍTULO I.....	1
1 MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Estiércol.....	1
1.1.1 <i>Contaminación producida por el estiércol</i>	1
1.1.2 <i>Producción de excretas porcinas</i>	2
1.1.3 <i>Producción de estiércol fresco diario</i>	3
1.2 Digestión anaerobia.....	3
1.2.1 <i>Principales productos de la digestión anaerobia</i>	4
1.3 Beneficios al instalar un biodigestor.....	5
1.3.1 <i>Beneficios económicos</i>	5
1.3.2 <i>Beneficios medio ambientales</i>	5
1.3.3 <i>Beneficios sociales y de salud</i>	6
1.4 Etapas de la fermentación metanogénica.....	6
1.4.1 <i>Hidrólisis</i>	7
1.4.2 <i>Etapa fermentativa o acidogénica</i>	7
1.4.3 <i>Etapa acetogénica</i>	8
1.4.4 <i>Etapa metanogénica</i>	8
1.5 Factores que se deben controlar en la producción de biogás	8
1.5.1 <i>Estiércol disponible</i>	8
1.5.2 <i>Temperatura</i>	9
1.5.3 <i>Tiempo de retención</i>	9

1.5.4	<i>pH y alcalinidad</i>	10
1.5.5	<i>Tóxicos e inhibidores</i>	11
1.5.6	<i>Relación carbono/nitrógeno</i>	11
1.5.7	<i>Hidrógeno</i>	12
1.5.8	<i>Sulfuro y sulfuros</i>	12
1.5.9	<i>Cationes y metales pesados</i>	12
1.5.10	<i>Otros inhibidores</i>	13
1.5.11	<i>Niveles de sólidos totales</i>	13
1.6	Relación materia prima: agua	14
1.6.1	<i>Carga de materia prima diaria</i>	14
1.6.2	<i>Agitación</i>	15
1.7	Biodigestores	15
1.7.1	<i>Características del digestor</i>	15
1.7.2	<i>Tipos de biodigestores</i>	16
1.7.3	<i>Modelo chino</i>	18
1.7.4	<i>Modelo indiano</i>	18
1.7.5	<i>Biodigestor de estructura flexible</i>	19
1.7.6	<i>Diferencias y similitudes entre los modelos de biodigestores</i>	22
1.7.7	<i>Consideraciones iniciales para el dimensionamiento de un biodigestor</i>	23
1.8	Normativa ambiental	24
CAPÍTULO II		26
2	PARTE EXPERIMENTAL	26
2.1	Generalidades del área de estudio	26
2.1.1	<i>Localización geográfica</i>	26
2.1.2	<i>Macrolocalización</i>	26
2.1.3	<i>Microlocalización</i>	27
2.1.4	<i>Área de estudio</i>	29
2.2	Metodología	29
2.2.1	<i>Levantamiento topográfico (GPS)</i>	30

2.2.2	<i>Levantamiento de línea base ambiental</i>	30
2.2.3	<i>Cuantificación del ganado porcino existente, en la Finca Divino Niño</i>	32
2.2.4	<i>Cuantificación del estiércol fresco disponible, en la Finca Divino Niño</i>	33
2.2.5	<i>Muestreo y caracterización del estiércol porcino pre y post tratamiento</i>	34
2.2.6	<i>Dimensionamiento del biodigestor y elaboración de planos.</i>	40
2.3	Biodigestor prototipo (estructura flexible).	41
CAPÍTULO III		43
3	CÁLCULOS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
3.1	Diagnóstico ambiental	43
3.1.1	<i>Medio físico</i>	43
3.1.2	<i>Medio biológico</i>	44
3.2	Valoración e identificación de impactos	48
3.2.1	<i>Principales acciones de la problemática por la porqueriza</i>	48
3.2.2	<i>Discusión de resultados de la identificación y evaluación de impactos ambientales</i>	51
3.3	Factores para el diseño	51
3.4	Cálculos	52
3.4.1	<i>Cálculo de la cantidad de energía consumida al mes</i>	52
3.4.2	<i>Cálculo de determinación de materia prima disponible</i>	52
3.4.3	<i>Cálculo del volumen de la carga diaria de entrada (VCD)</i>	53
3.4.4	<i>Tiempo de retención</i>	54
3.4.5	<i>Volumen del biodigestor</i>	54
3.4.6	<i>Producción diaria de biogás</i>	55
3.4.7	<i>Dimensionamiento de la zanja del biodigestor</i>	56
3.4.8	<i>Volumen del reservorio del biogás</i>	57
3.4.9	<i>Dimensionamiento de la caja de entrada y salida</i>	59
3.4.10	<i>Dimensionamiento de la tubería de entrada y salida</i>	60
3.4.11	<i>Producción de bioabono por día</i>	60
3.4.12	<i>Dimensiones del biodigestor de estructura flexible que será aplicado en la finca “DIVINO NIÑO”</i>	61

3.5	Resultados y discusión	62
3.5.1	<i>Resultados de la caracterización del estiércol fresco</i>	62
3.5.2	<i>Resultados de análisis post tratamiento (BIOL.)</i>	72
3.5.3	<i>Resultados del análisis de las aguas residuales de la porqueriza</i>	74
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
	Conclusiones	75
	Recomendaciones.....	76
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Producción de estiércol fresco diario.....	3
Tabla 2-1	Características generales del biogás.....	4
Tabla 3-1	Producción de estiércol fresco diario.....	8
Tabla 4-1	Tiempo de retención según temperatura.....	8
Tabla 5-1	Valores de concentración de sustancias inhibitoras en un proceso anaeróbico..	11
Tabla 6-1	Valor porcentual de sólidos totales dentro de algunos residuos.....	12
Tabla 7-1	Porcentajes de mezcla, Materia Prima (Estiércol: Agua).....	12
Tabla 8-1	Diferencias y similitudes entre los modelos de biodigestores.....	19
Tabla 9-2	Localización geográfica del proyecto.....	23
Tabla 10-0	Categorización del impacto Ambiental.....	29
Tabla 11-2	Parámetros Pre-Tratamiento analizados.....	35
Tabla 12-2	Parámetros Post Tratamiento analizados (Biol).....	35
Tabla 13-2	Parámetros de las aguas negras y grises de la fosa analizados.....	36
Tabla 14-3	Datos generales de temperatura del mes de octubre y noviembre 2014.....	38
Tabla 15-3	Lista de la flora encontrada en la finca Divino Niño.....	39
Tabla 16-3	Lista de la fauna encontrada en la finca Divino Niño.....	41
Tabla 17-3	Matriz de identificación y evaluación de impactos ambientales.....	44
Tabla 18-3	Matriz de Valoración de Impactos Ambientales.....	45
Tabla 19-3	Determinación de materia prima disponible.....	47
Tabla 20-3	Principales datos de diseño para la obtención de Biogás.....	50

Tabla 21-3	Relación óptima entre longitud y diámetro del biodigestor.....	51
Tabla 22-3	Dimensiones de la zanja.....	51
Tabla 23-3	Resumen de las Dimensiones del Biodigestor de Estructura Flexible que será aplicado en la Finca “Divino Niño”.....	54
Tabla 24-3	Valores de pH en el estiércol porcino.....	55
Tabla 25-3	Valores de Temperatura en el estiércol porcino.....	56
Tabla 26-3	Valores de Sólidos Totales en el estiércol porcino.....	57
Tabla 27-3	Valores de Materia Orgánica en el estiércol porcino.....	58
Tabla 28-3	Valores de humedad en el estiércol fresco.....	58
Tabla 29-3	Valores de ceniza en el estiércol porcino.....	59
Tabla 30-3	Valores de C/N en el estiércol porcino.....	60
Tabla 31-3	Valores de sulfuro de hidrógeno en el estiércol porcino.....	61
Tabla 32-3	Valores de Coliformes totales en el estiércol porcino.....	62
Tabla 33-2	Valores de Coliformes fecales en el estiércol porcino.....	63
Tabla 34-3	Resultados de análisis del Biol.....	64
Tabla 35-3	Caracterización física, química, biológica de las aguas residuales de la porqueriza.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1	Fuentes y pérdidas de nitrógeno en el complejo planta suelo.....	2
Figura 2-1	Reacciones de la digestión anaeróbica de materiales polimérico.....	6
Figura 3-1	Tasa de crecimiento relativo de microorganismos psicofílicos, mesofílicos y termofílicos.....	9
Figura 4-1	Esquema de los cuatro pasos de la digestión anaerobia.....	10
Figura 5-1	Biodigestor Tipo Chino.....	16
Figura 6-1	Biodigestor Tipo Indiano.....	17
Figura 7-1	Biodigestor de Estructura Flexible.....	17
Figura 8-1	Consideraciones iniciales para el dimensionamiento de biodigestor.....	20
Figura 9-2	Localización de la Parroquia San José de Payamino.....	24
Figura 10-2	Ubicación del Proyecto Biodigestor en la Finca Divino niño, Comunidad Campo Alegre.....	25
Figura 11-2	Plano de la Porqueriza.....	26
Figura 12-2	Número de porcinos por corral.....	30

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3	Temperatura Ambiente de la zona.....	39
Gráfico 2-3	pH estiércol porcino.....	55
Gráfico 3-1	Temperatura estiércol porcino.....	56
Gráfico 4-3	Valores Sólidos Totales en el estiércol porcino.....	57
Gráfico 5-3	Valores de Materia Orgánica en el estiércol porcino.....	58
Gráfico 6-3	Valores de Humedad en el estiércol Fresco.....	59
Gráfico 7-3	Valores de ceniza en el estiércol porcino.....	60
Gráfico 8-3	Valores de C/N en el estiércol porcino.....	61
Gráfico 9-3	Valores de sulfuro de hidrógeno en el estiércol porcino.....	62
Gráfico 10-3	Valores de Coliformes Totales en el estiércol Fresco.....	63
Gráfico 11-3	Valores de Coliformes fecales en el estiércol porcino.....	64

RESUMEN

Se diseñó un biodigestor tipo bolsa flexible utilizando desechos de estiércol porcino, en la Finca Divino Niño, en la comunidad Campo Alegre, parroquia San José de Payamino, cantón Loreto, provincia de Orellana. La implementación de este biodigestor tiene la finalidad de producir biogás a partir de los residuos de estiércol porcino generados por 51 cabezas de ganado. Aplicando el método cuantitativo, se efectuó la cuantificación diaria de estiércol fresco de ganado porcino teniendo un promedio de 37,03kg/día, mediante el muestreo simple y compuesto se realizó la caracterización física, química, microbiológica del estiércol utilizando implementos de salud ocupacional y materiales como: guantes, mascarillas, botas de caucho, frascos ámbar, frascos estériles, cooler, pala, termómetros, cintas de pH, agua destilada, varilla de agitación, vaso de precipitación. Los resultados de los parámetros analizados fueron los siguientes: pH (6,41), Sólidos Totales (30,26%), Materia Orgánica (14,30%), Humedad (69,74), Cenizas (13,72%), Relación C/N (11,56%), Sulfuro de Hidrogeno (21,53mg/kg), Coliformes Totales ($3,63E+07$ Col/Kg), Coliformes Fecales ($2,53E+07$ Col/Kg), los mismos fueron analizados en el Laboratorio Acreditado AQLAB ubicado en la provincia de Orellana. Las dimensiones finales del biodigestor son: Volumen total $3,45m^3$, Longitud del biodigestor y zanja 6,27, Volumen del reservorio del biogás $0,69m^3$, Las cajas de entrada de la mezcla y salida del bioabono tienen un volumen de $0,30m^3$. Se colocará en una zanja con un ancho superior 0,68m, ancho inferior 0,48m y profundidad 0,78m, con una producción diaria aproximada de $2,35m^3$ de biogás. Luego de la investigación se concluyó que con la implementación de este sistema se pretende reducir aproximadamente el 80% de la contaminación producida por el mal manejo de las excretas de ganado porcino. Se recomienda al propietario de la finca Sr. Luis Vera, la construcción y difusión del sistema de biodigestores, para que la comunidad tenga noción de cómo aprovechar dichos residuos, entendiendo su importancia tanto ambiental y económica.

<BIODIGESTOR TIPO BOLSA FLEXIBLE> <DESECHOS DE ESTIÉRCOL PORCINO>
<FINCA DIVINO NIÑO> <SOFTWARE AUTOCAD 2013> <COMUNIDAD CAMPO
ALEGRE> <PARROQUIA SAN JOSÉ DE PAYAMINO> <DIFUSIÓN DEL SISTEMA DE
BIODIGESTORES > <LORETO [CANTÓN]> <ORELLANA [PROVINCIA]>

SUMMARY

A type of flexible bag (bio-digester) was designed by using pig fertilizer on the farm “Divino Niño” in the rural area or community “Campo Alegre” located in San Jose de Payamino, Loreto-Orellana. The implementation of this bio-digester aims to produce biogas from the waste pig manure generated by 51 heads of cattle. Applying the quantitative method, the daily quantification of fresh pig manure was undertaken with an average of 37,03kg / day, using the simple and composite sampling the physical characterization, chemical, microbiological fertilizer using implements of occupational health and materials are conducted such as gloves, face masks, rubber boots, amber bottles, sterile flasks, cooler, thermometers shovel, pH strips, distilled water, Stirring rod, glass precipitation. The results of the parameters analyzed were: pH (6,41), total solids (30,26%), Organic Matter (14,30%), Humidity (69,74), Ash (13,72%), Relation C/N (11,56%), hydrogen sulfide (21,53mg/kg), Total Coliforms (3,63E+07 Col/kg), fecal coliforms (2,53E+07 Col/kg), the same that were analyzed in Accredited Laboratory AQLAB located in Orellana. The final dimensions of the digester are: Volume Total 3,45m, length 6,27 digester ditch, reservoir volumen of biogas 0,69m boxes input and output biofertilizer mixture have a volumen of 0,30m. It will be placed in a ditch with an upper width 0,68m, 0,48m wide and lees depth 0,78m with an approximate daily production of biogas 2,35m. After finishing the research, it could be concluded that with the implementation of this system it was possible to reduce approximately 80% of the pollution caused by the farmhouse Mr. Luis Vera the construction and dissemination about the biodigester system because it is recommended for the community to have notion of how to take advantage of these kinds of waste and understood both environmental and economic importance.

Key words: <BIODIGESTOR FLEXIBLE BAG TYPE> <WASTE OF PIG MANURE>
<FINCA DIVINE CHILD> <SOFTWARE AUTOCAD 2013> <PARISH SAN JOSE DE
PAYAMINO> <BROADCAST SYSTEM BIOGESTORES> <LORETO[Canton]>
<ORELLANA [Province]>

INTRODUCCIÓN

La actual fuente de energía que se utiliza en el Ecuador ha tenido efectos positivos para solventar las necesidades básicas de una población pero también ha tenido efectos negativos de Impacto Ambiental.

Pero con el pasar del tiempo ha surgido una nueva tecnología de los biodigestores que sustituirá a la energía que actualmente utilizamos, esto en especial para las zonas rurales. En el Ecuador esta tecnología está creciendo poco a poco por la falta estudios técnicos y capacitación a la población.

Teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas del lugar , la caracterización del estiércol por medio de los análisis físicos-químicos se ha diseñado un biodigestor tipo bolsa flexible utilizando desechos de estiércol porcino, en la finca Divino Niño, en la comunidad Campo Alegre, parroquia San José de Payamino”, es una alternativa viable en el cual obtendremos diversos beneficios tales como: El tratamiento de la materia orgánica desechada por el ganado porcino y disminuir emisiones desagradables al ambiente, la obtención del biogás para cocinar, y como subproducto de esta degradación anaeróbica del estiércol tenemos el biol que se utilizará como fertilizante.

Este tipo de técnica es una alternativa sostenible y sustentable para los pobladores de las zonas rurales, siendo una de las alternativas sumamente baratas en su construcción y beneficiosas a mediano y largo plazo.

Mediante este diseño se pretende difundir esta técnica a toda la comunidad, para la posterior incrementación de esta tecnología y así poder disminuir la contaminación y poder vivir en un ambiente sano.

JUSTIFICACIÓN

En la finca Divino Niño de la parroquia San José de Payamino cuenta con un criadero de ganado porcino, la gran cantidad de los desechos orgánicos que se producen son vertidos al recurso suelo y agua sin cumplir con los límites establecidos en la Normativa Ambiental Ecuatoriana vigente (TULSMA), “Norma De Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados”, Libro VI Anexo 2, por lo que se genera gran impacto ambiental y salud a los pobladores. Por esta razón surge la necesidad de implementar una tecnología sustentable y amigable, para generar energía.

Con esta tecnología se busca aprovechar el estiércol generado por la crianza de ganado porcino que se dispone en la finca el mismo que es considerado como contaminante ambiental que aportan con el deterioro de nuestros recursos, por esto se diseñara un biodigestor para el manejo del estiércol, obteniéndose biogás y biol, así reducir el consumo de gas licuado que su impacto ambiental ha generado gran polémica y la tala de bosques para la utilización de leña.

Hay que tener en cuenta que esta tecnología es de bajo costo y brindan grandes beneficios para las zonas rurales, siendo factible su instalación y mantenimiento, y se puede requerir sólo materiales locales para su construcción. Por ello se consideran una “tecnología limpia y adecuada” (Iglesias, 2008, p.3)

Por lo que se cuenta con el apoyo logístico del gerente propietario de la finca, el mismo que está dispuesto y comprometido a brindar con todo el apoyo necesario para llevar a cabo esta investigación.

El uso de energías alternativa solucionará la problemática energética ambiental, minimizando la contaminación por los desechos generados de la producción.

ANTECEDENTES TEÓRICOS

La investigación de este sistema se viene dando desde hace mucho tiempo como tecnología adecuada para la población rural, en donde la energía es insuficiente o costosa, y los residuos generan un problema que afecta a la calidad de vida de los pobladores.

En la década de los 70, la crisis energética trajo a colocación un gran número de programas que tuvieron la iniciativa de instalar biodigestores para el abastecimiento de energía en las comunidades rurales, construyéndose biodigestores de pequeña y mediana escala. Es aquí donde India y China surgen como pioneros en la tecnología, ya que en estos países se construyeron más de un millón de unidades en zonas agrícolas gracias al apoyo de los gobiernos que financiaban esta actividad.

También países como Nepal, Vietnam, Colombia, Perú, Ecuador, Tanzania y Costa Rica han llegado a aplicar esta tecnología. En este último se instalaron 7 biodigestores del tipo familiar de bajo costo, encontrando en ellos una solución para el tratamiento de los desechos y la generación de energía. En otros países de América, como México, Honduras, Ecuador se están encaminando hacia el diseño tubular plástico para ser aplicado en familias rurales. (Huerga & Venturelli, 2014, p.6)

En el mes de enero de 2007, Jaime Martí nos ofreció introducir biodigestores para mejorar el suministro de energía al sector productivo de Bolivia; esta tecnología se ajusta al trabajo ejecutado por las cuatro líneas de acción del Componente Acceso a Servicios Energéticos.

Con amplio conocimiento de los problemas de sostenibilidad y apropiación de anteriores proyectos de biodigestores en diferentes países, Jaime Martí demostró entusiasmo y convicción al proponer modelos modernos, orientados a las necesidades y peculiaridades geográficas de las distintas poblaciones de Bolivia. (Herrero, 2008, p.11)

La Fundación Brethren y Unida – FBU realizó por primera vez un estudio en la construcción y guía de biodigestores, interviniendo en conocimientos más amplios para el desarrollo productivo en la zona de Intag, con recursos financiados por el FONDO DE CONTRAVALOR ECUATORIANO SUIZO, FOES.

En la provincia de Orellana en el cantón Joya de los Sachas, ya se ha realizado la aplicación de esta tecnología teniendo resultados muy eficiente, donde se implementó un biodigestor para la

producción de biol, para su proceso se utilizó como materia prima residuos sólidos orgánicos de origen urbano. (Toala, 2013, p.6)

OBJETIVOS

OBETIVO GENERAL

- Diseñar un biodigestor tipo bolsa flexible utilizando desechos de estiércol porcino, en la finca Divino Niño, en la comunidad Campo Alegre, parroquia San José de Payamino

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el estiércol del ganado porcino mediante los análisis físicos-químicos y microbiológicos para la efectividad de producción de biogás.
- Aprovechar los desechos orgánicos producidos por el ganado porcino mediante la carga diaria para su uso en el biodigestor
- Efectuar los cálculos pertinentes para el diseño de los componentes principales del biodigestor.
- Verificar la producción de biogás mediante la construcción de un prototipo del biodigestor a diseñar.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 Estiércol

El estiércol es materia orgánica de fácil manejo y es almacenado como materia sólida, y los líquidos son llamados purines, (Iglesias, 2008, p. 3)

El estiércol aparte de estar compuesto de heces y orines puede estar combinado por otros elementos, como serrín, virutas de madera, papel de periódico o productos químicos, restos de los alimentos del ganado porcino, así como agua procedente de los bebederos, de la limpieza de los corrales o de lluvia, y todo tipo de material que puedan entrar en un corral, (Iglesias, 2008, p. 3)

1.1.1 Contaminación producida por el estiércol

Las fuentes de contaminación por estiércol son, la pila o colector donde se almacena antes de su aplicación y cuando el mismo es aplicado a la tierra.

Como ya se ha mencionado, tanto al almacenar el estiércol como una vez aplicado al terreno sufre pérdidas, éstas son las causantes de la contaminación que puede producir este producto y, por lo tanto, si se controlan estas pérdidas se disminuirá la contaminación producida, (Iglesias, 2008, p. 3)

Se presentan las fuentes y las pérdidas de nitrógeno en el complejo planta-suelo:

1.-La escorrentía es la circulación libre de agua por la superficie del suelo. Esta escorrentía puede tener dos consecuencias: puede arrastrar partículas, produciendo erosión y puede arrastrar productos contaminantes, como son los nitratos. Los factores que influyen en la escorrentía son:

- La pendiente del terreno.
- Las características del suelo (ejemplo: permeabilidad).
- El paisaje (ejemplo: setos, caminos).
- Estado de la cosecha.
- Condiciones climáticas.

2.- La infiltración es el paso del agua a través del suelo, llegando a los acuíferos subterráneos. Por esta vía también se pueden arrastrar nitratos, contaminando las aguas subterráneas.

3.- La volatilización es el paso de los componentes gaseosos a la atmosfera, produciendo malos olores, (Iglesias, 2008, p. 3)

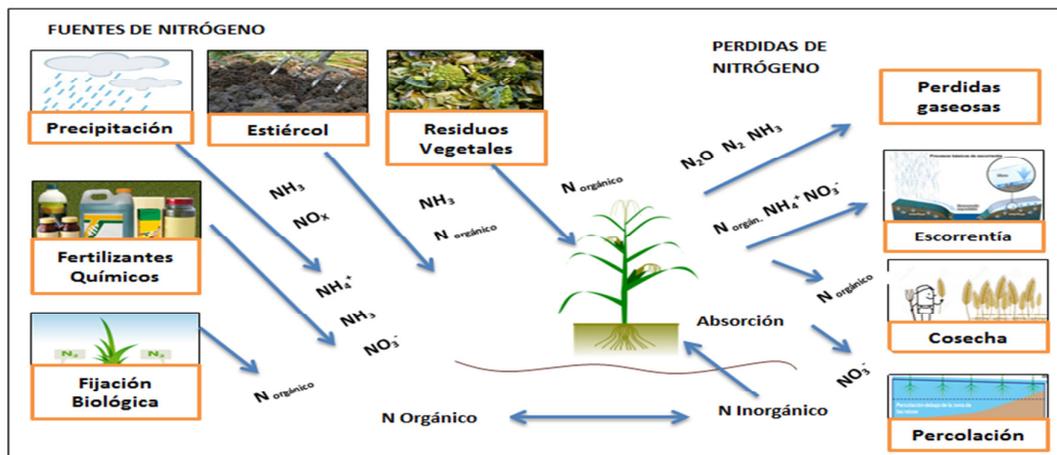


Figura 1-1 Fuentes y pérdidas de nitrógeno en el complejo planta suelo

Fuente: Iglesias, 2008

1.1.2 Producción de excretas porcinas.

La producción diaria de estiércol de cerdo varía en función de las características físicas del animal: raza, talla del animal, así como su alimentación, y factores ambientales la temperatura y humedad de la cama en caso de ser utilizada; también el agua que se desperdicia en el lavado

de los corrales y bebederos. La producción de estiércol fresco se expresa usualmente en términos de peso o volumen por unidad de peso vivo (García, 200, p. 11).

1.1.3 Producción de estiércol fresco diario

En la siguiente tabla se muestra la producción de estiércol fresco diario para diferentes tipos de ganado, por cada 100 kilogramos de peso del animal. (Herrero, 2008, p. 28)

Tabla 1-1 Producción de estiércol fresco diario

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

Fuente: Herrero, 2008

1.2 Digestión anaerobia

Para que se dé la digestión anaerobia la principal responsable son las bacterias, en el caso del estiércol fresco están presentes bacterias que digieren y producen metano, dióxido de carbono y otros gases. Para que se produzca el biogás, las bacterias deben realizar el proceso de digestión en ausencia de aire, a esto le llamamos digestión anaerobia, esto es uno de los intereses de un biodigestor. Realmente intervienen diferentes tipos de bacterias para esta producción (Herrero, 2008, p.26).

1.2.1 Principales productos de la digestión anaerobia

Mediante el proceso de digestión anaerobia dentro de los sistemas donde la carga orgánica es mayor y la mezcla es completa, da paso a dos productos que son: el biogás y un bioabono rico en nutrientes y materia orgánica.

1.2.1.1 Biogás

El biogás es una mezcla de gases constituida especialmente de metano y dióxido de carbono, cuyo contenido es el resultado de la digestión anaerobia y del buen funcionamiento del sistema durante el proceso. Cuando el contenido del metano en el biogás es superior al 45% es inflamable.

Tabla 2-1 Características generales del biogás

Composición	55 – 70% metano (CH₄) 30 – 45% dióxido de carbono (CO₂) Trazas de otros gases
Límite de explosión	6 – 12 % de biogás en el aire
Contenido energético	6.0 – 6.5 kW h m ⁻³
Presión crítica	74 – 88 atm
Temperatura de ignición	650 – 750°C (con el contenido de CH ₄ mencionado)
Densidad norma	1.2 kg m ⁻³
Temperatura crítica	-82.5°C
Masa molar	16.043 kg kmol ⁻¹
Olor	Huevo podrido (el olor del biogás desulfurado es imperceptible)

Fuente: Deublein & Steinhauser, 2008

1.2.1.2 Biol

El Biol es el producto de la fermentación de estiércol más agua a través de los procesos de descomposición y transformaciones químicas de residuos orgánicos bajo condiciones anaerobias.

Una vez listo y almacenado fuera del biodigestor este no tiene olores desagradables y una vez utilizado en los suelos no es fuente de propagación de insectos. El biol como abono posee excelentes propiedades físico-químicas, que ayudan a las plantas a tener un óptimo desarrollo, generando mayor productividad a los cultivos. (Inia, 2008, p.3)

1.3 Beneficios al instalar un biodigestor

Los principales beneficios de implementar un sistema para el manejo correcto de restos agrícolas pueden ser clasificados en:

1.3.1 Beneficios económicos

- Reducción de precios a partir de la sustitución de GLP, leña o carbón por el uso de biogás
- Reducción de costos en energía eléctrica
- Aumento de ingresos a partir de la venta de productos producidos a partir de la utilización de biogás
- Reducción de precios por la sustitución del fertilizante químico por el uso del bioabono

1.3.2 Beneficios medio ambientales

- Reducción de la contaminación a los recursos agua con carga contaminante que contiene el estiércol.
- Disminución de microorganismos patógenos debido al tratamiento de la materia orgánica (estiércol)
- Mejora la estructura del suelo
- Menor tala de los bosques debido a la menor presión por recursos madereros

1.3.3 Beneficios sociales y de salud

- Menor carga de trabajo en cuanto a la recolección de excremento, de combustible leña y fertilizantes químicos.
- Independencia energética
- Disminución de enfermedades respiratorias por la inhalación de humo de la quema de leña. (Varnero, 2011, p.33)

1.4 Etapas de la fermentación metanogénica

La digestión anaeróbica es un proceso muy difícil, por la cantidad de microorganismos involucrados y por el número de reacciones bioquímicas que tienen lugar. Varios estudios microbiológicos y bioquímicos efectuados, dividen el proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica en cuatro fases o etapas:

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

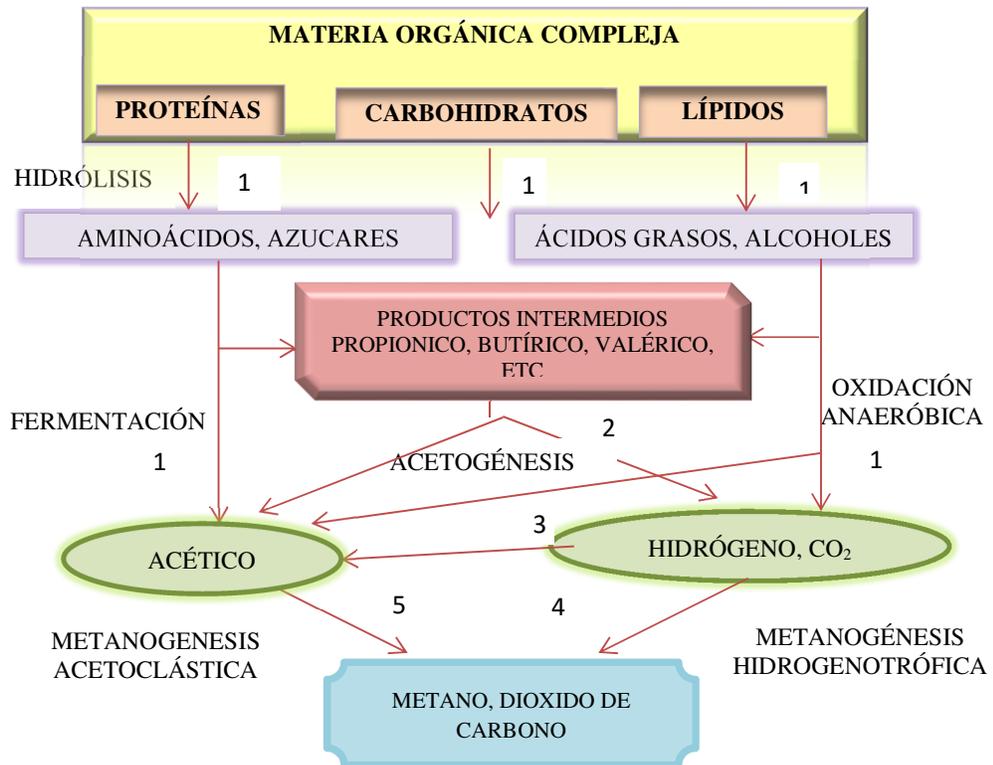


Figura 2-1 Reacciones de la digestión anaeróbica de materiales polimérico

Fuente: Pavlostathis &Gómez, 1991

1.4.1 Hidrólisis

La hidrólisis es la primera etapa para la degradación anaeróbica de sustratos orgánicos complejos. Es la que proporciona sustratos orgánicos para la digestión anaeróbica.

1.4.2 Etapa fermentativa o acidogénica

La fermentación de las moléculas orgánicas solubles en compuestos pueden ser utilizados por las bacterias metanogénicas (fórmico, acético, H₂) y compuestos orgánicos más reducidos (butírico, propiónico, valérico, láctico y etanol) las cuales en la siguiente etapa deben ser oxidados por bacterias acetogénicas.

1.4.3 Etapa acetogénica

Mientras que la mayoría de los productos de la fermentación pueden ser metabolizados directamente por los organismos metanogénicos (acético y H_2), otros (etanol, ácidos grasos volátiles y algunos compuestos aromáticos) deben ser transformados en productos más sencillos, como acetato (CH_3COO^-) e hidrógeno (H_2), mediante las bacterias acetogénicas.

1.4.4 Etapa metanogénica

En esta última etapa las bacterias anaeróbicas estrictas intervienen sobre los productos formados en las etapas anteriores. Los microorganismos metanogénicos son los más significativos dentro de las bacterias anaerobias, ya que cumplen con una serie de funciones como: la formación de metano y la eliminación del medio de los productos generados por los grupos anteriores y son responsables del proceso general de biometanización. (Varnero, 2011, p.22)

1.5 Factores que se deben controlar en la producción de biogás

Para una buena producción de biogás, dependerá fundamentalmente del tipo de animal, raza, alimentación y la degradación de cada uno de los elementos que actúan en las distintas etapas de descomposición de la materia orgánica. Tenemos distintos factores que intervienen en el rendimiento y producción del biogás que hacen difícil tener resultados comparativos por esta razón los factores a controlar son:

1.5.1 Estiércol disponible

Para la obtención de biogás el estiércol fresco es la materia prima fundamental para su producción. Habiendo otros tipos de residuos orgánicos pero no deben ser duros (cáscara dura) o de difícil descomposición (como vísceras). El estiércol de chanco y del humano son los de mayor producción de biogás, pero su desventaja es que produce un fertilizante muy ácido.

Mientras que el estiércol de vaca es neutral y es de fácil manejo ya que producen grandes cantidades de estiércol, facilitando su recolección. (Herrero, 2008, p. 27)

Tabla 3-1 Producción de estiércol fresco diario

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

Fuente: Herrero M, 2008

1.5.2 *Temperatura*

Se considera como el factor más importante para la operación del digestor, ya que interviene en la velocidad del proceso de digestión anaeróbica. Los microorganismos anaeróbicos pueden trabajar mediante los siguientes rangos de temperatura: psicrófilos (por debajo de 25°C), mesófilos (25 y 45°C) y termófilos (45 y 65°C). (Varnero, 2011, p.38)

1.5.3 *Tiempo de retención*

Es la duración en que la materia orgánica dentro del biodigestor cumple con el proceso de digestión anaerobia, es decir es el tiempo en que cuyas bacterias necesitan para digerir el lodo y producir biogás. El tiempo de retención se relaciona con la temperatura del lugar donde se colocará el biodigestor. Cuando las temperaturas son bajas algunas bacterias tienden a disminuir su actividad en este proceso, por lo que el tiempo de retención será mayor hasta que las bacterias digieran y produzcan biogás. (Herrero, 2008, p.27)

Tabla 4-1 Tiempo de retención según temperatura

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

Fuente: Herrero M, 2008

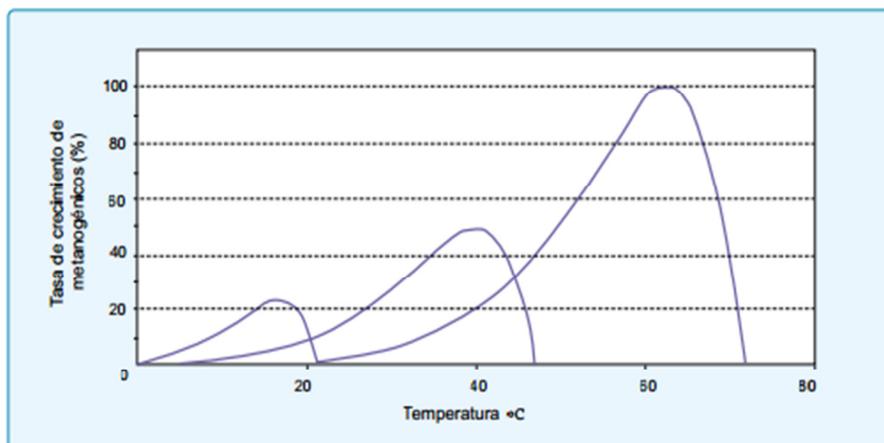


Figura 3-1 Tasa de crecimiento relativo de microorganismos psicofílicos, mesofílicos y termofílicos

Fuente: Speece, 1996

1.5.4 pH y alcalinidad

Para la producción de biogás se considera que el pH del sustrato sea neutro entre 6,50 a 7,50 siendo rangos óptimos para las bacterias metanogénicas responsables de la producción del metano. Si el pH es mayor a 8, significa que tiene gran cantidad de compuestos alcalinos. Un pH menor a 6 muestra una descompensación entre la fase acidogénica y la metanogénica. (Gon, 2008,p. 10)

Si los valores de pH no son los óptimos, estos pueden ser corregidos y mantenerlos dentro del rango adecuado, para valores de pH altos se puede sacar una pequeña cantidad de efluente y agregar materia orgánica fresca en la misma cantidad, si el pH es bajo se puede agregar fertilizante, cenizas o agua amoniacal diluida (tampón carbonato/bicarbonato). (Gómez, 2012, p. 26)

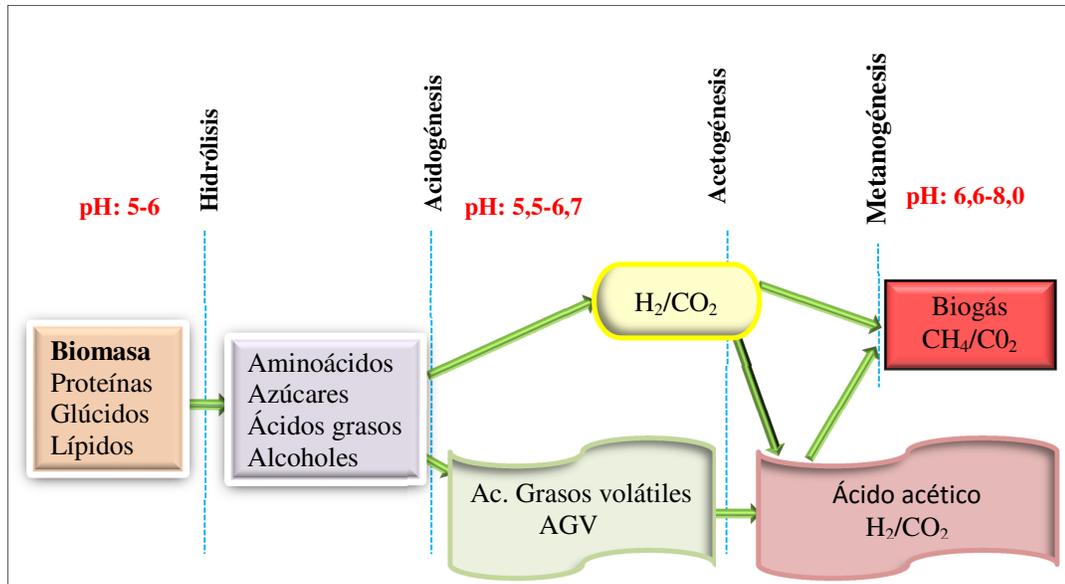


Figura 4-1 Esquema de los cuatro pasos de la digestión anaerobia

Fuente: FNR, 2008

1.5.5 Tóxicos e inhibidores

Los ácidos grasos volátiles (AGV), son los principales inhibidores de la digestión anaeróbica. La concentración de ácidos grasos volátiles (AGV), es uno de los parámetros que pueden mostrar una rápida respuesta a las variaciones en el sistema.

Para que el proceso anaerobio dentro de un sistema sea óptimo los valores de AGV tienen que ser bajos es decir de 50-250 mg.

1.5.6 Relación carbono/nitrógeno

Las bacterias metanogénicas se alimentan de carbono y nitrógeno constituyendo la principal fuente de alimentación, donde el carbono proporciona energía y el nitrógeno forma nuevas células.

Según (Sosa, 1998), la relación óptima para el proceso de biodigestión es C/N 30:1 hasta 10:1, pero una relación 8:1 inhibe la actividad bacteriana debido a la formación de una gran cantidad

de amonio. Si la relación es mayor a 35:1, la reproducción y el desarrollo de las bacterias son muy bajos, por ende la descomposición de materiales es lenta, obteniéndose biogás en periodos más largos.

1.5.7 Hidrógeno

En el proceso anaeróbico el hidrógeno es un compuesto intermedio importante. Si se deposita en el medio funciona como inhibidor de la acetogénesis y la acumulación de ácidos grasos volátiles con más de dos átomos de carbono.

1.5.8 Sulfuro y sulfuros

El sulfuro actúa como inhibidor para muchos tipos de bacterias. Las bacterias metanogénicas son las que sufren más afectaciones por los sulfuros que las acidogénicas y acetogénicas, su concentración de toxicidad es de 50 mg/l. (Varnero, 2011, p.38)

1.5.9 Cationes y metales pesados

A bajas concentraciones los cationes de metales alcalinos y alcalino-térreos tienen un efecto estimulador de la actividad de las bacterias.

El peso molecular es el responsable del incremento de la toxicidad de los cationes, y los metales pesados son los que provocan toxicidad a menor concentración. A continuación tenemos una lista de metales pesados según el orden de toxicidad: Ni, Cu, Cr (IV), Cr (III), Pb, Zn. (Varnero, 2011, p.38)

1.5.10 Otros inhibidores

Los valores de concentración de ciertos inhibidores se deben tener en cuenta como base en un estudio ya que las bacterias anaeróbicas a medida que pasa el tiempo tienen la capacidad de adaptarse a medios o condiciones que al principio las afectaba rigurosamente. En la Tabla 5-1, se presentan valores de concentraciones de ciertos inhibidores comunes.

Tabla 5-1 Valores de concentración de sustancias inhibidoras en un proceso anaeróbico

Inhibidores	Concentración inhibidora
Na	3500-5500mg/l
NaCl	40000ppm
SO ₄ ⁻²	5000ppm
Cu	100mg/l
K	2500-4500mg/l
Ni	200-500mg/l
CN ⁻	25mg/l
Cr	200mg/l
Mg	100-1500mg/l
Ca	2500-4500mg/l

Fuente: Gene & Owen, 1986

1.5.11 Niveles de sólidos totales

Los sólidos totales (ST) están presentes en toda la materia orgánica conocida también como fracción sólida, a excepción del agua que también se encuentra en la materia orgánica.

El porcentaje de sólidos totales contenidos en la mezcla de carga diaria hacia un biodigestor es muy importante ya que su valor porcentual establecido para cada materia prima asegura un proceso satisfactorio dentro del biodigestor. (Varnero, 2011, p.38)

Tabla 6-1 Valor porcentual de sólidos totales dentro de algunos residuos

Materias primas	% Sólidos totales
Residuos animales	
Bovinos	13.4-56.2
Porcinos	15.0-49.0
Aves	26.0-92.0
Caprinos	83.0-92.0
Ovejas	32.0-45.0
Conejos	34.7-90.8
Equinos	19.0-42.9
Excretas humanas	17.0

Fuente: Vamero & Arellano, 1991

1.6 Relación materia prima: agua

Tenemos la siguiente tabla donde nos indica la relación estiércol: agua.

Tabla 7-1 Porcentajes de mezcla, Materia Prima (Estiércol: Agua)

Fuente de Estiércol	Estiércol	Cantidades utilizadas		
		%	Agua	%
Bovino	1 parte	50	1 parte	50
Porcino	1 parte	25	3 partes	75
Gallinaza	1 parte	25	3 partes	75

Fuente: Suquilanda, 1996

1.6.1 Carga de materia prima diaria

Los biodigestores son diseñados a partir de la cantidad de materia prima disponible, a través de los estudios ya realizados es recomendable que los biodigestores se carguen diariamente, para mejorar su funcionamiento.

Si la materia prima a utilizar es cualquier tipo de estiércol, se debe realizar una mezcla homogénea, evitando dejar grandes fragmentos de sólidos sin disolver ya que pueden retardar el proceso de digestión dentro del biodigestor.

Las impurezas que tiene el estiércol debe ser retiradas, antes de realizar la carga al biodigestor, estas impurezas son: piedras, basura, materiales de los establos o corrales.

Si se toma como materia prima el estiércol, debemos saber o consultar con su propietario que los animales no estén bajo tratamiento de antibióticos, si es así utilizar el estiércol después de 4 días de su tratamiento.(Varnero, 2011, p.7)

1.6.2 Agitación

El contenido del biodigestor necesita de una agitación de por lo menos 2 ó 3 veces por semana durante dos minutos, para lograr una buena mezcla haciendo que los lodos se levanten y las bacterias se activen.

Para los biodigestores de estructura flexible es recomendable hacer masajes suaves con las manos o los pies hasta crear una ola adentro del mismo, esto se debe hacer antes o durante de la carga. (Varnero, 2011, p.98)

1.7 Biodigestores

Un biodigestor fundamentalmente consiste en un depósito cerrado es decir debe ser hermético, donde se introduce la carga diaria compuesta de materia orgánica disponible mezclada con agua para que se dé el proceso anaerobio (Lagrange, 1979, p. 97). En la parte superior del biodigestor llamada domo o campana de gas, se puede almacenar el biogás, también se puede almacenar en un gasómetro que se encuentra separada del biodigestor.

1.7.1 Características del digestor

Para un correcto funcionamiento de un digestor, deberá reunir las siguientes características:

- Estar completamente cerrado (hermético) para impedir el ingreso de aire, el mismo puede afectar a la digestión anaeróbica e impedir la salida del biogás producido.

- Estar ubicados dentro de un aislante térmico por lo general se construyen enterrados, donde los cambios bruscos de temperatura no les afecten.
- Incorporación de una válvula de seguridad.
- Tener los materiales adecuados para realizar la carga y descarga del sistema.
- Libre acceso para el mantenimiento.
- Tener un sistema para romper las natas que se forman. (Varnero, 2011, p.98)

1.7.2 Tipos de biodigestores

1.7.2.1 Semi continuos

Corresponden a los digestores los cuales la primera carga se compone de una gran cantidad de materias primas, en función del volumen total del biodigestor y el tiempo de retención se calculan los nuevos volúmenes de carga de materia prima conocido como afluente. En este tipo de biodigestores por lo general la cantidad del afluente ingresado será la misma cantidad de descarga del efluente. Dentro de estos tenemos: el digestor Indiano y chino. (Varnero, 2011, p.98)

1.7.2.2 Discontinuos o régimen estacionario

En estos biodigestores se realizan una sola carga. Cuando el proceso de fermentación ha transcurrido algún tiempo las materias primas se reducen y el rendimiento de biogás decae a un bajo nivel, inmediatamente se vician los digestores en su totalidad y se cargan de nuevo dando inicio a un nuevo proceso de fermentación. A este grupo pertenecen los digestores Batch o Batelada. (Varnero, 2011, p.98)

1.7.2.2.1 Ventajas

- Pueden procesarse una gran variedad de materiales.
- La carga puede juntarse en campo abierto porque, aunque tenga tierra u otro inerte mezclado, no entorpece la operación del biodigestor.
- Admiten cargas secas que no absorban humedad, así como de materiales que flotan en el agua.
- Su trabajo en ciclos, los hace especialmente aptos para los casos en que la disponibilidad de materia prima no sea continua, sino periódica.
- No requiere prácticamente ninguna atención diaria

1.7.2.2.2 Las principales desventajas son:

- La carga requiere un considerable y paciente trabajo.
- La descarga, también es una operación trabajosa. (Varnero, 2011, p.99)

1.7.2.3 Continuos

Cuando la alimentación del digestor es un proceso constante, el efluente que descarga es igual al afluente o material de carga (que entra al digestor), con producciones de biogás, uniformes en el tiempo.

1.7.2.3.1 Ventajas

- Accesible para el control de la digestión
- El proceso de funcionamiento del sistema, después del inicial, se repiten cuando se procedan realizar el debido mantenimiento.
- La carga y descarga, no requieren ninguna operación específica.

1.7.2.3.2 Desventajas

- Menor cantidad en la concentración de sólidos que se admiten en este sistema
- Inadecuado sistema para tratar materiales fibrosos
- Dificultades de limpieza de sedimentos, espuma y sedimentos.
- Mayor cantidad de consumo de agua. (Varnero, 2011, p.99)

1.7.3 Modelo chino

Los digestores de este tipo son de forma cilíndrica en la parte superior e inferior del biodigestor se diseñan en forma de un domo y se construyen totalmente enterrados (FAO, 1986, p. 98)

Dentro del sistema se almacenará el biogás, es decir no necesita la incorporación de un gasómetro.

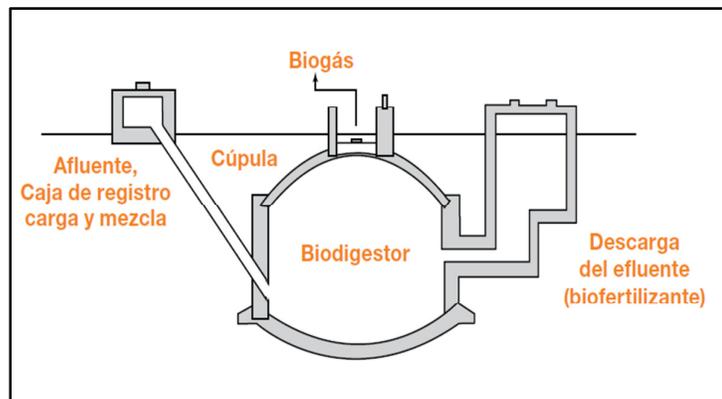


Figura 5-1 Biodigestor Tipo Chino
Fuente: SNV, 2012.

1.7.4 Modelo indiano

La forma de estos digestores es vertical y van enterrados, con características semejantes a un pozo. Su carga se realiza por gravedad una vez al día, el tiempo de fermentación o retención dependerá el volumen de mezcla a utilizar.

En este sistema el gasómetro o la campana donde se almacena el biogás está integrado dentro de este digestor es decir en la parte superior del pozo. (Varnero, 2011, p.99)

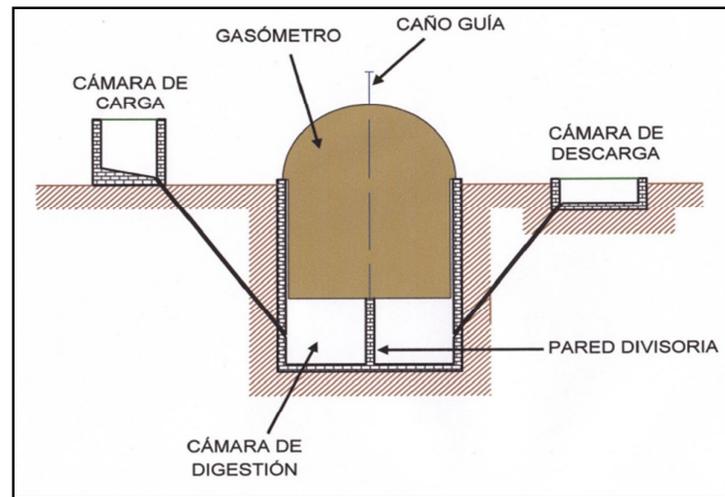


Figura 6-1 Biodigestor Tipo Indiano
Fuente: Córdova & Tarco, 2011

1.7.5 Biodigestor de estructura flexible

Este modelo consiste en una bolsa o balón de plástico completamente hermético, el 25% del volumen total corresponde al gas almacenado en la parte superior, y un 75% al sustrato o líquido a digerir ubicado en la parte inferior, donde las tuberías tanto para la carga diaria y salida están unidas directamente al plástico.

Según la FAO, el Biodigestor de flujo continuo es el más utilizado para el tratamiento de excretas y generación de biogás, porque es sencillo y económico.

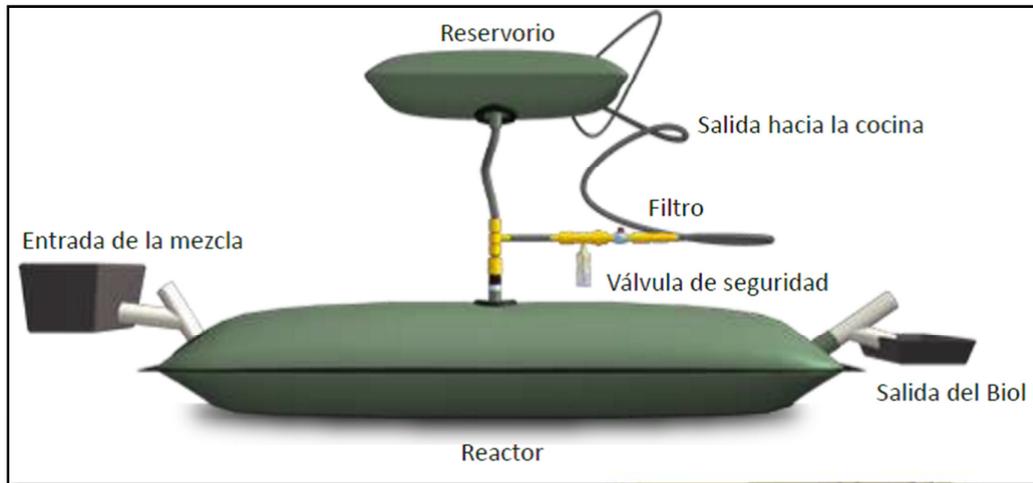


Figura 7-1 Biodigestor de Estructura Flexible
Fuente: Biobolsa

1.7.5.1 Componentes del biodigestor de Estructura Flexible

Este biodigestor presenta los siguientes componentes:

La fosa: Es una zanja donde el biodigestor se colocará semienterrado, con un talud de 10%, para evitar el derrumbamiento de las paredes y una pendiente mínima del 0.5% donde permita el flujo diario del líquido por gravedad.

Bolsa: La bolsa debe ser de polietileno, se instalara sobre un piso seco, firme, sin piedras u objetos que pudieran dañarlo.

La cantidad de carga diaria a utilizar tendrá que ver con el tamaño de la bolsa, si esta cantidad es muy elevada del 0.3 m³, se instalará cámaras múltiples para que el proceso sea eficiente, pero este es muy costoso.

Salida del biogás: Se encuentra en la parte superior de la bolsa, donde se colocará los tubos que conducirán al gas.

Cajas de entrada y salida: Se componen de dos cajas construidas de bloques de cemento o ladrillo, las cuales efectúan las funciones de entrada del estiércol y salida del líquido tratado.

Las cajas están ubicadas en cada extremo del biodigestor, a niveles diferentes para regular el líquido que se debe mantenerse dentro del Biodigestor.

Tubos conductores de gas: Estos tubos son de material de pvc, los cuales conducirán el gas hasta el sitio donde se colocará la cocina o fogones. Se utilizara un tubo galvanizado acoplado a una llave de bronce para que funcione como fogón.

Válvula de seguridad: esta debe estar cerca del biodigestor, se puede utilizar una botella de plástico diseñada o acondicionada para que funcione como tal.

Su función es formar un sello de agua que permita la salida del biogás en condiciones normales, pero que a su vez deje escapar el exceso de presión impidiendo la ruptura del plástico o la bolsa. (Varnero, 2011, p.44)

1.7.5.2 Ventajas y desventajas de biodigestor de estructura flexible

Ventajas

- La instalación es rápida, sencilla y económica, su construcción se reduce en un 50% o más en relación a otros tipos de biodigestores.
- Uso sobre el nivel de tierra es factible en lugares con alto nivel de las aguas subterráneas.
- Se obtienen temperaturas aceptables en cuanto a la digestión en áreas cálidas.
- Su mantenimiento y limpieza es muy fácil.

Desventajas

- Se utiliza bombas de gas por la baja presión de gas.
- Durante su funcionamiento no se puede eliminar los desechos que no se podrán digerir en la superficie del sustrato.
- Vida útil corta aproximadamente de 5 años, es susceptibles a daños físicos. (Varnero, 2011, p.44)

1.7.5.3 Carga de mezcla diaria de entrada en el Biodigestores de estructura flexible

Para que este biodigestor funcione normalmente como un sistema de flujo continuo se debe realizar la mezcla adecuadamente es decir diluir bien el estiércol, evitando que no se formen ‘natas’ en la superficie y se atasque por exceso de materia sólida en su interior. (Herrero, 2008, p. 28)

1.7.6 Diferencias y similitudes entre los modelos de biodigestores

Tabla 8-1 Diferencias y similitudes entre los modelos de biodigestores

Características	TIPO DE BIODIGESTORES		
	Tubular (salchicha)	Cúpula fija(tipo chino)	Cúpula flotante (tipo hindú)
Vida Útil	5-10 años	≥20 años	≥ 15 años
Presión de biogás	Variable y baja	Variable	No hay fuga si se da mantenimiento a la cúpula flotante de acero
Tamaño típico del biodigestor	4-100 metros cúbicos	5 metros cúbicos	5-15 metros cúbicos
Materiales de construcción	Plástico PVC (polietileno)	Cemento, ladrillo o bloque y varilla de hierro	Cemento, ladrillo o bloque y cúpula flotante de acero anticorrosivo
Mantenimiento del sistema	Bajos niveles de mantenimiento (medidas de protección, techo, cerca)	Baja, no hay componentes móviles ni elementos que se oxiden	Altos niveles de mantenimiento a la cúpula flotante, eliminación de óxido.
Ubicación del biodigestor y requerimiento de espacio	Semi enterrado Zanja de aproxi 2,5m profundidad y 50 cm de largo por cada m ³ de biodigestor	Bajo tierra totalmente Requerimiento de espacio muy bajo, generalmente solo la línea de extracción de biogás	Bajo tierra Requerimiento de espacio en la superficie es bajo, solamente cúpula flotante
Generación de empleos locales	Sí	Sí	Sí
Sistemas	Continuos	Semi-continuo	Se-micontinuo

Fuente: ODEPA, 2009

1.7.7 Consideraciones iniciales para el dimensionamiento de un biodigestor

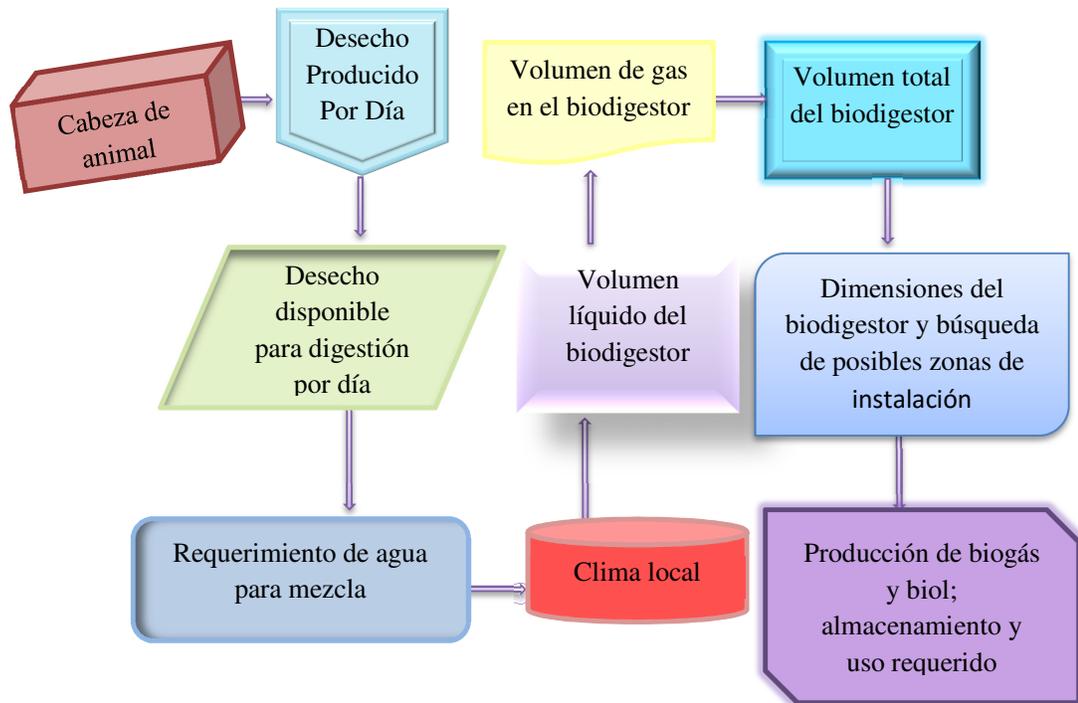


Figura 8-1 Consideraciones iniciales para el dimensionamiento de biodigestor
Fuente: GTZ, 2008

1.7.7.1 Consideraciones de colocación y ubicación

Se deben tomar en cuenta las siguientes restricciones para una buena selección del sitio

- Ubicar el biodigestor fuera de las zonas protegidas
- Instalar el biodigestor a una distancia mínima de 500 metros de una zona poblada.
- La distancia a los cuerpos de agua superficial con un flujo constante, lagos o lagunas, deben encontrarse a 500 metros.
- Ubicar el biodigestor en un lugar donde no haya inundaciones

1.7.7.2 *Otros puntos a tomar en cuenta:*

- Para los biodigestor con menor producción de biogás, ubicarlos a menos de 50 m de la utilización del biogás
- Contar con suficiente espacio para realizar la carga al biodigestor
- Colocar dentro de una marquesina o adaptar aislantes térmicos para mantener la temperatura óptima
- Deben estar ubicados en un lugar donde no interfiera rutas de acceso dentro del rancho
- Para facilitar su operación debe existir suficiente espacio alrededor del sistema. (IGLESIAS, 2008, P. 13)

1.8 Normativa ambiental

Constitución de la República del Ecuador

Art.3. Deberes primordiales del Estado, numeral 7.-“Proteger el patrimonio natural y cultural del país”.

Art.14. “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak Kawsay*”.

Texto Unificado De La Legislación Ambiental Secundaria

Para este estudio nos basaremos en las siguientes normativas vigentes:

Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados

- **Prevención de la contaminación del recurso suelo**

La prevención de la contaminación al recurso suelo se basa en las buenas prácticas de manejo e ingeniería empleada a cada una de las tecnologías productivas. Se evitará que la contaminación de los recursos aire y agua no pasen al recurso suelo.

Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: Recurso agua

- **Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce**

La caracterización se realiza al agua residual de la porqueriza, estos datos los consideraremos como un sustento básico para la Identificación y Evaluación de Impactos hacia el recurso agua. (Normativo Ambiental, 2015, p. 9)

CAPÍTULO II

2 Parte experimental

2.1 Generalidades del área de estudio

2.1.1 Localización geográfica

Tabla 9-2 Localización geográfica del proyecto

País	Ecuador
Región	Amazónica
Provincia	Orellana
Cantón Parroquia	Loreto
Parroquia	San José de Payamino
Comunidad	Campo Alegre
Extensión	850.33km ²
Ubicación	Geográficamente la parroquia San José de Payamino se encuentra entre las coordenadas de latitud 0° 30' 0" Sur, 77° 17' 0" Oeste.

Fuente: VERA, Verónica, 2015

2.1.2 Macrolocalización

2.1.2.1 Localización de la parroquia san José de Payamino

Está localizada en el Cantón Loreto, provincia de Orellana tiene un área de 85 249,52 hectáreas y de está conformada, por una zona protegida de la Reserva de Biosfera Sumaco con un total de 14 459,52 hectáreas, está ubicada en las coordenadas geográficas de altitud: -0,5, Longitud: -77.2833. Extensión: 850,33km², Población: 3 125 habitantes.

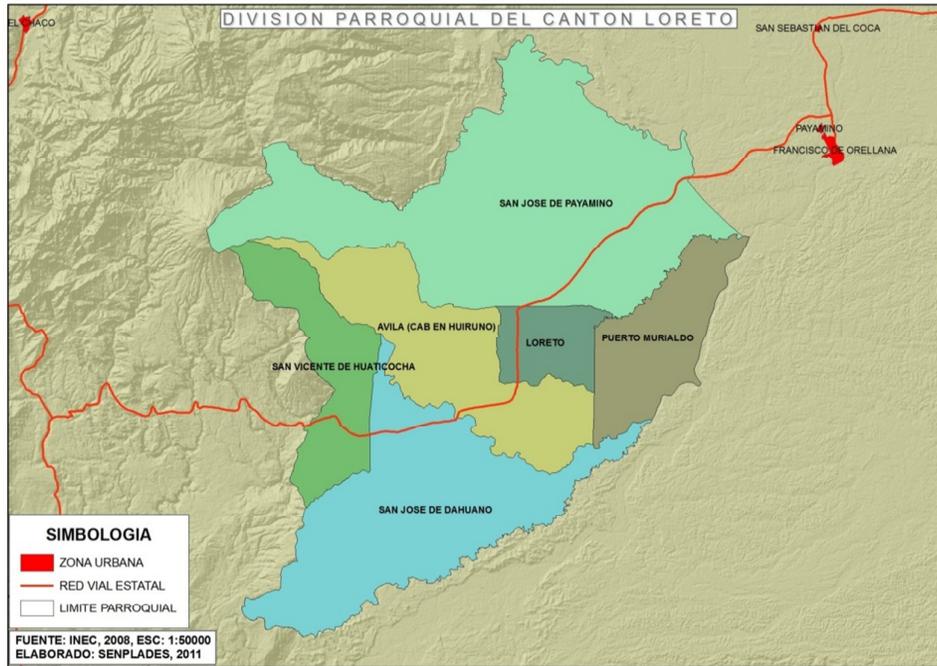


Figura 9-2 Localización de la Parroquia San José de Payamino
 Fuente: <http://sni.gob.ec/>

2.1.3 *Microlocalización*

UBICACIÓN DE LA FINCA DIVINO NIÑO

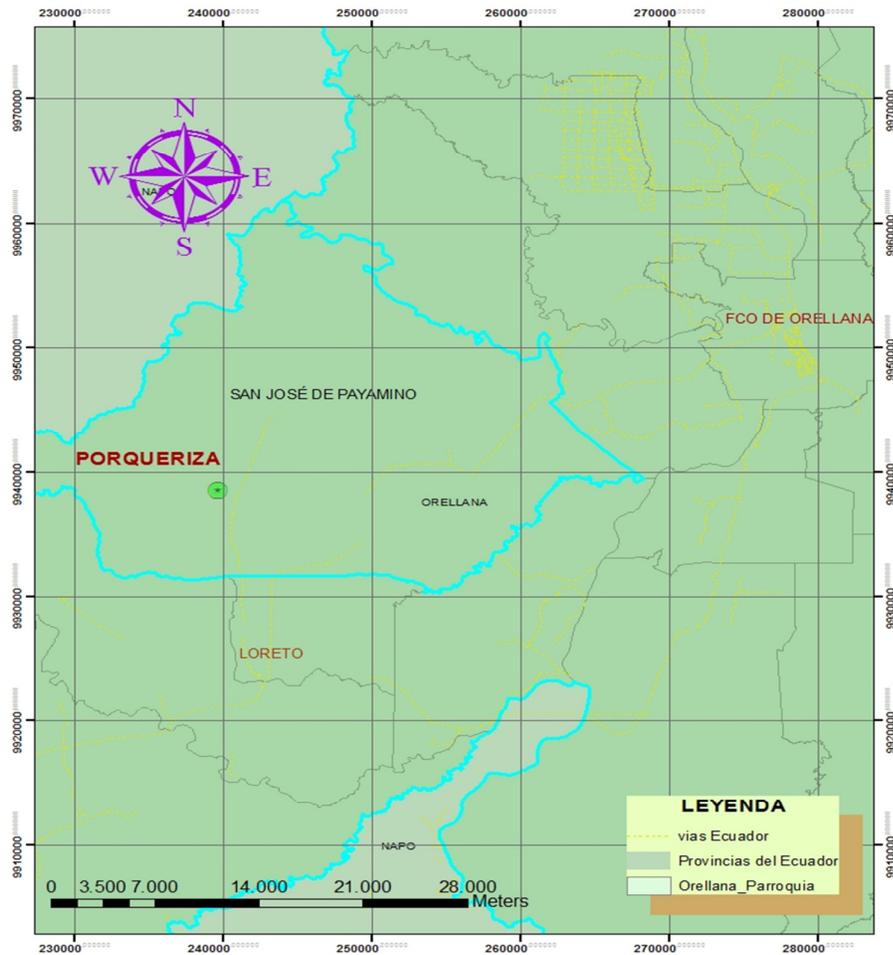


Figura 10-1 Ubicación del Proyecto Biodigestor en la Finca Divino niño, Comunidad Campo Alegre

Fuente: VERA, Verónica, 2015

La porqueriza está ubicada en la Finca Divino Niño, cuyo propietario es el Sr. Luis Vera, en la comunidad Campo Alegre, Parroquia San José de Payamino, Cantón Loreto, coordenadas: $x=229846$; $y=992889$ cuenta con una porqueriza constituida de 11 corrales, con un número de 51 cerdos.

2.1.4 Área de estudio

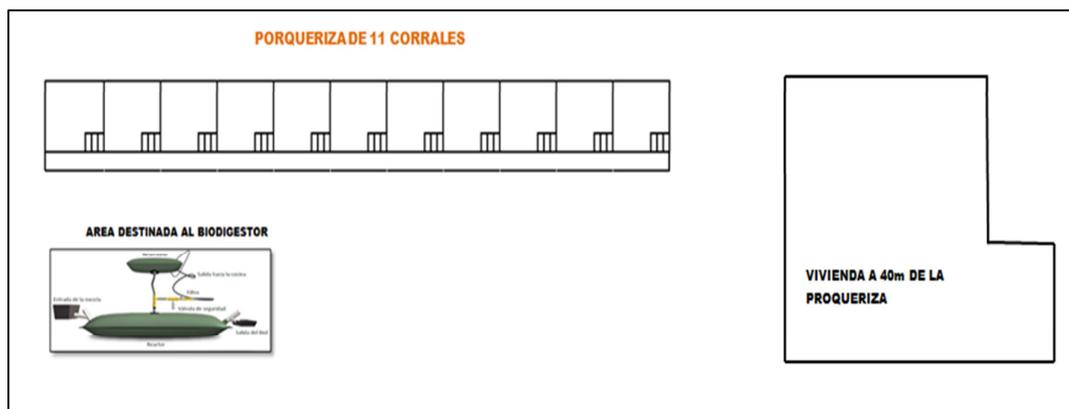


Figura 11-2 Plano de la Porqueriza

Fuente: VERA, Verónica, 2015

La porqueriza está constituida por 11 corrales, con un número de 51 cerdos, distribuidos por diferentes etapas de crecimiento, (grande, mediano y pequeño), en la cual el área de influencia corresponde a los 50m a la redonda donde está ubicada la porqueriza.

Área de influencia directa.- se considera al área que se encuentra ubicada la porqueriza y el área que se encuentra alrededor de la misma en la cual es afectada por la materia orgánica del ganado porcino.

Área de influencia indirecta.- corresponde al área de potreros y sembríos y las fincas aledañas.

2.2 Metodología

Se realizó el presente estudio siguiendo los siguientes pasos.

- Levantamiento topográfico
- Levantamiento de línea base ambiental
- Cuantificación del ganado porcino existente, en la finca Divino Niño
- Cuantificación del estiércol fresco disponible, en la finca Divino Niño
- Muestreo y caracterización del estiércol porcino.

- Dimensionamiento del biodigestor y elaboración de planos.

2.2.1 Levantamiento topográfico (GPS)

Mediante un GPS, se obtuvo las coordenadas exactas de la ubicación de las porquerizas, de la Finca Divino Niño, en la cual se utilizó el software (ArcGis) para la ubicación de la finca en planos.

2.2.2 Levantamiento de línea base ambiental

2.2.2.1 Materiales

- Libreta
- Lápiz
- Cámara fotográfica

Todos los datos obtenidos en el levantamiento de línea base, fueron tomados en forma in-situ, los cuales nos sirven para la cuantificación de los posibles impactos ambientales y para el diseño del birreactor, siendo los siguientes:

- Recorrimos el lugar en estudio, observando toda clase de especies tanto flora y fauna existentes en el lugar de estudio, evidenciándose con fotografías y registros de cada una de ellas.
- Después se evidenció la posible contaminación a los recursos naturales suelo, agua y aire, factores abióticos (flora y fauna) por el mal manejo de la materia orgánica del ganado porcino.

2.2.2.2 *Método de identificación y evaluación de impacto ambiental*

Para la evaluación de impactos ambientales se debe tener en cuenta las áreas de alta sensibilidad de las características del proyecto que ocasionen sobre el entorno (medio físico, biótico, socioeconómico y cultural) del área de influencia determinando así la importancia del impacto durante las actividades que se realizan en la porqueriza.

Los impactos identificados servirán para determinar prevenir, corregir o mitigar los efectos y/o impactos ambientales que se ocasionen sobre el entorno.

Se ha desarrollado una matriz interactiva causa – efecto o matriz de Leopold, en donde su análisis posee los factores ambientales (filas), y las acciones del proyecto (columnas), esta matriz puede ser modificada o simplificada de acuerdo a lo requerido.

2.2.2.2.1 Caracterización de los impactos ambientales

La categorización de los impactos ambientales, se lo puede definir de la siguiente manera:

Impactos Altamente Significativos: Son de carácter negativo, cuyo valor del impacto es mayor o igual a 6,5 y pertenecen a las afecciones de mayor incidencia sobre el factor ambiental, difícil de corregir, de extensión generalizada, con afección de tipo irreversible y de duración permanente.

b) **Impactos Significativos:** Son de carácter negativo, cuyo valor del impacto es menor a 6,5 pero mayor o igual a 4,5, cuyas características son: factibles de corrección, de extensión local y duración temporal.

c) **Despreciables:** Corresponden a todos los aquellos impactos de carácter negativo, con valor del impacto menor a 4.5. Sus características son: pertenecen a impactos capaces de corregirlos, son reversibles, de duración esporádica y con influencia puntual.

d) **Benéficos:** Aquellos de carácter positivo que son benéficos para el proyecto.

2.2.2.2.2 Rangos de calificación de impactos

Una vez determinados los impactos ambientales positivos y negativos, se procede a la calificación cuantitativa de los mismos para determinar su importancia ambiental.

A continuación se muestra la categorización, criterios y rangos de calificación de los impactos ambientales identificados en el estudio:

Tabla 10-2 Categorización del impacto Ambiental

CATEGORIZACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL		
Tipo	Rango	Indicador
Negativos		
Altamente Significativo	$6,5 \leq VI$	
Significativo	$4,5 < VI < 6,5$	
Despreciable	$VI \leq 4,5$	
Impactos Positivos o Benéficos		

Fuente: VERA, Verónica, 2015

2.2.3 *Cuantificación del ganado porcino existente, en la finca Divino Niño*

2.2.3.1 *Materiales*

- Libreta
- Lápiz
- Cámara fotográfica

2.2.3.2 Método

Se registró el número existente del ganado porcino, tomando en cuenta su tamaño.

Número de porcinos

La porqueriza está constituida por 11 corrales, los cerdos están distribuidos de la siguiente manera.

Número de cerdos: 51

G: Grandes (11)

M: Medianos (22)

P: Pequeños (18)

3 G	3G	3G	1G	6M	1G	4M	6M
							6M
							9P
							9P

Figura 12-2 Número de porcinos por corral
Fuente: VERA, Verónica, 2015

2.2.4 Cuantificación del estiércol fresco disponible, en la finca Divino Niño

2.2.4.1 Materiales

- Botas de caucho, mascarillas, guantes de nitrilo
- Lápiz, libreta
- Pala
- Balanza

- Balde
- Cámara fotográfica

2.2.4.2 Método

Para la cuantificación del estiércol fresco disponible, el método realizado fue cuantitativo, en la finca Divino Niño se consideraron los 51 cerdos existentes los cuales son la capacidad máxima de la porqueriza, teniendo en cuenta la edad, peso, tamaño y alimentación la cual en la mañana es el balanceado y al medio día el maíz cocido cabe recalcar que este último se les da dejando un día. A medida que crecen están listos para la venta se los va distribuyendo mejor en cada corral y se realiza la compra de más cerdos para su producción.

Esto se realizó con ayuda de una pala, un balde de peso conocido y una balanza.

La cuantificación se realizó durante 8 días de la semana de noviembre del 2014, el propietario realiza dos veces al día la limpieza respectiva de la porqueriza a las 8am y 5pm, por esta razón se cuantifico a las 7am, teniendo en cuenta que estos datos solo nos indican la producción de estiércol durante la noche es decir las 12 horas, para tener datos generales de las 24 horas duplicaremos la cantidad total de estiércol. (Ver anexo I)

2.2.5 Muestreo y caracterización del estiércol porcino pre y post tratamiento

2.2.5.1 Metodología para el muestreo

Se realizó el método aleatorio simple, para formar una muestra compuesta con el fin de garantizar los resultados, todas las muestras se recogieron en materiales estériles y con protección personal adecuada para ser llevadas a un laboratorio Acreditado.

2.2.5.2 *Caracterización del estiércol porcino pre y post tratamiento*

2.2.5.2.1 Materiales

- Guantes de nitrilo
- Frascos 100 mL estériles
- Fundas Ziploc
- Esfero
- Pala
- Balde
- Frascos ámbar
- Cooler
- Hielo

2.2.5.2.2 Método para los análisis pre-tratamiento

Para los análisis físicos, químicos y microbiológicos del estiércol fresco, se recogió la totalidad de estiércol de los diferentes corrales y se homogenizó. Se tomó 3 muestras diferentes, la muestra 1 y 2 fueron tomadas en el mismo día a las 5am y la muestra 3 el día siguiente a las 5 am, esto para sacar un promedio de cada uno de los parámetros analizados.

Para los análisis físico-químicos se colocaron en fundas ziploc y para los análisis microbiológicos en frascos estériles. (Ver anexo D)

2.2.5.2.3 Método para los análisis post-tratamiento

Para el análisis del biol se recogieron las muestras a los 28 días de haber hecho la primera carga en el prototipo. Estas se colocaron en frascos ámbar y se llevaron con hielo en un cooler para preservar las muestra. (Ver Anexo D)

2.2.5.2.4 Método para los análisis de las aguas residuales de la fosa séptica para evaluación de impactos al recurso agua

Se recogieron las muestras de la fosa séptica de la porqueriza, mediante el muestreo simple, dichos parámetros analizados fueron comparados con la norma TULSMA, Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Se recogieron 2 litros de muestra en una botella de ámbar para parámetros físicos químicos, y en un frasco estéril para los análisis microbiológicos, seguidamente se colocaron en un cooler para llevarlos al laboratorio.

2.2.5.3 *Determinaciones de parámetros in-situ*

2.2.5.3.1 Determinación de la temperatura de la zona

Materiales

- Termómetro digital
- Libreta
- Lápiz

Método

Mediante la utilización de un termómetro digital se realizó la medición de la temperatura durante los meses octubre y noviembre. Las temperaturas fueron tomadas en las siguientes horas del día, 6:00am, 9:00am, 12:00pm, 15:00pm, 18:00pm, 0.00am, con el propósito de tener datos para conocer la variación de la temperatura de la zona. (Ver anexo H)

2.2.5.3.2 Determinación de la temperatura del estiércol (pre-tratamiento)

Materiales

- Termómetro digital
- Libreta
- Lápiz
- Vaso de precipitación
- Guantes de nitrilo

Método

Mediante la utilización de un termómetro digital se realizó la medición de la temperatura del estiércol del ganado porcino.

- Introducir directamente el termómetro en el estiércol.
- Registrar los datos en una libreta.

2.2.5.3.3 Determinación del pH del estiércol

Materiales

- Vaso de precipitación
- Varilla de agitación
- Cinta indicadora de pH
- Agua destilada
- Balanza

Procedimiento

Para este método se tomó la referencia SM 4500-H⁺B para la determinación de pH en suelos

- Pesar 20g de estiércol porcino fresco y colocar en un vaso de precipitación.
- Pesa 40g de agua destilada.

- Homogenizar
- Reposar por 15 minutos.
- Introducir la cinta indicadora de pH, se compara el color con la escala de la cinta de pH
- Registrar los datos (Ver anexo D)

2.2.5.3.4 Determinación de la temperatura del Biol (post-tratamiento)

Materiales

- Termómetro digital
- Libreta
- Lápiz
- Vaso de precipitación
- Guantes de nitrilo

Método

Mediante la utilización de un termómetro digital se realizó la medición de la temperatura del biol.

- Colocar 20mL de biol en un vaso de precipitación.
- Introducir el termómetro y medir.
- Registrar los datos en una libreta.

2.2.5.3.5 Determinación del pH del biol

Materiales

- Vaso de precipitación
- Varilla de agitación
- Cinta indicadora de pH

- Guantes de nitrilo

Procedimiento

Para este método se realizó el siguiente procedimiento mediante la referencia SM 4500-H⁺B.

- Colocar 20ml de biol, en un vaso de precipitación
- Agitar la muestra
- Introducir la cinta de pH, se compara el color con la escala de la cinta de pH
- Registrar los datos en una libreta.

2.2.5.4 Determinaciones de parámetros ex-situ

Los parámetros ex-situ se analizaron en el laboratorio de Análisis y Evaluación Ambiental AQLAB. (Ver anexo J)

Tabla 11-2 Parámetros Pre-Tratamiento analizados

Ítem	Parámetros	Unidad	Método /Norma Referencia
1	Potencial hidrógeno	~	SM 4500-H ⁺ B
2	Sólidos totales	%	SM 2540 D, HACH 8006
3	Humedad	%	Gravimetría
4	Ceniza	%	Gravimetría
5	Materia orgánica	%	Gravimetría
6	Carbono Orgánico Total	%	EPA 9060
7	Nitrógeno Total	%	KJELDAHL,EPA 351.2
8	Sulfuro de Hidrógeno	mg/Kg	HACH 8131
9	Coliformes totales	Col/Kg	SM 9222 B
10	Coliformes fecales	Col/Kg	SM 9222 D

Fuente: Laboratorio, AQLAB

Tabla 12-2 Parámetros Post Tratamiento analizados (biol)

Ítem	Parámetros	Unidad	Método/ Norma referencia
1	Potencial hidrógeno	~	SM 4500-H ⁺ B
2	Sólidos Totales	mg/L	SM 2540
3	Materia Orgánica	%	Gravimétrico
4	Carbono Orgánico Total	%	EPA 9060
5	Nitrógeno Amoniaco	mg/L	HACH 8038
6	Fósforo	mg/L	HACH 8048
7	Amonio (NH ₄)	mg/L	HACH 8038
8	Sodio	mg/L	SM 3030 B,3111B

Fuente: Laboratorio, AQLAB

Tabla 13-2 Parámetros de las aguas negras y grises de la fosa analizados

Ítem	Parámetros	Unidad	Método /Norma Referencia
1	Potencial hidrógeno	~	SM 4500-H ⁺ B
2	Sólidos totales	mg/L	SM 2540 B
3	DQO	mg/L	HACH 8000
4	DBO	mg/L	SM 5210 D
5	Sulfatos	mg/L	SM 4500-SO ₄ = H ⁺ B, EPA 9038
6	Nitritos (N-NO ₂)	mg/L	SM 4500-NO ₂ B
7	Coliformes fecales	Col/100ml	SM 9222 D

Fuente: Laboratorio AQLAB, Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, TULSMA.

2.2.6 Dimensionamiento del biodigestor y elaboración de planos

Para el dimensionamiento del biodigestor de estructura flexible se consideró la siguiente metodología de cálculo.

- Cantidad de estiércol disponible (Kg/día)
- Cálculos de mezcla cantidad de estiércol + agua

- Cálculos de tiempo de retención hidráulica.
- Cálculos de volumen total del biodigestor
- Cálculos de volumen líquido del biodigestor
- Cálculos de volumen gaseoso del biodigestor
- Cálculos de la zanja del biodigestor.
- Cálculos de la longitud del biodigestor
- Cálculos del tanque de mezcla
- Cálculos de la cantidad de biofertilizante a obtener.

2.3 Biodigestor prototipo (estructura flexible)

La construcción de este prototipo fue con la finalidad de adaptar las condiciones necesarias para la producción de biogás y biól. El mismo fue construido de material de plástico capacidad de 16 Litros.

El prototipo está construido en forma de cilindro en sus dos extremos están colocados los tubos tanto para la entrada de la mezcla como la salida del biól, en la parte superior externa se encuentra la válvula de seguridad compuesta de una botella de un litro llena de agua la cual tiene un agujero en la parte superior de la misma, esta permitirá prevenir la ruptura del biodigestor en caso de que no se consuma biogás.

Seguidamente se empezó a preparar la mezcla, la cual cogimos 3 kg de estiércol fresco y 9 litros de agua en una relación de 1:3 un total de mezcla 12L/día se cargó la mezcla una sola vez cubriendo el 75% del biodigestor tomando en cuenta que el 25% es para el almacenamiento del biogás.

Para nuestro estudio tomamos por 2 meses la temperatura ambiente, cuyos datos nos servirán para cálculos de diseño del biodigestor propuesto.

Se observó que el prototipo fue inflándose después de 15 días de haberlo cargado, para el reservorio del biogás se utilizó una funda plástica en buen estado sin dejar aberturas por donde escape el biogás y se observaba como se iba llenando dicha funda.

Transcurrido el día 23 se procedió a ser pruebas para constatar la producción de biogás, para esto procedimos a la quema de este y observamos una llama de combustión rojiza.

Según (Guasumba, 2007, p. 6), el color de la llama depende de la materia prima utilizada en este caso es rojiza porque es estiércol, la llama azulada es porque se utiliza mayor proporción de residuos vegetales. (Ver anexo G).

CAPÍTULO III

3 CÁLCULOS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Diagnóstico ambiental

3.1.1 Medio físico

3.1.1.1 Temperatura

Los datos climáticos de la zona donde se lleva a cabo el estudio fueron medidos durante los meses de octubre y noviembre del año 2014, utilizando un termómetro digital. Las temperaturas fueron tomadas en las siguientes horas del día, 6:00am, 9:00am, 12:00pm, 15:00pm, 18:00pm, 0.00am, esto para tener un promedio total de temperatura en la zona, estos datos serán de mucha importancia para el estudio del diseño de biodigestor. (Ver anexo H)

Tabla 14-3 Datos generales de temperatura del mes de octubre y noviembre 2014

HORA	TEMPERATURA (°C)			
	Promedio	Máxima	Mínima	Promedio General
6:00	21,8	25,8	20,2	26,7
9:00	27,1	36,9	22,3	
12:00	31,1	39,9	20,3	
15:00	32,9	42,4	23,6	
18:00	26,0	33,3	21,5	
0:00	21,0	29,2	19,1	
12:00 (MRQZ)	38,2	45,1	25,5	38,2

Fuente: VERA, Verónica, 2015

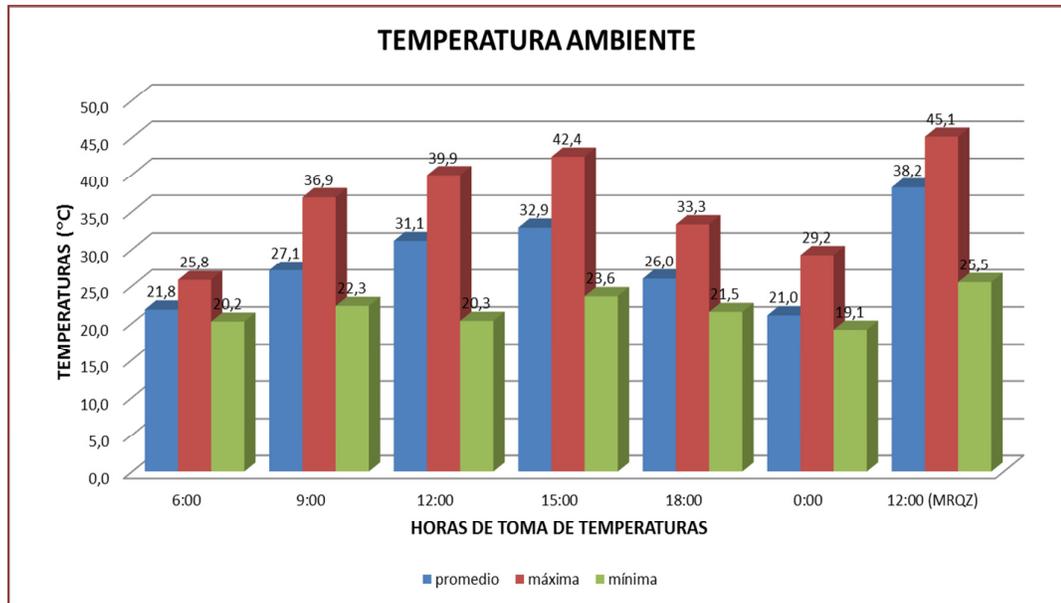


Gráfico 1-3 Temperatura Ambiente de la zona
Fuente: VERA, Verónica, 2015

3.1.2 Medio biológico

3.1.2.1 Flora

Tabla 15-3 Lista de la flora encontrada en la finca Divino Niño

Imagen	
	<p>Nombre Común: Palma Africana Nombre Científico: <i>Elaeis guineensis</i></p>

Imagen	 <p>Nombre Común: Guayabo Nombre Científico: <i>Psidium guajava</i></p>
Imagen	 <p>Nombre Común: Helecho Nombre Científico: <i>Pteridium aquilinum</i></p>
Imagen	 <p>Nombre Común: Papa China Nombre Científico: <i>Colocasia esculenta</i></p>
Imagen	 <p>Nombre Común: Cedro Nombre Científico: <i>Cedrela odorata</i></p>

Imagen	
	<p>Nombre Común: Caña de azúcar Nombre Científico: <i>Saccharum officinarum</i></p>

Fuente: VERA, Verónica, 2015

3.1.2.2 Fauna

Tabla 16-3 Lista de la fauna encontrada en la finca Divino Niño

<p data-bbox="526 905 618 940">Imagen</p> 	<p>Nombre Común: Araña Nombre Científico: <i>Saccharum officinarum</i></p>
<p data-bbox="526 1352 618 1388">Imagen</p> 	<p>Nombre Común: Mosca Nombre Científico: <i>Sarcophagidae</i></p>

<p align="center">Imagen</p>	<p>Nombre Común: Hormiga Obrera Nombre Científico: <i>Solenopsis</i></p>
	<p>Nombre Común: Avispa lechiguana Nombre Científico: <i>Brachygastra lecheguana</i></p>
<p align="center">Imagen</p>	
	<p>Nombre Común: Mariposa Nombre Científico: <i>Lepidoptera</i></p>
<p align="center">Imagen</p>	<p>Nombre Común: Grillo Nombre Científico: <i>Gryllidae</i></p>
	

Fuente: VERA, Verónica, 2015

3.2 Valoración e identificación de impactos

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales se empleará la Matriz de Leopold causa- efecto de doble entrada, donde se evaluará los principales factores ambientales que se ven afectados por la problemática de la porqueriza ubicada en la finca Divino Niño.

3.2.1 Principales acciones de la problemática por la porqueriza

Las acciones positivas que se producen al implementar el biodigestor son:

- Descargas de efluentes
- Generación de energías
- Generación de olores
- Utilización del estiércol

Las principales acciones negativas que se producen por las actividades de crianza de los cerdos son:

- Disposición final del estiércol (fosa séptica)
- Generación de excretas
- Foco de vectores de enfermedades
- Lavado de los corrales
- Venta de cerdos
- Área de crianza
- Alimentación
- Producción de cerdos

Tabla 17-3 Matriz de identificación y evaluación de impactos ambientales

EVALUACION IMPACTO AMBIENTAL														IMPACTOS							
PORQUERIZA FINCA DIVINO NIÑO																					
MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN														IMPACTOS NEGATIVOS	IMPACTOS POSITIVOS						
E T P A R P O A Y S E C D T E O L	IMPLEMENTACION DEL BIODIGESTOR		12	DESCARGA DE EFLUENTES																	
			11	GENERACION DE ENERGIA																	
			10	GENERACION DE OLORES																	
			9	UTILIZACION DE ESTIERCOL																	
	CRIANZA DE CERDOS		8	FOSA SEPTICA																	
			7	GENERACION DE EXCRETAS																	
			6	FOCO DE VECTORES DE ENFERMEDADES																	
			5	LAVADO DE CORRALES																	
			4	VENTA DE CERDOS																	
			3	AREA DE CRIANZA																	
			2	ALIMENTACION																	
			1	PRODUCCION DE CERDOS																	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
MEDIO FISICO		SUELO	Erosión	-		-											2				
			Alteración de la calidad del suelo	-				-		-	-	+						4			
		AGUA	Alteración de un cuerpo de agua dulce	-				-		-	-	+							2		
			Calidad físico-química y bacteriológica	-				-		-	-	+							2		
		AIRE	Emanación de olores	-	-		-			-	-	+	+						6		
		FAUNA -FLORA	Perdida de la biodiversidad	-		-					-	-	+						3		
MEDIO BIOTICO		USOS DEL TERRITORIO	Incremento de fauna nociva	-						-	-	+					3				
			Afectación a zonas aledañas	-						-	-	+						2			
		ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO	Modificación de panoramas y paisajes	-		-						-	-	+	+				2		
			Alteración de la naturaleza	-		-						-	-	+	+				2		
MEDIO SOCIO ECONÓMICO		NIVEL CULTURAL Y SOCIOECONÓMICOS	Cambios en los estilos de vida	+			+					+	+				2				
			Afectación a la seguridad laboral y salud	-						-	-	+							3		
			Mejoramiento de la calidad de vida del beneficiario	+			+						+	+	+	+			6		
			Incremento de ingresos económicos	+	+	+	+						+	+	+	+			6		
		POBLACIÓN	Aceptación social	-									+	+	+	+			1		
			Aparición de enfermedades									-	-	-					3		
			Aparición de enfermedades respiratorias									-	-	-					3		
SUBTOTAL NEGATIVOS					11	1	4	1	3	7	11	9									
SUBTOTAL POSITIVOS					3	1	1	3				1	11	5	3	12					
														47	40						
IDENTIFICACION: - = impacto negativo ; + = impacto positivo														87							

Tabla 18-3 Matriz de Valoración de Impactos Ambientales

EVALUACION IMPACTO AMBIENTAL												INTERACCIONES AMBIENTALES													
PORQUERIZA FINCA DIVINO NIÑO																									
MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN																									
E T P A R P O A Y S E C D T O L	IMPLEMENTACION DEL BIODIGESTOR		12	DESCARGA DE EFLUENTES																					
			11	GENERACION DE ENERGIA																					
			10	GENERACION DE OLORES																					
			9	UTILIZACION DE ESTIERCOL																					
			8	FOSA SEPTICA																					
			7	GENERACION DE EXCRETAS																					
			6	FOCO DE VECTORES DE ENFERMEDADES																					
			5	LA VADO DE CORRALES																					
			4	VENTA DE CERDOS																					
			3	AREA DE CRIANZA																					
			2	ALIMENTACION																					
			1	PRODUCCION DE CERDOS																					
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					TOTAL				
																		IMP(-)	IMP	%					
MEDIO FISICO	SUELO	Erosión	-4.0		-4.0																				
		Alteración de la calidad del suelo	-4.5				-4.0		-3.0	-4.0															
	AGUA	Alteración de un cuerpo de agua dulce	-4.5				-4.0		4.5	-4.5															
		Calidad físico-química y bacteriológica	-4.5				4.0	-4.5	-4.5	-4.5															
	AIRE	Emanación de olores	-4.0	-3.0		-3.0			-4.5	-3.5	-4.0														
FAUNA -FLORA	Perdida de la biodiversidad	-4.5		-3.0					-3.0																
MEDIO BIOTICO	USOS DEL TERRITORIO	Incremento de fauna nociva	-4.0							-4.0	-4.0														
		Afectación a zonas aledañas							-3.0	-2.0	-2.0														
	ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO	Modificación de panoramas y paisajes	-3.5		-3.0																				
MEDIO SOCIO ECONÓMICO	NIVEL CULTURAL Y SOCIOECONÓMICOS	Alteración de la naturaleza	-3.5		-3.0				-2.0	-2.0	-4.0														
		Cambios en los estilos de vida																							
		Afectación a la seguridad laboral y salud	-4.5							-4.5	-3.0	-4.5													
		Mejoramiento de la calidad de vida del beneficiario																							
	POBLACIÓN	Incremento de ingresos económicos																							
		Aceptación social	-3.0																						
		Aparición de enfermedades								-4.3	-4.0	-4.5													
		Aparición de enfermedades respiratorias							-4.3	-4.0	-4.5														
INTERACCIONES AMBIENTALES	ALTAMENTE SIGNIFICATIVOS																								
	SIGNIFICATIVOS				5	1					3	3	5												
	DESPRECIABLES				6		4	1	3	4	8	5													
	POSITIVOS O BENEFICOS				3	1	1	3						11	5	3	12								
				IMP(-)			-11	-1	-4	-1	-3	-7	-11	-10	0	0	0	0							
																	48	39	100						
																	87								

3.2.2 *Discusión de resultados de la identificación y evaluación de impactos ambientales*

Mediante la matriz de identificación y evaluación identificamos 48 impactos negativos y 39 positivos, los impactos negativos que se dan por la producción de cerdos especialmente por el mal manejo de sus residuos, y la gran mayoría de impactos positivos se da por la implementación del biodigestor.

Los porcentajes de afectación hacia los factores ambientales son los siguientes: afectaciones altamente significativas 0%, significativas 19%, despreciables 36%, benéficas 45%.

La matriz nos indica que el recurso natural más afectado es el agua en la calidad física química y bacteriológica esto también nos indica en el resultado de análisis de las aguas residuales enviadas al laboratorio donde la DQO, DBO, Coliformes Totales, no cumple con el límite máximo permisible de la norma TULSMA. Libro VI, Anexo 1, Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, seguidamente está el recurso aire por las emanaciones de olores del estiércol y de la fosa de aguas residuales.

En conclusión se pretenden reducir aproximadamente un 80% de impactos negativos al construir e instalar el biodigestor propuesto, de igual manera disminuir gastos en lo que respecta a la compra de GLP y Fertilizantes.

3.3 Factores para el diseño

Para el diseño del Biodigestor de estructura flexible se tomó en cuenta los siguientes criterios:

Recurso económico.- analizando la situación económica del propietario de la finca donde se realiza este estudio, se ha visto la necesidad de diseñar un biodigestor de bajo costo tanto en la instalación, construcción y mantenimiento y el idóneo es el de estructura flexible.

Disponibilidad de la materia prima.- mediante el monitoreo de la cuantificación de estiércol disponible, tenemos datos de la cantidad suficiente de materia para poder realizar la carga diaria al biodigestor.

Contaminación ambiental.- este diseño es una alternativa para disminuir impactos hacia el ambiente como el aire producción de malos olores, propagación de mosquitos, el agua y suelo.

3.4 Cálculos

3.4.1 Cálculo de la cantidad de energía consumida al mes

En la finca Divino Niño, la cantidad de energía o gas consumido es principalmente para la cocción de alimentos para los cerdos y en el pelado del faenamiento de los mismos.

Para la cocción de los alimentos de los cerdos = 15kg.de GLP/mes

Para el faenamiento de los cerdos = 7 kg. de GLP/mes

El requerimiento mensual de energía es de 22kg.GLP/mes

Cálculo de la cantidad de GLP a m³ de biogás

$$\frac{22\text{kg. GLP}}{\text{mes}} * \frac{1\text{m}^3\text{biogás}}{0,45\text{kg. GLP}} = \frac{49\text{m}^3\text{biogás}}{\text{mes}}$$

$$\frac{49\text{m}^3}{\text{mes}} * \frac{1\text{mes}}{30 \text{ días}} = \frac{1,6\text{m}^3\text{biogás}}{\text{día}}$$

Para satisfacer la demanda diaria de biogás en la finca Divino Niño, será necesario producir 1.6m³ de biogás

3.4.2 Cálculo de determinación de materia prima disponible

La cuantificación se realizó durante 8 días de la semana de Noviembre del 2014, en la finca Divino Niño actualmente existen 51 cerdos los cuales son la capacidad máxima de la porqueriza. A continuación se resumen los datos obtenidos.

Tabla 19-3 Determinación de materia prima disponible

TOTAL DE CERDOS 51				
FECHAS	PESO ESTIERCOL KG	TOTAL ESTIÉRCOL 12horas (KG/SEMANAL)	TOTAL ESTIÉRCOL 24 horas (KG/SEMANAL)	PESO PROMEDIO DEL ESTIÉRCOL (KG/DÍA)
08/11/2014	16,33	148,12	296,24	37,03
09/11/2014	15,74			
10/11/2014	18,37			
11/11/2014	18,14			
12/11/2014	19,18			
13/11/2014	19,09			
14/11/2014	18,91			
15/11/2014	22,36			

Fuente: VERA, Verónica, 2015

La materia prima disponible en la finca Divino Niño es 37.03 kg/día.

3.4.3 Cálculo del volumen de la carga diaria de entrada (VCD)

La relación de estiércol porcino es: 1 parte de estiércol fresco + 3 partes de agua l. (Ver tabla 7-1)

Ecuación 1

$$V_{CD} = CE + 3 \text{ de H}_2\text{O}$$

$$V_{CD} = \frac{37,03\text{kg. EF}}{\text{día}} + (3) \frac{37,03\text{l}}{\text{kg}} = \frac{148,12\text{L de mezcla}}{\text{día}}$$

$$V_{CD} = \frac{148,12\text{L de mezcla}}{\text{día}} * \frac{1\text{m}^3 \text{ de mezcla}}{1000\text{L de mezcla}} = \frac{0,15\text{m}^3 \text{ de mezcla}}{\text{día}}$$

3.4.4 *Tiempo de retención*

El promedio de temperatura ambiente de la comunidad Campo Alegre es de 26.7 °C.

Con los datos bibliográficos se interpoló y se encontró la ecuación $y = 2x + 76,667$, con lo cual se determina que para una temperatura ambiente de 26,7 °C el tiempo de retención es de 23 días. (Ver anexo H)

3.4.5 *Volumen del biodigestor*

Conociendo el volumen de carga diaria (V_{CD}) y el tiempo de retención (T.R), se procede a calcular el volumen del digestor con la siguiente fórmula:

Ecuación 2

$$V_b = V_{CD} * T.R$$

Donde.

V_b= Volumen del biodigestor

V_{CD}= Volumen de carga diaria

T.R= Tiempo de Retención

$$V_b = \frac{0,15m^3}{día} * 23días$$

$$V_b = 3,45m^3$$

Hay que tener en cuenta que el volumen total será la suma de Volumen líquido y volumen gaseoso, según (Herrero, 2008, p. 29) el 75% del volumen total corresponde a la fase líquida, y del 25% restante a la fase gaseosa.

Ecuación 3

Volumen líquido (V_L)

$$V_L = V_b * 75\%$$

$$V_L = 3,45\text{m}^3 * 0,75$$

$$V_L = 2,58\text{m}^3$$

Ecuación 4

Volumen gaseoso (V_g)

$$V_g = V_b * 25\%$$

$$V_g = 3,45\text{m}^3 * 0,25$$

$$V_g = 0,86 \text{ m}^3$$

3.4.6 Producción diaria de biogás

Para determinar la producción de biogás tenemos en cuenta el resultado de análisis sólidos totales 0,3026 kg ST/kg E.F y mediante la (tabla 20-3), cogemos los datos de producción de biogás a partir de 26,7 °C temperatura ambiente de la comunidad Campo Alegre.

Tabla 20-3 Principales datos de diseño para la obtención de Biogás

1 kg de estiércol Fresco (EF)	0,20 kg de sólidos totales (ST)
1 kg de Sólidos Totales (ST)	0,8 kg de sólidos volátiles (SV)
1kg de Sólidos totales (ST)	0,3m ³ de biogás (35°C Y PR. Atm.)
1kg de Sólidos totales (ST)	0,25m ³ de biogás (30°C Y PR. Atm.)
1kg de Sólidos totales (ST)	0,2m ³ de biogás (25°C Y PR. Atm.)

Fuente: Larry, 1979

Partiendo de la cantidad de EF disponible realizamos el siguiente cálculo para determinar la cantidad de biogás.

$$37,03 \frac{kg E.F}{día} * \frac{0,3026 kg ST}{1kg E.F} * \frac{0,21m^3 biogás}{1kg ST(26,7 °C)} = 2,35 \frac{m^3 biogás}{día}$$

La producción diaria de biogás es suficiente para satisfacer la demanda de energía que consumen para la alimentación y faenamiento de cerdos ya que solo se necesitan el 1,6m³ biogás /día.

3.4.7 Dimensionamiento de la zanja del biodigestor

Partiendo de los siguientes datos anchos de rollos de polietileno más comunes en el mercado calcularemos la longitud del biodigestor y la relación L/d donde el rango óptimo es 5-10 siendo el mejor 7. Cumpliendo con este rango podremos dimensionar la zanja donde será colocado el biodigestor

Tabla 21-3 Relación óptima entre longitud y diámetro del biodigestor

Ancho del rollo (m)	Radio (m)	Diámetro (m)	Sección eficaz ($\pi * r^2$) (m ²)	Longitud del biodigestor (Vt/secc.Eficaz) (m)	Relación Longitud/diámetro
1	0,32	0,64	0,32	$3,45\text{m}^3/0,32\text{m}^2 = 10,78$	16,84
1,25	0,40	0,80	0,50	$3,45\text{m}^3/0,50\text{m}^2 = 6,9$	13,8
1,35	0,42	0,84	0,55	$3,45\text{m}^3/0,55\text{m}^2 =$ 6,27	7,46
1,50	0,48	0,96	0,72	$3,45\text{m}^3/0,72\text{m}^2 = 4,79$	4,99

Fuente: VERA, Verónica, 2015

Teniendo la longitud del biodigestor ideal al rango óptimo siendo 6,27m, es necesario añadir un metro más para amarrar las tuberías tanto de entrada y salida, esto sería 7,27m de longitud de la membrana de polietileno a utilizar.

Con el dato del ancho del rollo empezaremos a calcular las dimensiones de la zanja.

Tabla 22-3 Dimensiones de la zanja

Ancho del rollo(m)	1,35
b(m)	0,68
a(m)	0,48
p(m)	0,78

Fuente: VERA, Verónica, 2015

3.4.8 Volumen del reservorio del biogás

Según (Criollo &Guzmán, 2014, p. 22) el tanque reservorio debe tener una relación de 5:1 para fincas pequeñas.

Ecuación 5

$$\frac{V_{Tb}}{V_{Rb}} = 5$$

$$V_{Rb} = \frac{V_{Tb}}{5}$$

Donde:

V_{Rb} = Volumen del reservorio de biogás

V_{Tb} = Volumen Total del Biodigestor

$$V_{Rb} = \frac{3,45\text{m}^3}{5}$$

$$V_{Rb} = 0,69\text{m}^3$$

3.4.8.1 Longitud del Reservorio de Biogás

Ecuación 6

$$L_{RB} = \frac{4 * V_{Tb}}{\pi D^2}$$

Donde:

L_{RB} = Longitud del Reservorio de Biogás

V_{Tb} = Volumen total del biodigestor

L = Longitud del Biodigestor

D = Diámetro

$$L_{RB} = \frac{4 * 3,45\text{m}^3}{\pi * 1,68 \text{ m}^2}$$

$$L_{RB} = 2,61\text{m}$$

3.4.9 Dimensionamiento de la caja de entrada y salida

Para las dimensiones de las cajas para la entrada de la mezcla y descarga del bioabono se considera el volumen de carga diaria. El tanque de entrada se coloca a diferente nivel del biodigestor para que el sustrato entre por gravedad. Los dos tanques tendrán las mismas dimensiones debido a la cantidad de mezcla que ingresan y la cantidad de bioabono que sale son aproximadamente iguales.

Ecuación 7

$$V_{CC} = 2 * \text{Carga diaria (m}^3\text{)}$$

Donde:

V_{CC} = volumen caja de carga (m³)

V_{CD} = volumen carga diaria

$$V_{CC} = 2 * 0,15\text{m}^3$$

$$V_{CC} = 0,30\text{m}^3$$

$$V = L_1 * L_2 * L_3$$

$$L_3 = \frac{V}{L_1 * L_2}$$

$$L_3 = \frac{0,30\text{m}^3}{0,50\text{m} * 0,7\text{m}}$$

$$L_3 = 0,86\text{m}$$

3.4.10 Dimensionamiento de la tubería de entrada y salida

Se utilizará un tubo de 4", de 1 metro de largo, de los cuales 80 cm van a ser sumergidos al biodigestor y 20cm quedaran a la vista, esto va a hacer tanto para la tubería de entrada y salida.

3.4.11 Producción de bioabono por día

Ecución 8

$$\mathbf{Bioabono} = \mathbf{Carga\ diaria\ (V_{CD})} - \left[\mathbf{Carga\ diaria\ (V_{CD})} * \frac{\% \mathbf{ST}}{\mathbf{100}} \right]$$

$$\mathbf{Bioabono} = \frac{148,12l}{\text{día}} - \left[\frac{148,12l}{\text{día}} * \frac{30,26\%}{100} \right]$$

$$\mathbf{Bioabono} = \frac{103,29\text{litros}}{\text{día}}$$

3.4.12 Dimensiones del biodigestor de estructura flexible que será aplicado en la finca Divino Niño

Tabla 23-3 Resumen de las Dimensiones del Biodigestor de Estructura Flexible que será aplicado en la finca “Divino Niño”

Biodigestor de Estructura Flexible		
Carga Diaria: 37,03 kg de estiércol porcino y 111 litros de agua		
Producción de biogás diario: 2,35 m³		
Producción de Bioabono: 103,29L/día		
Temperatura Ambiente: 26,7 °C		
Cálculo	Resultado	Ecuación
Volumen Líquido	2,58m ³	$V_L = V_b * 75\%$
Volumen Gaseoso	0,86m ³	$V_g = V_b * 25\%$
Volumen Total	3,45m ³	$Vb = V_{CD} * T. R$
Ancho del rrollo	1,35m	
Longitud del Biodigestor y de la zanja (L/D)	6,27m	Vt/secc.Eficaz
Longitud ^{Plástico} por capa añadido 1 metro para amarre	7,27m	
Volumen del Reservorio del biogás	0,69 m ³	$V_{Rb} = \frac{V_{Tb}}{5}$
Longitud del Reservorio del biogás	2,61m	$L_{RB} = \frac{4 * V_{Tb}}{\pi D^2}$
Ancho superior de la zanja	0,68m	
Ancho inferior de la zanja	0,48m	
Profundidad de la zanja	0,78m	
Volumen de las cajas de entrada y salida	0,30m ³	$V_{CC} = 2 * \text{Carga diaria (m}^3\text{)}$
Producción de Bioabono	$\text{Bioabono} = \text{Carga diaria (V}_{CD}\text{)} - \left[\text{Carga diaria (V}_{CD}\text{)} * \frac{\% ST}{100} \right]$	

Fuente: VERA, Verónica, 2015

3.5 Resultados y discusión

3.5.1 Resultados de la caracterización del estiércol fresco

A continuación en las siguientes tablas se indican los análisis realizados de la muestra de estiércol, proveniente de la porqueriza situada en la finca Divino Niño, obteniéndose los siguientes resultados: (Ver anexo J)

3.5.1.1 Potencial Hidrógeno pH

De acuerdo al autor (Metcall, 1995), el rango óptimo de pH en la producción de biogás es 7-7,2; este valor es muy importante para la digestión anaerobia.

Tabla 24-3 Valores de pH en el estiércol porcino

Parámetro (pH)			
Muestra	1	2	3
Unidad	~	~	~
Resultados	6,54	6,20	6,50
Promedios	6,41		

Fuente: VERA, Verónica, 2015

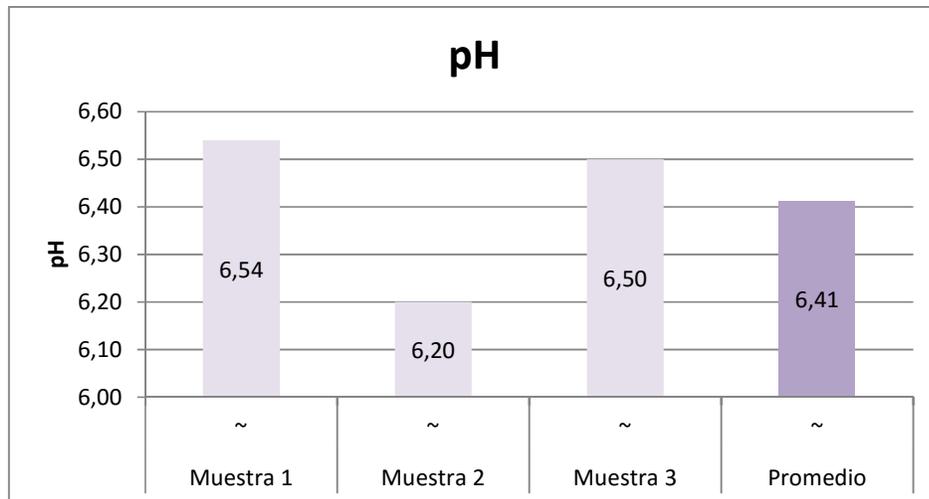


Gráfico 2-3 pH estiércol porcino

Fuente: VERA, Verónica, 2015

En la gráfica se muestran los resultados de la medición del pH, las cuales fueron medidas de la siguiente manera: muestra 1 se realizó en forma ex-situ para tener una referencia promedio, la muestra 2 y 3 fueron tomadas en forma in-situ, teniendo como resultado promedio de 6,4.

Los valores de pH obtenidos no son óptimos para la digestión, por esta razón hemos agregado un cierto porcentaje de cal como lo indica en bibliografía para subir a valores óptimos de 7.

3.5.1.2 Temperatura del estiércol fresco

Este es un factor muy importante para el proceso de digestión anaerobia, el promedio de la temperatura en el estiércol fresco es de 26 °C, encontrándose en un rango óptimo para la producción de biogás.

Tabla 25-3 Valores de Temperatura en el estiércol porcino

Parámetro (Temperatura)			
Muestra	1	2	3
Unidad	°C	°C	°C
Resultado	26,30	26,00	25,60
Promedio	26,0		

Fuente: VERA, Verónica, 2015

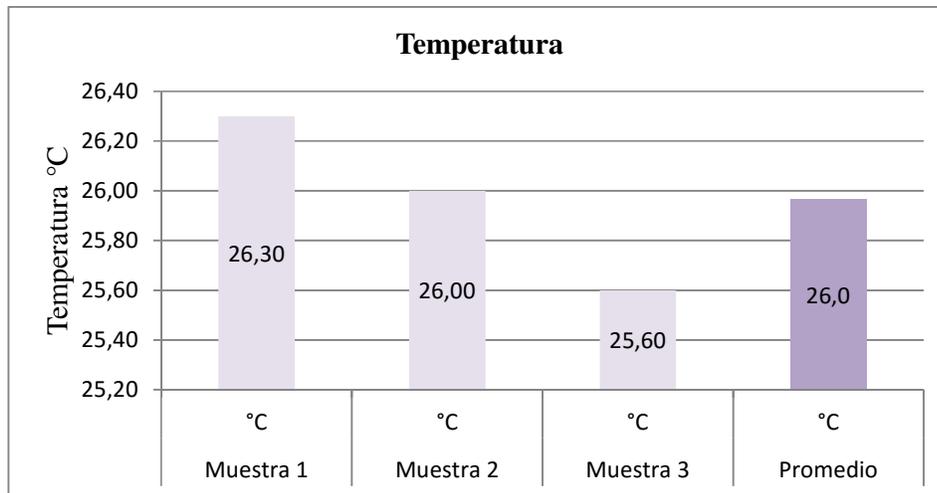


Gráfico 3-1 Temperatura estiércol porcino
Fuente: VERA, Verónica, 2015

3.5.1.3 Sólidos totales (pre-tratamiento)

En la muestra de estiércol fresco sometida a ensayo da como resultado promedio de sólidos totales un 30,26 % el cual se encuentra dentro del rango óptimo de 15-49% para el estiércol porcino, según (Varnero & Arellano, 1997, p. 37).

Tabla 26-3 Valores de Sólidos Totales en el estiércol porcino

Parámetro (sólidos totales)			
Muestra	1	2	3
Unidad	%	%	%
Resultado	27,96	31,50	31,33
Promedio	30,26		

Fuente: VERA, Verónica, 2015

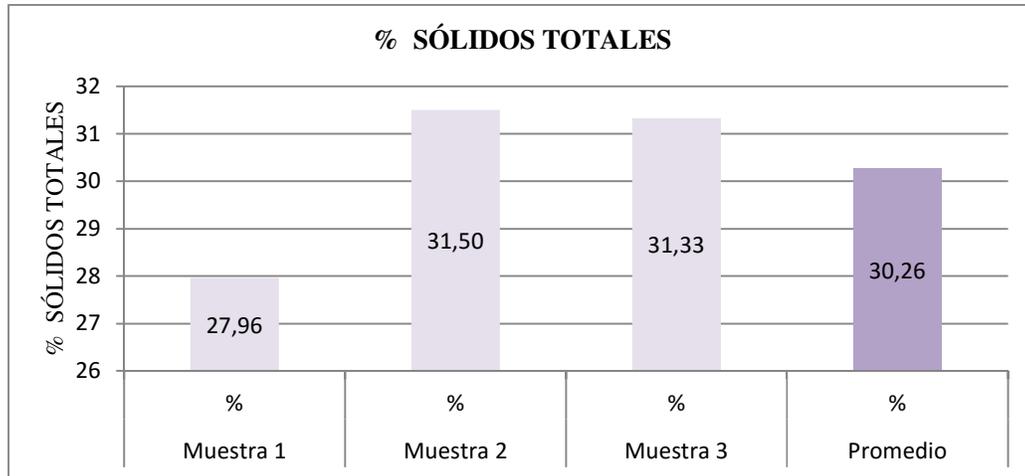


Gráfico 4-3 Valores Sólidos Totales en el estiércol porcino

Fuente: VERA, Verónica, 2015

3.5.1.4 *Materia Orgánica (pre-tratamiento)*

El % de materia orgánica obtenidos en el estiércol fresco es de un 14,30% .Factor muy importante para la producción de los procesos metabólicos mediante su descomposición por bacterias.

Tabla 27-3 Valores de Materia Orgánica en el estiércol porcino

Parámetro (materia orgánica)			
Muestra	1	2	3
Unidad	%	%	%
Resultado	17,66	12,11	13,13
Promedio	14,30		

Fuente: VERA, Verónica, 2015

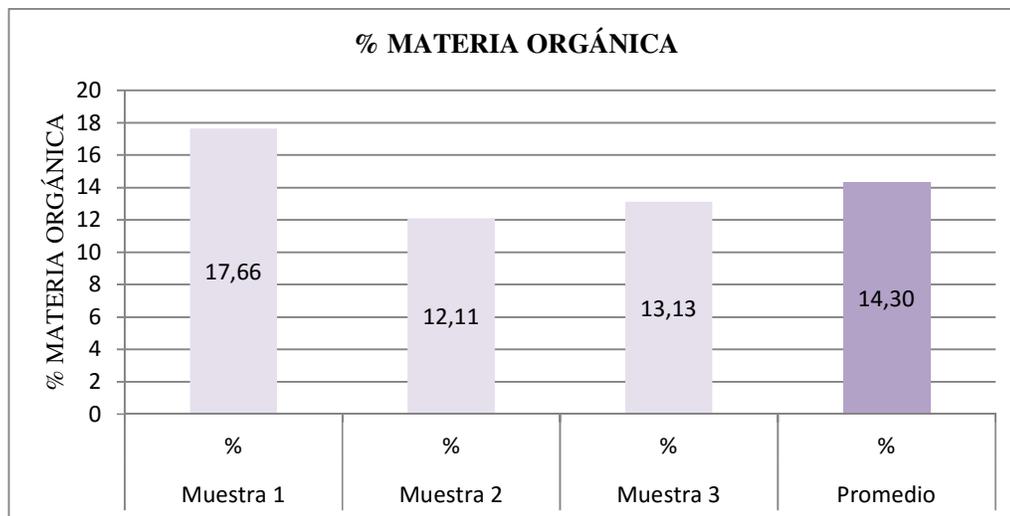


Gráfico 5-3 Valores de Materia Orgánica en el estiércol porcino

Fuente: VERA, Verónica, 2015

3.5.1.5 Humedad (pre-tratamiento)

Según (Gómez, 2012, p.30) indica que la cantidad de sólidos totales se relaciona con la humedad, es decir que el 30,26% S.T antes descritos significa una humedad del 69,74%, comprobando un promedio exacto en el análisis.

Tabla 28-3 Valores de humedad en el estiércol fresco

Parámetro (Humedad)			
Muestra	1	2	3
Unidad	%	%	%
Resultado	72,04	68,5	68,67
Promedio	69,74		

Fuente: VERA, Verónica, 2015

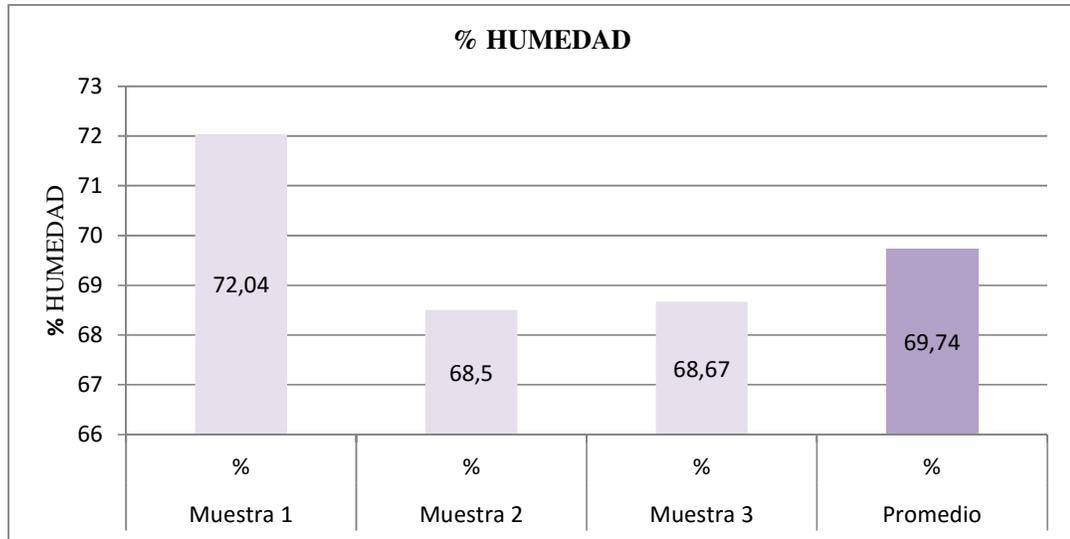


Gráfico 6-3 Valores de Humedad en el estiércol Fresco

Fuente: VERA, Verónica, 2015

Con los valores de la humedad se establece la cantidad de agua para la mezcla o la relación que se debe establecer estiércol: agua

3.5.1.6 Ceniza (pre-tratamiento)

El resultado promedio del porcentaje de ceniza fue de 13,72%, este valor indica la cantidad de materia sólida no combustible.

Tabla 29-3 Valores de ceniza en el estiércol porcino

Parámetro (Ceniza)			
Muestra	1	2	3
Unidad	%	%	%
Resultado	14,62	13,94	12,61
Promedio	13,72		

Fuente: VERA, Verónica, 2015

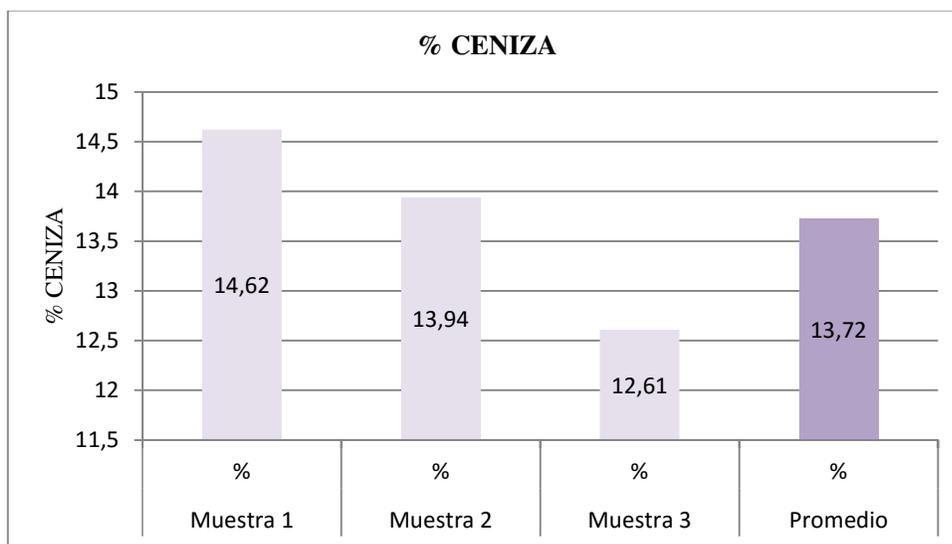


Gráfico 7-3 Valores de ceniza en el estiércol porcino

Fuente: VERA, Verónica, 2015

3.5.1.7 Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

El promedio de relación C/N es de 11,56, según (Sosa, 1998) este valor está dentro de los rangos óptimos para este tipo de proceso.

Tabla 30-3 Valores de C/N en el estiércol porcino

Parámetro (C/N)				
Muestra	1	2	3	Promedio
Unidad	%	%	%	%
Resultados Carbono	10,24	7,02	7,62	8,29
Resultados Nitrógeno	0,88	0,61	0,66	0,72
C/N	11,64	11,51	11,55	11,56

Fuente: VERA, Verónica, 2015

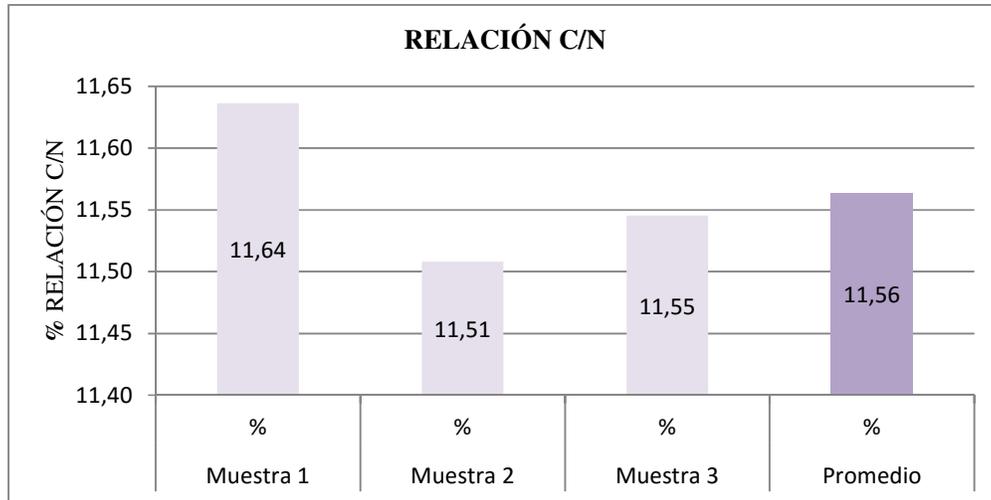


Gráfico 8-3 Valores de C/N en el estiércol porcino

Fuente: VERA, Verónica, 2015

3.5.1.8 Sulfuro de Hidrógeno (pre-tratamiento)

Los resultados obtenidos de sulfuro de hidrógeno es de 21,53 mg/kg, expresados 21,53 mg/L, no se encuentra en los rangos de toxicidad, ya que llega a ser tóxica a una concentración de 50 mg/L, según (Varnero, 2011.p. 48)

Tabla 31-3 Valores de sulfuro de hidrógeno en el estiércol porcino

Parámetro (sulfuro de hidrógeno)			
Muestra	1	2	3
Unidad	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Resultado	19,7	23,4	21,5
Promedio	21,53		

Fuente: VERA, Verónica, 2015

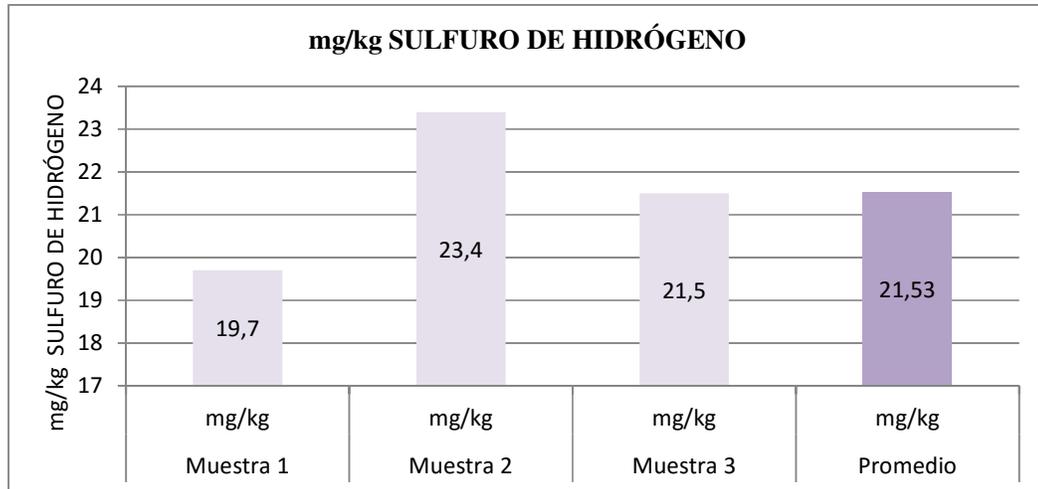


Gráfico 9-3 Valores de sulfuro de hidrógeno en el estiércol porcino

Fuente: VERA, Verónica, 2015

3.5.1.9 Coliformes Totales y Fecales (pre-tratamiento)

La digestión anaeróbica, disminuye la cantidad de coliformes fecales y organismos patógenos, no produce malos olores, origina un sobrenadante clarificado con un valor de DBO₅ muy bajo, con un porcentaje mínimo de sólidos y fósforo (Varnero, 2011, p.14)

Tabla 32-3 Valores de Coliformes totales en el estiércol porcino

Parámetro (Coliformes totales)			
Muestra	1	2	3
Unidad	Col/kg	Col/kg	Col/kg
Resultado	3,50E+07	3,20E+07	4,20E+07
Promedio	3,63E+07		

Fuente: VERA, Verónica, 2015

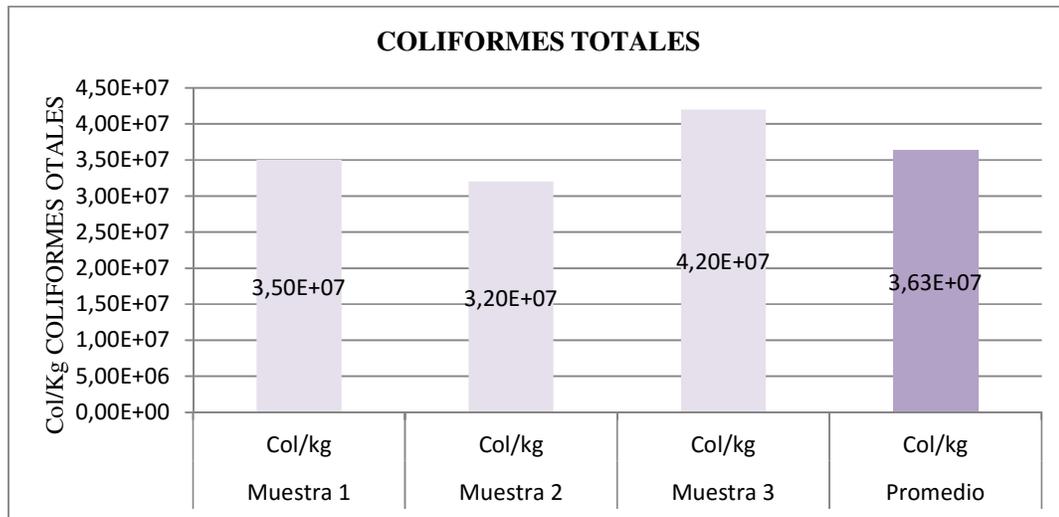


Gráfico 10-3 Valores de Coliformes Totales en el estiércol Fresco
Fuente: VERA, Verónica, 2015

3.5.1.10 *Coliformes Fecales (pre-tratamiento)*

Tabla 33-2 Valores de Coliformes fecales en el estiércol porcino

Parámetro (Coliformes fecales)			
Muestra	1	2	3
Unidad	Col/kg	Col/kg	Col/kg
Resultado	2,30E+07	2,50E+07	2,80E+07
Promedio	2,53E+07		

Fuente: VERA, Verónica, 2015

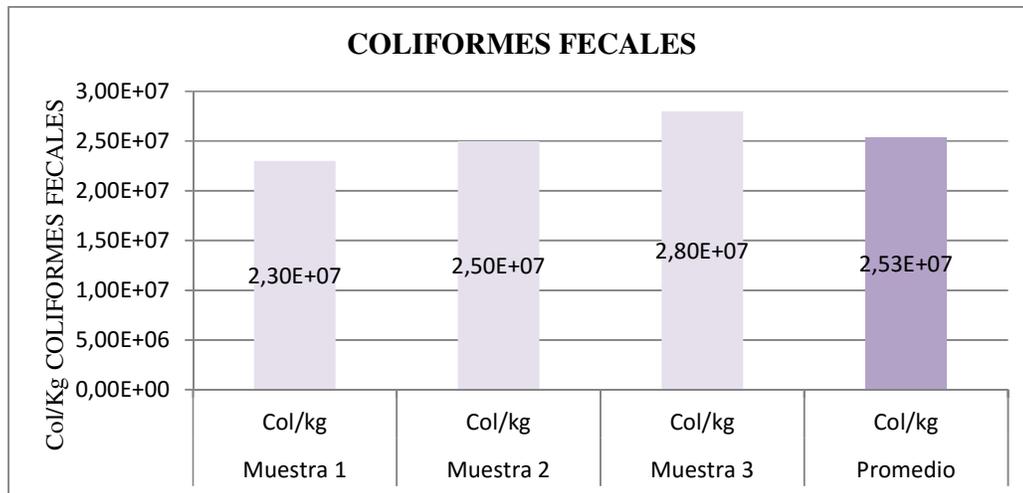


Gráfico 11-3 Valores de Coliformes fecales en el estiércol porcino

Fuente: VERA, Verónica, 2015

Los resultados promedios de los coliformes totales es de $3,63E+07$ Col/kg y coliformes fecales $2,53E+07$ Col/kg, tenemos una cantidad elevada de microorganismo, las mismas serán reducidas mediante el proceso de digestión anaerobia obteniéndose un subproducto de calidad, como lo indica en bibliografía.

3.5.2 Resultados de análisis post tratamiento (biol.)

Se obtuvieron los siguientes resultados del biol, proporcionados por el laboratorio. (Ver anexo K)

Tabla 34-3 Resultados de análisis del biol

PARÁMETROS	UNIDAD	VALORES DEL LAB.AQLAB	DATOS BIBLIOGRÁFICOS	FUENTE
Potencial Hidrogeno	~	7,1	-	-
Solidos Totales	%	4,5805	5,60	Medina, A.
Materia Orgánica	%	1,7200	38,00	Medina, A.
Carbono Orgánico Total	%	1,00	-	-
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₄)	%	0,00737	0,30	Medina, A.
Fosforo	g/L	0,1258	0,01	Cano, M., Sainoz, E., et. al.(SISTEMA BIOBOLSA)
Amonio (NH ₄)	g/L	0,0948	0,83	Cano, M., Sainoz, E., et. al.(SISTEMA BIOBOLSA)
Sodio	g/L	0,1580	0,25	Cano, M., Sainoz, E., et. al.(SISTEMA BIOBOLSA)

Fuente: VERA, Verónica, 2015

El pH del biol es neutro con un aumento del 6,41 a 7,1 en el proceso de biodigestión. Los ST 4,58% porcentaje aproximado a los datos bibliográficos de 5,60%. La Materia Orgánica 1,72% en comparación a los datos bibliográficos 38,00% es muy baja para obtener porcentajes altos tenemos que mezclar residuos vegetales (leguminosas) y también aumentará al porcentaje de nitrógeno amoniacal ya que tenemos un porcentaje bajo. En el fósforo tenemos valores muy altos 0,125g/L en comparación bibliográfica de 0,01; esto se debe a la alimentación de los cerdos que es el balanceado a base de harina de pescado. El amonio tenemos un valor bajo de 0,09g/L al dato bibliográfico 0,83g/L pero en este caso valores altos puede causar deficiencias de calcio y magnesio, al igual que el sodio se prefiere tener porcentajes bajos porque actúan como inhibidores.

3.5.3 Resultados del análisis de las aguas residuales de la porqueriza

Los resultados de los análisis se muestran en el (Anexo L).

Tabla 35-3 Caracterización física, química, biológica de las aguas residuales de la porqueriza

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite Permisible	Cumplimiento con la Norma
Potencial Hidrogeno	~	6,87	6-9	CUMPLE
Sólidos Totales	mg/L	733,18	1 600	CUMPLE
DQO	mg/L	450	200	NO CUMPLE
DBO	mg/L	427	100	NO CUMPLE
Sulfatos	mg/L	< 20,00	1 000	CUMPLE
Nitritos	mg/L	0,088	10,0	CUMPLE
Coliformes Fecales	mg/L	$1,5 \cdot 10^5$	$\leq 3\ 000$	NO CUMPLE

Fuente: VERA, Verónica, 2015

A través de los resultados de parámetros físicos, químicos, biológicos, se tuvo como sustento básico para realizar la evaluación de impactos hacia el recurso agua. De las cuales la DQO, DBO, Coliformes no cumplen con la normativa.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Considerando factores importantes como: disponibilidad y cantidad de materia prima a utilizar, la situación económica del propietario de la finca Divino Niño, y partiendo del requerimiento mensual de energía 22kg.GLP/mes, se diseñó el biodigestor tipo bolsa flexible de acuerdo a las condiciones ambientales de la zona.
- Los valores promedios obtenidos de la caracterización físico-química y microbiológica del estiércol de ganado porcino son los siguientes: pH 6,4 estabilizado hasta un rango óptimo de 7,0; ST 30,26%; Materia Orgánica 14,30%; Humedad 69,74; Ceniza 13,72%; Relación C/N 11,56%; Sulfuro de Hidrogeno 21,53 mg/kg; Coliformes Totales $3,63 \cdot 10^7$ Col/kg; Coliformes Fecales $2,53 \cdot 10^7$, valores establecidos como óptimos para la obtención de biogás y biol.
- Los desechos orgánicos producidos por el ganado porcino se deben aprovechar de manera adecuada para minimizar los impactos ambientales en un 80%, partiendo de la materia prima disponible 37,03 kg/día se calculó la carga diaria $0,15 \text{ m}^3$ mezcla/día, dicho dato servirá para el dimensionamiento del biodigestor.
- El biodigestor diseñado para la finca Divino Niño cuenta con las siguientes dimensiones: Volumen total $3,45 \text{ m}^3$; longitud del biodigestor y zanja 6,27; volumen del reservorio del biogás $0,69 \text{ m}^3$; las cajas de entrada de la mezcla y salida del bioabono tienen un volumen de $0,30 \text{ m}^3$. Se colocará en una zanja con un ancho superior 0,68m, ancho inferior 0,48m y profundidad 0,78m.
- Se construyó un prototipo de material de plástico 16 litros de capacidad, con una sola mezcla de carga de 12 L/día en una relación 1:3 (estiércol + agua), a los 23 días se procedió con éxito a la verificación de producción de biogás mediante la quema del mismo obteniendo una llama de color naranja. Estos datos sustentan la factibilidad del proyecto.

Recomendaciones

- El lugar donde se ubicará el biodigestor tendrá que estar libre de escombros, ramas, palos que puedan causar daño al biodigestor.
- El plástico a utilizar debe ser flexible y resistente para que no sufra tensiones por el peso de la mezcla y el gas que se producirá.
- Limpiar y evacuar los residuos del interior del biodigestor cada 6 meses
- Si el pH del estiércol fresco no cumple el rango óptimo es decir es menor que 7,00 se puede estabilizar agregándole porcentajes muy pequeñas de cal hasta cumplir con el rango.
- Para evitar el descenso brusco de temperaturas ambientales se debe colocar al biodigestor dentro de una marquesina para que la temperatura se mantenga constante.
- Implementar un medidor de flujo de biogás, para cuantificar el volumen de biogás que fluye desde el biodigestor hacia el quemador.
- Colocar una termocupla dentro del biodigestor para controlar la temperatura del afluente y efluente.

BIBLIOGRAFÍA

CEA, CORDINADORA ECUATORIANA DE AGROECOLOGÍA

<http://www.agroecologia.ec/energias-alternativas/7-biodigestores>

2014-10-03

CRIOLLO QUIZHPI, Erika Carmen, & GUZMAN GUARACA, Adriana Catalina.

Elaboración de un biodigestor piloto tubular para la producción de biogás a partir de estiércol de ganado vacuno, en una vivienda de la Comunidad de Tembo (**TESIS**). Universidad Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba - Ecuador. 2014. pp. 22

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/handle/123456789/3398/236T0092.pdf?sequence=1>

2014-10-7

GARCIA RODRIGUEZ, Alejandro. Calidad alimentaria de la mezcla estiércol de cerdo esquilmos agrícolas deshidratada al sol para bovinos de engorda (**TESIS**). Universidad de Colima. Facultad de Ciencias. Colima-México.2000. pp.11

http://digeset.ucoL.mx/tesis_posgrado/Pdf/Alejandro%20Garcia%20Rodriguez.pdf

2014-10-07

GON L. Transferencia y Aplicación de Dos Alternativas de Manejo y Disposición Final de Residuos Orgánicos Generados en Explotaciones Agropecuarias de la zona de la ciudad de Crespo, entre Ríos (**TESIS**). Universidad Autónoma de Entre Ríos. Facultad de Ciencia y Tecnología. Santa Fe-Argentina.2008. pp. 10

<http://fcyt.uader.edu.ar/web/system/files/Gu%C3%ADa%20para%20proyectos%20de%20biodigesti%C3%B3n%20en%20Establecimientos%20Agropecuarios.pdf>

2014-10-23

GOMEZ MUÑOZ, Susana. Diseño, construcción y puesta a punto de un biodigestor tubular (**PROYECTO**). Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de CC e Ing. Materiales e Ing. Química. Carazo-Nicaragua. 2012. pp. 24-28.

https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBwQFjAAahUKEwjN4PKY6o_GAhXMiw0KHRcQAFM&url

2014-11-11

GUASUMBA José. Optimización del Proceso de Fermentación Anaeróbica para Aprovechamiento de Desechos Vegetales. Sangolquí. 2007. pp. 6
2014-11-17

HERRERO, M. Biodigestores familiares: Guía de diseño y Manual De Instalación de biodigestores familiares. La paz - Bolivia. 2008. pp.11, 26, 27,28
<http://www.bivica.org/upload/biodigestores-familiares.pdf>
2014-12-04

HUERGA I.R; BUTTI, M.;VENTURELLI, L. Biodigestores de pequeña escala. Instituto de Ingeniería Rural. 2014. pp. 6
<http://www.produccion-animal.com.ar/Biodigestores/26-Biodigestor-Familiar.pdf>
2014-12-04

IGLESIAS, Luis. El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio Ambiente. Madrid. 2008. pp.3, 12,13
http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1994_0_1.pdf
2014-12-16

MANUAL DE BIOL APLICACIONES PARA DIFERENTES CULTIVOS AGRÍCOLAS.
<http://sistemabiobolsa.com/wp-content/uploads/2013/08/Sistema-Biobolsa-Manual-del-BIOL-web.pdf>
2014-12-25

MANUAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS DE CAPTURA DE METANO EMITIDO POR LA AGRICULTURA Y GANADERÍA EN MÉXICO
<http://sistemabiobolsa.com/wp-content/uploads/2014/11/Manual-para-la-implementacion-de-proyectos-de-captura-de-metano-emitido-por-la-agricultura-y-ganaderia-e.pdf>
2014-12-28

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BIODIGESTORES
http://sistemabiobolsa.com/wpcontent/uploads/2012/11/manual_mantenimiento.pdf
2014-12-28

**TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA LIBRO VI, ANEXO 1
NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGAS DE EFLUENTES:
RECURSO AGUA, ECUADOR, 2003.**

<http://www.recaiecuador.com/Biblioteca%20Ambiental%20Digital/TULAS.pdf/LIBRO%20VI%20Anexo%201.pdf>

2014-12-26

TOALA MOREIRA, Edwin Eyner. Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de Biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho Verónica (**TESIS**). Universidad Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba - Ecuador. 2013. pp. 6

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3406/1/236T0100.pdf>

2014-09-27

VARNERO, M., Manual de biogás: Proyecto CHI/00/G32. 2^{da}ed. Santiago de Chile. 2011. Pp.7-16-56-19-20-21-22-33-38-44-47-49-97-98-99

http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/Biocomustibles/FAO/manual_biogas.pdf

2014-10-11

**VENTAJAS DESVENTAJAS DE BIODIGESTORES DISCONTINUOS O RÉGIMEN
ESTACIONARIO**

http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/que_es_un_biodigestor.html

2014-10-22

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL BIODIGESTOR DE ESTRUCTURA FLEXIBLE

file:///C:/Users/user/Downloads/Estudio_Biodigestores.pdf

2014-10-22

ANEXOS

Anexo A Ubicación de la porqueriza



Fuente: VERA, Verónica, 2015

Anexo B Levantamiento de línea base



Fuente: VERA, Verónica, 2015

Anexo C Cuantificación de la materia prima

	
<p>Materiales para la recolección de la materia prima</p>	<p>Recolección del estiércol de cada uno de los corrales</p>
	
<p>Pesado de la recolección de la materia prima</p>	

Fuente: VERA, Verónica, 2015

Anexo D Muestreo y caracterización pre y post tratamiento

	
<p>Materiales para el muestreo</p>	<p>Toma de muestra de estiércol para ser llevadas al laboratorio</p>
	
<p>Recolección del biol en frascos ámbar y estériles</p>	

Fuente: VERA, Verónica, 2015

Anexo E Muestreo de las aguas residuales de la fosa para evaluación de impactos al recurso agua



Muestras de aguas residuales de la fosa séptica

Fuente: VERA Verónica, 2015

Anexo F Determinación de parámetros in-situ



Toma de la temperatura del estiércol fresco



Mezcla estiércol + agua destilada



Toma del pH del estiércol fresco

Anexo G Prototipo de un Biodigestor de Estructura flexible

	
<p>Construcción del Prototipo</p>	<p>Mezcla estiércol + agua para la carga al biodigestor</p>
	
<p>Prototipo y contenedor del Biogas</p>	<p>Quema del Biogas</p>

Fuente: VERA, Verónica, 2015

Anexo H Registro de datos climáticos tomados en la finca divino niño a diferentes horas

TEMPERATURAS AMBIENTE DE LA PARROQUIA SAN JOSÉ DE PAYAMINO								TEM. MARQUEZIN
item	fecha	6:00	9:00	12:00	15:00	18:00	0:00	12:00
1	06/10/2014	25,8	23,3	26,3	23,6	24,3	21,3	34,2
2	07/10/2014	21,6	23	27,1	25	24	20,1	35,8
3	08/10/2014	21,9	24,7	26,2	27,3	27,9	22,6	38,2
4	09/10/2014	23,3	23,7	25	26,5	24,7	20,7	36,5
5	10/10/2014	22,5	25	24,2	25,1	24,4	20,3	35,3
6	11/10/2014	22,4	23,2	22,4	23,7	23,3	20	32,7
7	12/10/2014	21,8	26,8	27,3	26	22,5	20,1	39,8
8	13/10/2014	20,2	22,3	27,5	33	26,4	20,3	40,1
9	14/10/2014	20,5	27,5	29	29,3	27,1	21,5	42,3
10	15/10/2014	21,7	25,2	26	28,1	27,6	21,5	37,9
11	16/10/2014	21,1	24,6	28,2	30,6	26,7	20,1	41,1
12	17/10/2014	21,8	28,8	30,6	32,1	28,6	21	44,7
13	18/10/2014	20,2	34,6	31,6	28,7	24,8	20,3	40
14	19/10/2014	23,3	30,2	36,4	39,4	27,7	21,6	42,3
15	20/10/2014	20,2	25,6	28,1	31,2	23,7	20,6	36,5
16	21/10/2014	21,5	26,3	26,5	27,8	24,1	20	34,3
17	22/10/2014	20,7	27,1	33,2	31,5	25,3	21,3	39,6
18	23/10/2014	20,9	25,6	32,8	35,6	27,9	20,9	41,8
19	24/10/2014	21,6	29,5	32,3	38,2	31,7	22,2	40,3
20	25/10/2014	24,3	34,9	36,8	29,2	25,5	21,1	43,7
21	26/10/2014	21,6	27,6	30,1	32,5	25,2	21,6	36,8
22	27/10/2014	22,2	26,9	29,6	33,7	26,5	20,2	35,6
23	28/10/2014	21,5	24,8	32,3	30,9	29,2	21,8	39,3
24	29/10/2014	21,2	32	35,1	27,5	26,6	21,3	43,3
25	30/10/2014	23,3	29,4	33,4	36,4	33,3	22,1	42,3
26	31/10/2014	22,1	28,7	31,1	36,9	23,3	21,4	38,8
27	01/11/2014	21,9	32,7	36,9	33,7	23,5	20	41,1
28	02/11/2014	22,3	33,5	30,3	31,6	23,4	21,5	31,5
29	03/11/2014	22,5	25	32,2	35,7	24,4	19,1	37,2
30	04/11/2014	21,4	24,6	31,6	37,5	25,3	19,7	39,3
31	05/11/2014	22,5	26,5	35,2	39,3	27,5	21,6	40,8
32	06/11/2014	20,6	23,4	29,7	36,2	26,5	20,5	32,2
33	07/11/2014	21,6	25,2	34,5	33,3	24,5	20,2	39,8
34	08/11/2014	21,3	30,5	35,4	38,5	26,4	21,6	42,1
35	09/11/2014	23,5	33,6	39,9	41,6	29,8	21,5	45,1
36	10/11/2014	22,4	28,3	33,3	36,8	26,5	22,4	38,7
37	11/11/2014	21,2	25,7	26,5	28,7	24,3	20,3	27,1
38	12/11/2014	21,6	24,3	29,4	32,6	23,4	21,4	35,1
39	13/11/2014	22,4	31,2	37,6	39,9	27,3	22,1	43,8
40	14/11/2014	21,7	24,8	30,1	34,7	24,3	20,4	37,6
41	15/11/2014	22,7	24,5	28,5	31,2	23,2	19,1	34,8
42	16/11/2014	22,7	24,7	27,6	34,1	24,8	21,3	35,2
43	17/11/2014	21,4	24,1	28,3	32,4	25,3	20,6	34,2
44	18/11/2014	22,3	26,1	35,2	39,6	29,5	21,9	39,7
45	19/11/2014	21,5	29,8	38,7	42,4	28,2	22,1	44,3
46	20/11/2014	21,8	26,7	20,3	29,8	24,3	29,2	25,5
47	21/11/2014	22,4	28,7	32,4	37,8	26,3	21,7	38,2
48	22/11/2014	21,7	36,9	39,7	29,5	25,4	19,7	43,3
49	23/11/2014	21,6	22,8	32,2	28,1	24,9	20,1	39,6
50	24/11/2014	21,2	24,1	29,3	32,4	26,7	21,2	32,7
51	25/11/2014	21,4	26,3	33,4	40,5	27,6	20,3	38,3
52	26/11/2014	20,3	25,2	31,6	36,5	24,3	20,1	36,3
53	27/11/2014	21,4	28,3	36,4	40,3	26,5	22,2	42,3
54	28/11/2014	22,4	27,3	29,1	23,8	21,5	20,1	33,1
55	29/11/2014	20,5	24,9	30,6	33,9	27,6	19,7	36,8
56	30/11/2014	20,7	26,8	36,7	38,3	28,6	21,1	41,7
T °C PROMEDIO POR HORA		21,82	27,1	31,1	32,9	26,0	21,0	38,2
T maxima por hora		25,80	36,9	39,9	42,4	33,3	29,2	45,1
T minima por hora		20,2	22,3	20,3	23,6	21,5	19,1	25,5
Promedio total °C		26,7						

Fuente: VERA, Verónica, 2015

Anexo I Datos de la cuantificación del estiércol fresco disponible Fuente: VERA, Verónica, 2015

NUMERO DE CORRAL - NUMERO DE CERDOS - PESO EN LIBRAS (7 am)																						
FECHAS	CORRAL 1		CORRAL 2		CORRAL 3		CORRAL 4		CORRAL 5		CORRAL 6		CORRAL 7		CORRAL 8		CORRAL 9		CORRAL 10		CORRAL 11	
	CERDOS	PESO	CERDOS	PESO	CERDOS	PESO																
08/11/2014	3	3,5	3	4	3	3,5	1	2	6	4	1	2	4	2,5	6	3,5	6	3,5	9	4,5	9	3
09/11/2014	3	3,5	3	3,5	3	4	1	3	6	3,5	1	1,5	4	2,5	6	3,5	6	2,7	9	3,5	9	3,5
10/11/2014	3	4,5	3	4,8	3	4,2	1	2	6	3	1	2	4	4,3	6	3,1	6	3,1	9	4,5	9	5
11/11/2014	3	5,5	3	3,5	3	4	1	3	6	3,5	1	2,5	4	4,9	6	3,1	6	3	9	3,5	9	3,5
12/11/2014	3	5,3	3	4	3	4,5	1	2,5	6	4	1	3	4	4,5	6	3,5	6	3,5	9	4	9	3,5
13/11/2014	3	5	3	4,4	3	3,9	1	3	6	3,8	1	2,7	4	4	6	4	6	3,3	9	4,5	9	3,5
14/11/2014	3	5,2	3	4,6	3	4,1	1	2,5	6	3,5	1	2,6	4	3,4	6	3,7	6	4	9	4,3	9	3,8
15/11/2014	3	6,5	3	3,5	3	3,5	1	2,3	6	6,5	1	2,5	4	4	6	5	6	6	9	5,5	9	4

Fuente: VERA, Verónica, 2015

Anexo J Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del estiércol porcino



Laboratorios de Análisis y Evaluación Ambiental

Laboratorio de ensayo acreditado
por el OAE con acreditación
Nº OAE LE C 14-009

INFORME DE ENSAYO N°: 441
Solicitud de Análisis y Servicios: 14 – 018

Francisco de Orellana, 24 de noviembre de 2014

Srta. Verónica Vera

Dirección: Coca, Barrio Alma Lojana

1.- Datos generales:
 Responsable toma muestra Srta. Verónica Vera
 Fecha y hora de toma de muestra 2014 11 04 04:40.
 Fecha y hora ingreso a AqLab 2014 11 04 08:10.
 Fecha del análisis 2014 11 04 al 2014 11 14.
 Condiciones Ambientales de Análisis. T. Max. 32,0°C T. Mín. 22,0°C.
 Código de AqLab Identificación de la muestra.
 s 0106 Muestra de Estiércol Fresco # 1 Porqueriza, Finca Divino Niño.

2.- Parámetros, resultados y métodos/ referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	s 0106	ITE-AQLAB	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*Potencial hidrógeno	~	6,54	ITE-AQLAB-01	SM 4500-H ⁺ B	~
2	*Sólidos totales	%	27,96	ITE-AQLAB-05	SM 2540 D, HACH 8006	~
3	*Humedad	%	72,04	ITE- AQLAB-63	Gravimetría	~
4	*Ceniza	%	14,62	ITE- AQLAB-64	Gravimetría	~
5	*Materia Orgánica	%	17,66	ITE-AQLAB-58	Gravimétrico	~
6	*Carbono Orgánico Total	%	10,24	ITE-AQLAB-54	EPA 9060	~
7	*Nitrógeno Total	%	0,88	ITE-AQLAB-59	KJELDAHL, EPA 351.2	~
8	*Sulfuro de hidrógeno	mg/Kg	19,7	ITE-AQLAB-26	HACH 8131	~
9	*Coliformes totales	Col/Kg	35x10 ⁷	ITE-AQLAB-28	SM 9222 B	~
10	*Coliformes fecales	Col/Kg	23x10 ⁷	ITE-AQLAB-29	SM 9222 D	~

3. Responsable del Informe.





Ing. Armando Meléndrez Lara.
DIRECTOR TECNICO

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE
 El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo. Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio
 Calle Juan Huncite, entre las calles Antonio Cabrera y Fray Gregorio de Aluminia, Barrio Con Hogar tras las oficinas de Mazda
www.aqlabec.com - laboratorio@aqlabec.com Telf.: (593) 6 2881715 Cel. 0991666858

MC2301-01
Página 1 de 1

Fuente: Lab. AQLAB, 2015

INFORME DE ENSAYO N°: 492
Solicitud de Análisis y Servicios: 14 – 021

Francisco de Orellana, 10 de diciembre de 2014

Srta. Verónica Vera

Dirección: Coca, Barrio Alma Lojana

1.- Datos generales:

Responsable toma muestra Srta. Verónica Vera
Fecha y hora de toma de muestra 2014 11 24 05:00.
Fecha y hora ingreso a AqLab 2014 11 24 08:33.
Fecha del análisis 2014 11 24 al 2014 12 02.
Condiciones Ambientales de Análisis. T. Max. 32,0°C T. Min. 22,0°C.
Código de AqLab Identificación de la muestra.
s 0111 Muestra de Estiércol Fresco # 2 Porqueriza, Finca Divino Niño.

2.- Parámetros, resultados y métodos/ referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	s 0111	ITE-AQLAB	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
2	*Sólidos totales	%	31,50	ITE-AQLAB-05	SM 2540 D, HACH 8006	~
3	*Humedad	%	68,50	ITE-AQLAB-63	Gravimetría	~
4	*Ceniza	%	13,94	ITE-AQLAB-64	Gravimetría	~
5	*Materia Orgánica	%	12,11	ITE-AQLAB-58	Gravimétrico	~
6	*Carbono Orgánico Total	%	7,02	ITE-AQLAB-54	EPA 9060	~
7	*Nitrógeno Total	%	0,61	ITE-AQLAB-59	KJELDAHL, EPA 351.2	~
8	*Sulfuro de hidrógeno	mg/Kg	23,4	ITE-AQLAB-26	HACH 8131	~
9	*Coliformes totales	Col/Kg	32x10 ⁷	ITE-AQLAB-28	SM 9222 B	~
10	*Coliformes fecales	Col/Kg	25x10 ⁷	ITE-AQLAB-29	SM 9222 D	~

3. Responsable del Informe.




Ing. Armando Meléndrez Lara
DIRECTOR TECNICO

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
El informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo. Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio
Calle Juan Huncite, entre las calles Antonio Cabrera y Fray Gregorio de Aluminia, Barrio Con Hogar tras las oficinas de Mazda
www.aqlabec.com - laboratorio@aqlabec.com Telf.: (593) 6 2881715 Cel. 0991666858

INFORME DE ENSAYO Nº: 493
Solicitud de Análisis y Servicios: 14 – 021

Francisco de Orellana, 10 de diciembre de 2014

Srta. Verónica Vera

Dirección: Coca, Barrio Alma Lojana

1.- Datos generales:

Responsable toma muestra Srta. Verónica Vera
Fecha y hora de toma de muestra 2014 11 24 05:00
Fecha y hora ingreso a AqLab 2014 11 24 08:33
Fecha del análisis 2014 11 24 al 2014 12 02.
Condiciones Ambientales de Análisis. T. Max. 32,0°C T. Min. 22,0°C.
Código de AqLab Identificación de la muestra.
s 0112 Muestra de Estiércol Fresco # 3 Porqueriza, Finca Divino Niño.

2.- Parámetros, resultados y métodos/ referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	s 0112	ITE-AQLAB	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
2	*Sólidos totales	%	31,33	ITE-AQLAB-05	SM 2540 D, HACH 8006	~
3	*Humedad	%	68,67	ITE-AQLAB-63	Gravimetría	~
4	*Ceniza	%	12,61	ITE-AQLAB-64	Gravimetría	~
5	*Materia Orgánica	%	13,13	ITE-AQLAB-58	Gravimétrico	~
6	*Carbono Orgánico Total	%	7,62	ITE-AQLAB-54	EPA 9060	~
7	*Nitrógeno Total	%	0,66	ITE-AQLAB-59	KJELDAHL, EPA 351.2	~
8	*Sulfuro de hidrógeno	mg/Kg	21,5	ITE-AQLAB-26	HACH 8131	~
9	*Coliformes totales	Col/Kg	42x10 ⁷	ITE-AQLAB-28	SM 9222 B	~
10	*Coliformes fecales	Col/Kg	28x10 ⁷	ITE-AQLAB-29	SM 9222 D	~

3. Responsable del Informe.




Ing. Armando Meléndrez Lara,
DIRECTOR TECNICO

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo. Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio
Calle Juan Huncite, entre las calles Antonio Cabrera y Fray Gregorio de Aluminia, Barrio Con Hogar tras las oficinas de Mazda
www.aqlabec.com - laboratorio@aqlabec.com Telf: (593) 6 2881715 Cel. 0991666858

MC2301-01

Página 1 de 1

Anexo K Resultados fisicoquímicos y microbiológicos del biol

INFORME DE ENSAYO N°: 586
Solicitud de Análisis y Servicios: 14 – 148

Francisco de Orellana, 31 de diciembre de 2014

Srta. Verónica Vera

Dirección: Coca, Barrio Alma Lojana

1.- Datos generales:

Responsable toma muestra Srta. Verónica Vera
Fecha y hora de toma de muestra 2014 11 30 13:30.
Fecha y hora ingreso a AqLab 2014 11 30 18:15.
Fecha del análisis 2014 11 30 al 2014 12 28.
Condiciones Ambientales de Análisis. T. Max. 32,0°C T. Min. 21,0°C.
Código de AqLab Identificación de la muestra.
a 0359 Muestra de Biol, Prototipo Biodigestor, Porqueriza, Finca Divino Niño.

2.- Parámetros, resultados y métodos/ referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	a 0359	ITE-AQLAB	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*Potencial hidrógeno	~	7,10	ITE-AQLAB-01	SM 4500-H ⁺ B	~
2	*Sólidos totales	mg/L	45804,90	ITE-AQLAB-03	SM 2540 B	~
3	*Materia Orgánica	%	1,72	ITE-AQLAB-58	Gravimétrico	~
4	*Carbono Orgánico Total	%	1,00	ITE-AQLAB-54	EPA 9060	~
5	*Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	mg/L	73,7	ITE-AQLAB-12	HACH 8038	~
6	*Fosforo	mg/L	125,8	ITE-AQLAB-51	HACH 8048	~
7	*Amonio (NH ₄)	mg/L	94,75	ITE-AQLAB-12	HACH 8038	~
8	***Sodio	mg/L	157,99	PEE-LABSU-32	SM 3030 B, 3111B	~

*** Resultado proporcionado por Laboratorio LABSU, parámetro que no forma parte del alcance de acreditación.

3. Responsable del Informe.



Armando Meléndrez Lara
Ing. Armando Meléndrez Lara
DIRECTOR TÉCNICO

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

MC2301-01

www.aqlabec.com - laboratorio@aqllabec.com

Telf.: (593) 6 2881715 Cel. 0991666858

Página 1 de 1

Anexo L Resultados físicos químicos y microbiológicos del agua de la fosa séptica de la porqueriza



Laboratorios de Análisis y Evaluación Ambiental



LABORATORIOS DE ENSAYOS
Nº OAE LE C 14-009

INFORME DE ENSAYO N°: 440
Solicitud de Análisis y Servicios: 14 – 112

Francisco de Orellana, 24 de noviembre de 2014

Srta. Verónica Vera

Dirección: Coca, Barrio Alma Lojana

1.- Datos generales:
 Responsable toma muestra Srta. Verónica Vera
 Fecha y hora de toma de muestra 2014 11 04 05:00.
 Fecha y hora ingreso a AqLab 2014 11 04 08:10.
 Fecha del análisis 2014 11 04 al 2014 11 14.
 Condiciones Ambientales de Análisis. T. Max. 32,0°C T. Min. 22,0°C.
 Código de AqLab Identificación de la muestra.
 a 0258 Aguas Negras y Grises, Fosa Séptica Porqueriza, Finca Divino Niño.

2.- Parámetros, resultados v métodos/ referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	a 0258	Límite máximo permisible	ITE-AQLAB	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	6.87	5-9	ITE-AQLAB-01	SM 4500-H ⁺ B	± 0,05
2	Sólidos totales	mg/L	733.18	1 600	ITE-AQLAB-03	SM 2540 B	± 10%
3	*Demanda química de oxígeno	mg/L	450	250	ITE-AQLAB-07	HACH 8000	~
4	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	427	100	ITE-AQLAB-08	SM 5210 D	~
5	Sulfatos	mg/L	< 20.00	1 000	ITE-AQLAB-11	SM 4500-SO ₄ ²⁻ B, EPA 9038	± 8%
6	Nitritos (N-NO ₂)	mg/L	0.088	10,0	ITE-AQLAB-16	SM 4500-NO ₂ B	± 19%
7	Coliformes fecales	Col/100 ml.	1.5x10 ⁵	≤ 3 000	ITE-AQLAB-29	SM 9222 D	± 10%

Fuente: Replamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental.
Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Registro oficial, marzo del 2003;
 Tabla 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

3. Responsable del Informe.



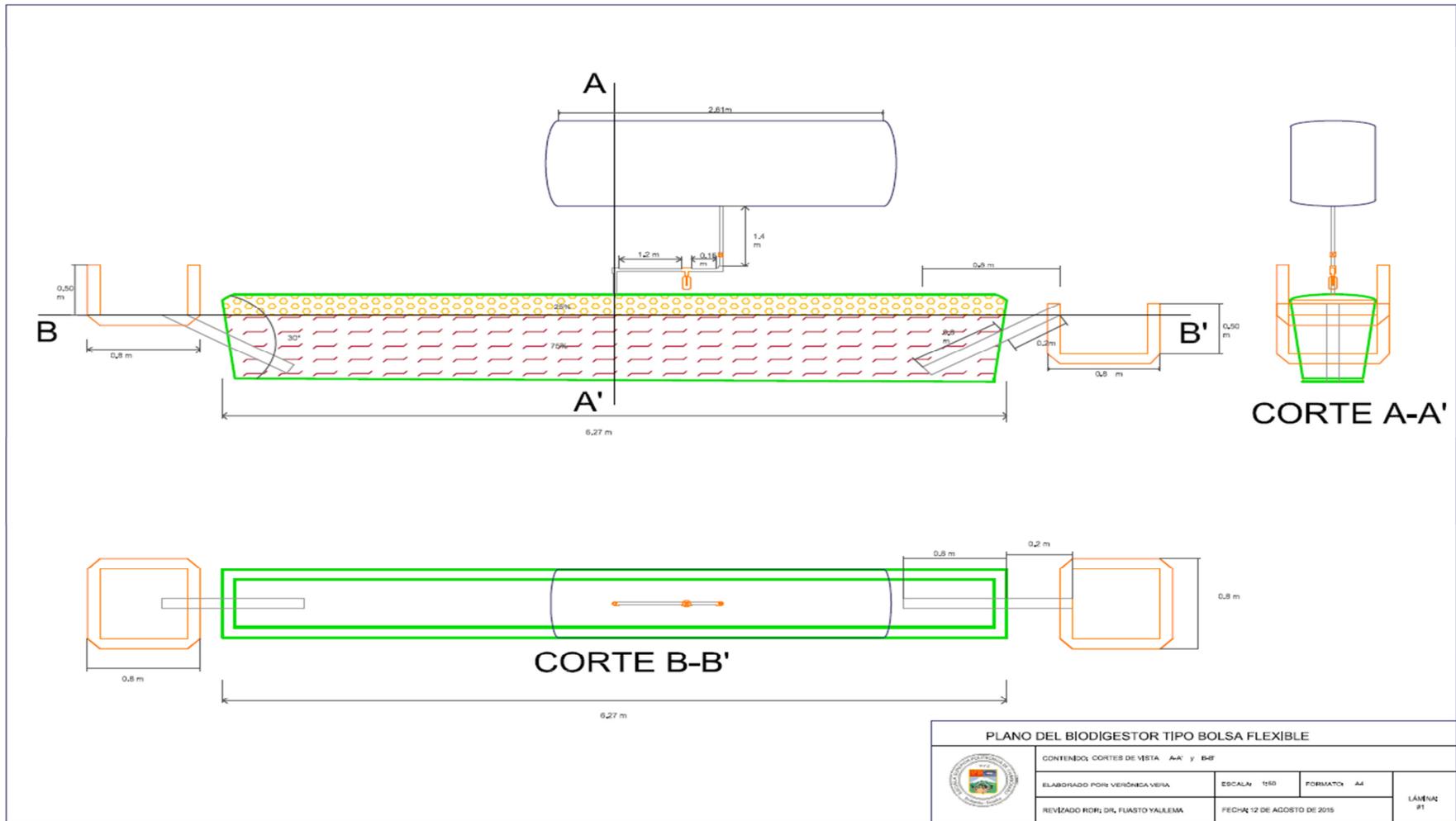


Ing. Armando Meléndrez Lara.
DIRECTOR TECNICO

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
 El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo. Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio
 Calle Juan Huncite, entre las calles Antonio Cabrera y Fray Gregorio de Aluminia, Barrio Con Hogar tras las oficinas de Mazda
www.aqlabec.com - laboratorio@aqlabec.com Telf.: (593) 6 2881715 Cel. 0991666858

MC2301-01 Página 1 de 1

Anexo M Planos de un biodigestor tipo Bolsa Flexible para la finca Divino Niño



Fuente: VERA, Verónica, 2015