



UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

**PROPUESTA “ATENCION PRIMARIA AMBIENTAL APLICADA A LA
GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS BIODEGRADABLES EN LA
HACIENDA SAN JOSE, SECTOR GUAYLLABAMBA”**

TRABAJO DE TITULACION PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO AMBIENTAL

INGENIERO AYALA ESTEBAN

BORIS PAREDES TOBAR

2009 – 2010

QUITO

CERTIFICACION

Certifico haber dirigido este trabajo, el cual se ha venido desarrollando a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación

La nota otorgada al estudiante es de ocho sobre diez (8/10)

Ing. Esteban Ayala

Profesor Guía

C.I: 1711290823

CERTIFICACION

Yo Boris Paredes Tobar declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este proceso.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad de las Américas, según establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y la normativa institucional.

Boris Paredes Tobar

C.I: 1713387346

RESUMEN

Este proyecto propone la implementación de un sistema de biodigestión anaeróbica o aeróbica en la Hacienda San José, para los RSBDs que se generan en la parroquia de Guayllabamba, obteniendo de dicho proceso subproductos como gas y biofertilizante que se describen a continuación:

Como gases se puede encontrar metano (CH_4), anhídrido carbónico (CO_2), nitrógeno (N_2), sulfuro de [hidrógeno](#) (SH_2), hidrógeno (H_2) y vapor de agua. Como biofertilizantes se obtiene *biol* y *biosol* en el proceso anaeróbico. En el proceso aeróbico se procesa compost para utilizarlo en beneficio de los sembríos que se encuentran en la hacienda San José.

Estos productos se forman por el proceso de descomposición de la materia orgánica vegetal y animal en condiciones como son altas temperaturas y ausencia de oxígeno en una solución de agua y materia orgánica en los procesos anaeróbicos, en caso de los procesos aeróbicos se requiere de oxígeno y altas temperaturas para poder lograr obtener los subproductos como el compost.

Al obtener estas condiciones, se logra el desarrollo dentro de la materia orgánica de microorganismos descomponedores, que son capaces de degradar la misma para la obtención de subproductos ya mencionados en el párrafo anterior.

Al implementar estos sistemas de biodigestión en la Hacienda San José, sector Guayllabamba, a la vez; que beneficia al medio ambiente, disminuye la cantidad de gas emanado a la atmósfera, también se genera en el proceso de descomposición de la materia orgánica, biofertilizantes, los cuales, se pueden utilizar como abono y fertilizantes para los sembríos que se encuentran dentro de la hacienda San José.

Este proyecto servirá de apoyo a la rehabilitación de personas con problemas en adicción de drogas, que están incluidas en los programas de inclusión social llevadas por el CONSEP, dicha entidad aportara con recursos humanos y el terreno para la construcción del sistema seleccionado entre el proceso aeróbicos y el proceso anaeróbico que se desarrollaran en este proyecto.

ABSTRACT

This Project proposes the implementation of a system of anaerobic or aerobic Biodigestion at Hacienda San Jose for RSBDS, generated in the parish of Guayllabamba, obtaining out of the process gas and bio product as describe below:

As can be found methane gas (CH₄), carbon dioxide (CO₂), nitrogen (N₂), hydrogen sulfide (H₂S), hydrogen (H₂) and water vapor. Also we can found bio fertilizer and bio solid biol obtained in the anaerobic process

In the aerobic process we obtain compost, this compost is use to the benefit of the crops that are ubicated in the Hacienda San Jose

These products are formed by the process of decomposition of plant and animal organic matter in conditions such as high temperatures and lack of oxygen in a solution of water and organic matter in anaerobic processes, where aerobic process requires oxygen and to achieve high temperatures to obtain products such as compost.

In obtaining these conditions, development is accomplished within the organic matter by microorganisms, which are able to degrade it to obtain products mentioned in the previous paragraph.

By implementing these systems biodigestion at Hacienda San Jose, Guayllabamba sector, at a time, which benefits the environment, reduces the amount of gas emanating from the atmosphere, is also generated in the process of decomposition of organic matter, bio-fertilizers, which can be used as compost and fertilizer for crops.

This project will support the rehabilitation of people with drug addiction problems, which are included in social inclusion programs carried by CONSEP such entity provided with the human resources and the land for the construction of the system selected from the aerobic process and the anaerobic process to be developed in this project.

INDICE

	PAG
1. CAPITULO I	
MARCO TEORICO	
1.1 Generalidades	4
1.2.1 Biodigestion Aeróbica	7
1.2.2 Biodigestion Anaeróbica	9
1.2 Marco Legal	
1.2.1 Constitución de la República del Ecuador, Registro Oficial 449 del 20 de octubre del 2008	14
1.2.2 Ley de Prevención y control de la Contaminación Ambiental, Decreto Supremo No. 374, Registro Oficial 97 del 31 de Mayo de 1976	16
1.2.3 Ley de Gestión Ambiental, Registro Oficial No. 245 del 30/07/1999	17
2. CAPITULO II	
2.1 Evaluación medioambiental del escenario objeto	
2.1.1 Diagnostico general de la Ciudad de Quito	18
2.2.2 Diagnostico general de la Parroquia de Guayllabamba	21
2.2.3 Diagnostico medio ambiental de la parroquia de Guayllabamba	25

3. CAPITULO III

3.1 Diagnóstico de la emisión de RSDs en relación con el crecimiento demográfico dentro de la parroquia de Guayllabamba

3.1.1 Evaluación cualitativa y cuantitativa general de producción de Desechos Sólidos Domésticos 30

3.1.2 Evaluación porcentual general de producción de Desechos Sólidos Domésticos en la Parroquia de Guayllabamba 33

3.1.3 Evaluación cuantitativa y cualitativa de los residuos sólidos biodegradables 34

4. CAPITULO IV: Metodología

4.1 Parámetros del diseño del sistema aeróbico “compostaje” 38

4.1.1 Ph, Nutrientes, Temperatura

4.1.2 Población Microbiana 39

**4.1.3 Construcción del sistema de compostaje
Calculo del volumen de biomasa** 40

4.1.4 Tiempo de descomposición y selección del área del sistema de compostaje 43

4.1.5 Materiales para el manejo y construcción de la planta de compostaje 44

4.1.6 Producción de Lixiviados y disposición final 45

4.2 Parámetros del diseño del sistema anaeróbico “Biodigestor”

4.2.1 Generalidades del biodigestor	46
4.2.2 Datos generales de pesos y volúmenes Manejables	46
4.2.3 Tiempo de retención del material a biodigerirse	48
4.2.4 Parámetros físico- químicos dentro del sistema	48
Temperatura, relación carbono nitrógeno	49
Calculo de volumen de biogás resultante	49
4.2.5 Cálculo de producción de biogás dentro de nuestro sistema	50
4.2.6 Determinación de la producción de biosol y biol	52
4.2.7 Diseño de la fosa del biodigestor	53
4.2.8 Diseño de la planta de biodigestión	53

4.2.9 Construcción de los biodigestores	54
4.2.10 Implementación del sistema de biodigestor	60
4.2.11 Materiales para la construcción de los biodigestores	63
4.3 Presupuesto de los sistemas	
4.3.1 Análisis de costo/ beneficio operativo del sistema de biodigestion aeróbico	65
4.3.2 Análisis de costo / beneficio operativo del sistema de biodigestión anaeróbica	67
4.4 Análisis FODA del las sistemas establecidos	
4.4.1 Análisis FODA para el sistema 4.4.2 de compostaje	69
4.4.2 Análisis FODA para el sistema de biodigestor	70
4.4.3 Tabla comparativa entre los sistemas de biodigestion aeróbica y anaeróbica	72

5 CAPITULO V: RESULTADOS

5.1 Capacitación a la comunidad sobre el manejo RSBDs	73
5.2 Reducción de contaminantes al medio ambiente	74
5.3 Manual de manejo de la planta de biodigestion anaeróbica	74

6 Capítulo VI: Sustentabilidad del proyecto

6.1 Sustentabilidad social	75
6.2 Sustentabilidad técnica	76
6.3 Sustentabilidad económica	76

7 Capítulo VII: Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones	78
7.2 Recomendaciones	79

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

GLOSARIO DE TERMINOS

AH	Acido Húmicos
APA	Atención Primaria Ambiental
CH4	Metano
CONSEP	Consejo Nacional de Sustancias Estupefacientes y Psicotrópicas
CO2	Dióxido de Carbono
DMQ	Distrito Metropolitano de Quito
DSD	Desechos Sólidos Domiciliarios
EMASEO	Empresa Metropolitana de Aseo
H	Hidrogeno
H2S	Gas sulfhídrico
INELEC	Instituto Nacional de Electrificación
N	Nitrógeno
ONGs	Organismos no Gubernamentales
R4Rs	Residuos Sólidos Reciclables. Retornables, Reducibles, Rechazables
RSBDs	Residuos Sólidos Biodegradables.
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
SIGRS	Sistema Integrado de Gestión de Residuos Sólidos.

.

INTRODUCCION

Al analizar la problemática ambiental que se genera en la parroquia de Guayllabamba, se emprende la labor de introducir un modelo sustentable en atención primaria ambiental- APA- con la finalidad de mejorar la calidad de vida y el desarrollo comunitario.

Dentro del modelo APA, se abarcan sistemas para la gestión, manejo y disposición final de residuos sólidos urbanos, dentro de los cuales tenemos:

1. Residuos sólidos biodegradables con proceso anaeróbico
2. Residuos sólidos biodegradables con procesos aeróbico

Dentro de este proceso se contempla la implementación dos sistemas para el manejo de los residuos sólidos biodegradables- RSBDs, que se establece un centro de acopio implementado en el sector de Guayllabamba.

Emprendido el modelamiento de los dos sistemas, se implementan los procesos de compostaje y biodigestores, los cuales aportaran con degradación de materia orgánica y generaran subproductos como compost, biol y biosol que son beneficiosos para el medio ambiente y la comunidad.

Con miras a lograr una adecuada disposición final de estos subproductos, se contará con la colaboración de gestores ambientales logrando establecer un sistema integral en los procesos relacionados con el modelo en APA

OBJETIVOS

Objetivo General

Desarrollar y proponer un sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos Domiciliarios-GIRSD sustentable en términos económicos, ambientales y de salud pública dentro de la parroquia de Guayllabamba.

Objetivos Específicos

1. Poner en práctica dentro de la parroquia de Guayllabamba procedimientos de atención primaria ambiental aplicados a la prevención de procesos de polución y contaminación por parte de los RSUs procedentes de los domicilios
2. Identificar sistemas de gestión complementarios (empresas recicladoras, programas de uso de enmiendas orgánicas, ONGs, programas municipales) dentro del conurbano de Quito, que permitan mantener en el tiempo el nuevo modelo de gestión a proponerse en la parroquia de Guayllabamba.
3. Implementar sistemas para la gestión de RSBDs mediante un proceso anaeróbico y aeróbico en la parroquia de Guayllabamba.

Visión del proyecto

En 20 años mantener un nivel de cobertura del 100% en la recepción y procesamiento del total de los RSBDs generados, mediante los sistemas seleccionados para procesar los RSBDs en la parroquia de Guayllabamba

HIPOTESIS

1. Los RSBDs que se destinen a la hacienda san José proveniente de la parroquia de Guayllabamba podrán ser gestionados durante el periodo establecido de 20 años. Con una eficiencia del 100%
2. Este modelo de gestión de RSBDs a seleccionarse en la hacienda San José podrá ser reproducible en otros sectores, adecuando los parámetros físicos, químicos, ecológicos a otras realidades.
3. Se reducirá el porcentaje de gases que se emana a la atmosfera y los desechos que se acumulan en las estaciones de transferencia por la implementación del sistema anaeróbico y aeróbico en la hacienda San José

Capítulo I

1. Marco Teórico

Generalidades.

Una de las principales afectaciones que deterioran el medio ambiente son los residuos sólidos que se producen por las actividades del hombre y de los animales. En el ambiente domestico los residuos sólidos incluyen el papel, plásticos, restos de comida, etc. También se incluyen los residuos líquidos como pinturas, medicinas, aceites, etc. En el comercio se encuentra los tipos de desecho como embalajes, recipientes de madera o de plástico. En la industria se encuentran los residuos peligrosos que requieren un tratamiento especial.

El ser humano debido a sus necesidades de sobrevivencia, ha venido contribuyendo en el agotamiento de los recursos naturales, pensando únicamente en sus necesidades, y mas no en las necesidades de las futuras generaciones. Es por esto que el concepto de desarrollo sustentable, basado en el uso racional de los recursos ha implementado nuevos métodos de gestión. En la actualidad se genera grandes volúmenes de residuos que no se gestionan de manera apropiada, dejando de lado la probabilidad del uso de nuevos subproductos que estos residuos pueden generar si son tratados de una manera adecuada.

La gestión inadecuada de los residuos sólidos tienen efectos negativos directos al medio ambiente y al hombre, identificando daños especialmente en la salud del hombre, como por ejemplo se encuentra la fermentación incontrolada de la basura en una fuente de alimentos creando un hábitat para el crecimiento bacteriano. En el mismo ambiente proliferan insectos, roedores y algunas especies de pájaros que ayudan como portadores en la transmisión de algunas enfermedades infecciosas.

Otro factor de afectación al medio ambiente, es el almacenamiento inadecuado de los residuos sólidos, teniendo en cuenta que su forma y composición no es constante en el tiempo, transformándose en residuos secundarios que pueden causar una mayor afectación que el mismo residuo primario.

El tratamiento de los residuos sólidos y las metodologías de eliminación están cargados de problemas. Los vertederos y los lugares de descarga producen contaminación a las aguas subterráneas. Otros problemas adicionales en los vertederos son los malos olores, desperdicios, animales carroñeros, ratas, insectos.

Con estos antecedentes se está promoviendo en el mundo la gestión integrada de residuos sólidos. Según Gerard Kiely, autor del libro "Ingeniería Ambiental" define a la gestión como la selección y aplicación de técnicas apropiadas, tecnologías y programas de gestión para conseguir objetivos y metas específicos en la gestión de residuos. Dentro de este concepto el mismo autor contempla la jerarquía de la gestión integrada de residuos sólidos teniendo como punto primordial la prevención y minimización de residuos, seguido por el reciclaje y reutilización, precedido por la transformación y como punto final el vertido.

Gráfico 1'. Jerarquía de la gestión Integrada de los RSDs



Fuente: Ingeniería Ambiental, Gerard Kiely, 2001

Para el cumplimiento de esta jerarquía de gestión de residuos se han venido implementando las muy nombradas “tecnologías limpias”, que de acuerdo a Kiely, es cualquier tecnología que usa menos materia prima, menos energía y genera menos residuos que una tecnología ya existente.

Entre estos métodos de tecnología limpias para reducir los desechos biodegradables tenemos la biodigestión aeróbica y anaeróbica. Dentro de la biodigestión aeróbica están el compostaje y la lombricultura mientras que dentro del método anaeróbico podemos identificar el uso de biodigestores.

Biodigestion Aeróbica

Para entender en qué consiste el proceso aeróbico como se analiza en “Lecciones de Agricultura Biología” se debe tener en claro que este, requiere principalmente de oxígeno para su funcionamiento y se desarrolla en tres etapas:

- **Primera etapa.**

Solubilización. La materia orgánica cruda formada por polímeros que constan de proteínas, grasas, y carbohidratos es hidrolizada¹ por acción de enzimas², descomponiendo en compuestos simples y solubles (2)

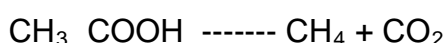
- **Segunda etapa.**

Acidogenesis. Es un proceso de fermentación que se convierte por una reacción de oxidación-reducción en ácidos³ simples de cadena corta mediante la presencia de bacterias formadoras de ácidos que son anaeróbicas facultativas, pudiendo ser con presencia de aire o la ausencia del mismo (2)

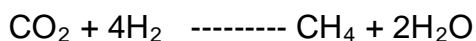
- **Tercera etapa.**

Metanogenesis. Los ácidos simples se convierten en sustratos para la descomposición, estabilización y producción de metano, mediante la acción de bacterias metanogénicas. Estas bacterias producen CH₄ de 2 maneras:

- Fermentación de ácido acético



- Reducción del CO₂



¹ Hidrólisis: Reacción química entre agua y otras sustancias, al mezclarse con agua los iones OH⁻ desequilibra el compuesto modificando el valor de pH

² Enzimas: son [moléculas](#) de naturaleza [proteica](#) que [catalizan](#) [reacciones químicas](#), siempre que sea [termodinámicamente](#). Los enzimas actúan sobre unas [moléculas](#) denominadas [sustratos](#), las cuales se convierten en moléculas diferentes

³ Ácidos: Es un compuesto que dona un [catión hidrógeno](#) (H⁺), cuando se disuelve en [agua](#) produce una solución con una [actividad](#) de [catión hidronio](#) mayor que el agua pura, esto es, un [pH](#) menor que 7

Para la biodigestión aeróbica en este proyecto se describe el sistema más común en biodegradar RSBDs, dicho sistema se describe a continuación.

Compostaje

Es un mecanismo por el cual la naturaleza recicla los residuos orgánicos. También permite mantener un suelo estable en nutrientes y un medio ambiente saludable.

Esta técnica se ha venido desarrollando por largo tiempo. Este proceso tiene por objeto generar abono, que nace de la fermentación de la materia orgánica en descomposición. Dicho abono se denomina compost, siendo un compuesto eficiente para mejorar la fertilidad de los suelos agrícolas.

El compost además de servir como fertilizante, ayuda a disminuir la generación de vectores que se generan por el almacenamiento desorganizado de los residuos orgánicos. Y evitar la generación del gas metano

Los materiales que se pueden utilizar para la producción de compost pueden ser de varios tipos como son: restos de cosechas, hojas, ramas, RSDs.

Para poder analizar el mecanismo a seleccionar en este proyecto se opta por estudiar las diferentes técnicas que existen para la obtención de compost. Las cuales se dividen en tres grupos como son:

- Compost en superficie
- Compost en pilas o montón
- Compost en silios compostadores

El compost en superficie se caracteriza por el espesor de la capa que no tiene que pasar de los 10cm, este proceso se lo hace sobre el suelo, y por acción natural los nutrientes se van adhiriendo al suelo mejorando su calidad.

El compost en pilas o montón se lo utiliza cuando existen grandes cantidades de materia orgánica, cuando sobrepasa el un metro cúbico, en este sistema se puede incluir tubería en cada montón de compost con agujeros para facilitar el ingreso de oxígeno en la materia y mejorar el rendimiento de las bacterias para la putrefacción y fermentación de la materia orgánica.

El compost en silios (cajoneras) o compostadores es muy eficiente para tratar material procedente de los domicilios. Es muy fácil su construcción y manejo ya que consta de un cajón de pequeñas dimensiones, según sea la cantidad de material orgánico a degradarse.

Con el afán de implementar métodos más tecnificados que requieren menos tiempo para la descomposición de los desechos orgánicos, se encuentra el proceso de biodigestión anaerobia. Como antes se menciona, este método no solo recalca la optimización del tiempo en la descomposición de los residuos, sino que también, este proceso de descomposición da como resultado ciertos subproductos muy útiles en nuestra sociedad que se especificarán más adelante.

Biodigestión Anaeróbica

En el proceso de digestión anaeróbica siempre va a existir la falta de oxígeno para su funcionamiento, por esta razón el biodigestor es el instrumento básico de donde se podrá realizar el proceso de descomposición y del cual se podrá obtener algunos elementos como el biogás y los biofertilizantes. Dentro de estos últimos encontramos el biol y biosol.

Biodigestor

El biodigestor consiste en un tanque o fosa cubierta llamado digestor, donde ocurre el proceso de fermentación con el aporte de materia orgánica fermentada y produce biogás.

En el proceso de fermentación se puede utilizar excrementos de animales y humanos, desechos vegetales, con un porcentaje determinado de agua para su dilución ayudando así a la descomposición de la materia para la producción de gas metano y fertilizante orgánico ricos en nitrógeno, fósforo y potasio.

Tipos de Biodigestores

Hoy en día existen varios tipos de biodigestores, sin embargo aun están vigentes los modelos basados en dos modelos primigenios como explica el “Programa granjas integrales comunitarias” que son:

1. *El biodigestor Hindú.* El cual fue especialmente desarrollado después de la Segunda Guerra Mundial debido a la necesidad de los campesinos de combustibles y calefacción para sus hogares (9). Este sistema funciona a presión y es muy fácil de usarlo ya que fue ideado para ser manejado por gente con muy poca educación formal.
2. *El biodigestor Chino.* Fue desarrollado a raíz del biodigestor Hindú (9), adaptando esta tecnología a sus necesidades; ya que el problema de China no era energético, sino más bien sanitario. El desarrollo del biodigestor fue específicamente para la obtención de abono orgánico.

Clasificación de los biodigestores

Así también, los biodigestores anaeróbicos se pueden clasificar por la frecuencia de cargado, esto quiere decir; que depende de la cantidad de materia orgánica que se le añade y el tiempo de retención que dicha materia va a estar dentro del sistema de biodigestion. Según la frecuencia de cargado o alimentación los biodigestores se pueden clasificar en:

1. *Biodigestor Discontinuo.*

En este sistema se usa un tanque de almacenamiento de gas metano, ya que se carga en diferentes tiempos para que la producción de biogás sea constante. La construcción de este sistema es sencilla. La alimentación del digestor se lo hace con residuos vegetales o mezclando los residuos vegetales con los residuos pecuarios.

2. *Biodigestor Semicontínuos*

Este tipo de digestor es más usado en el medio rural cuando se trata de digestores pequeños. Estos tienen un diseño por lo general vertical y enterrado con un volumen de mezcla que depende del tiempo de fermentación o retención y producen una cantidad diaria más o menos constante de biogás.

3 *Biodigestor Continuos*

En cambio, este tipo de digestores se desarrollan principalmente para tratamiento de aguas residuales.

En general los biodigestores son plantas muy grandes, en las cuales se emplean equipos industrializados durante todo el proceso de fermentación, como por ejemplo el uso de bandas mecanizadas para la alimentación con residuos, control de temperatura automatizada y agitación mecánica. Es decir todo el proceso es controlado bajo parámetros establecidos en la maquinaria usada.

Después del proceso *in-situ* del biodigestor, como antes mencione, se obtiene el biogás y biofertilizantes. Dichos productos servirán como fuente de energía, abonos y fertilizantes.

El biogás es un gas combustible que se genera a partir del confinamiento de materia orgánica con un proceso anaerobio. Debido a la ausencia de oxígeno, las bacterias y microorganismos generan gas al momento de degradar la materia orgánica.

El biogás está compuesto por una mezcla de:

Tabla 1¹.
Composición del biogás

COMPOSICION DEL BIOGAS	
TIPO DE GAS	PORCENTAJE
Metano (CH ₄)	55 - 70 %.
Anhídrido carbónico (CO ₂)	35 - 40 %.
Nitrógeno (N ₂)	0.5- 5 %.
Sulfuro de hidrógeno (SH ₂)	0.1%
Hidrógeno (H ₂)	1 a 3 %.
Vapor de agua	Trazas

Fuente: Gonzales L.- Departamento de Mecanización. Universidad de Granma. Cuba

Como otro subproducto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica obtenemos los biofertilizantes. Estos compuestos presentan una alta eficiencia para la agronomía, ya que mejora la absorción de nutrientes, promueve el crecimiento de tallos frutos y raíces mejorando la calidad de los suelos.

Al terminar el proceso de descomposición de la materia orgánica dentro del biodigestor, se forma un fango que se encuentra en estado sólido, conocido como *biosol* y en estado líquido se lo conoce como *biol*.

Biofertilizantes

El **biol** corresponde aproximadamente al 90% de la materia que ingresa al biodigestor. La composición química del biol depende del tipo de residuos que ingresan al biodigestor. Por ejemplo podemos observar los componentes químicos del biol con residuos domésticos en la tabla 3.

Tabla 2¹.
Componentes Químicos del Biol en Residuos Domésticos

COMPONENTES QUÍMICOS DEL BIOL	
Ph	no menciona
materia seca	no menciona
nitrógeno total	0.2gr
NH ₄	no menciona
Fosforo	0.076gr
Potasio	4.2gr
Calcio	0.056gr
Magnesio	0.131gr
Sodio	2.1gr
Azufre	6.4mg
Carbono	1.1gr
Aluminio	0.04gr
Boro	0.56mg
Zinc	no menciona

Fuente: Biol de residuos domésticos, Clark at. 2007

Los beneficios del biol constan en fortalecer el crecimiento de las raíces y frutos, gracias a la producción de la hormona vegetal la cual resulta del metabolismo de las bacterias como desecho en proceso de fermentación anaeróbica. (4)

El biosol corresponde a la parte sólida del fango, resultado de la fermentación del biodigestor. Su composición, al igual que el biol, dependerá de los residuos ingresados al biodigestor. Este producto se puede emplear solo o conjuntamente con compost o con fertilizantes químicos. (10)

2. Marco Legal

En vista de la necesidad de una legislación para el uso adecuado de los RSBDs. Las instituciones gubernamentales establecieron artículos que otorga el derecho al medio ambiente y al hombre a ser cuidados equitativamente. A continuación se cita textualmente los artículos estipulados en la Constitución de la Republica del Ecuador (3)

2.1 Constitución de la República del Ecuador, Registro Oficial 449 del 20 de octubre del 2008

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.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 30.- Toda persona tiene derecho a un hábitat seguro y saludable, a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica.

Art. 31.- Las personas tienen derecho al disfrute pleno de la ciudad y de sus espacios públicos, bajo los principios de sustentabilidad, justicia social, respeto a las diferentes culturas urbanas y equilibrio entre lo urbano y lo rural. El ejercicio del derecho a la ciudad se basa en la gestión democrática de ésta, en la función social y ambiental de la propiedad y de la ciudad, y en el ejercicio pleno de la ciudadanía.

Art. 71.- La naturaleza donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda.

El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

Art. 73.- El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Art. 83.- Son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley:

6. Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.

7. Promover el bien común y anteponer el interés general al interés particular, conforme al buen vivir.

**2.2 Ley de Prevención y control de la Contaminación Ambiental,
Decreto Supremo No. 374, Registro Oficial 97 de 31 de Mayo de
1976**

Art. 12. Para los efectos de esta Ley, serán considerados como fuentes potenciales de contaminación del aire:

Las artificiales, originadas por el desarrollo tecnológico y la acción del hombre, tales como fábricas, calderas, generadores de vapor, talleres, plantas termoeléctricas, refinerías de petróleo, plantas químicas, aeronaves, automotores y similares, la incineración, quema a cielo abierto de basuras y residuos, la explotación de materiales de construcción y otras actividades que produzcan o puedan producir contaminación; y,

Las naturales, ocasionadas por fenómenos naturales, tales como erupciones, precipitaciones, sismos, sequías, deslizamientos de tierra y otros.

Art. 20. Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y relaciones, cualquier tipo de contaminantes que puedan alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, la flora, la fauna, los recursos naturales y otros bienes.

Art. 21. Para los efectos de esta Ley, serán considerados como fuentes potenciales de contaminación, las sustancias radioactivas y los desechos sólidos, líquidos, o gaseosos de procedencia industrial, agropecuaria, municipal o doméstica.

2.3 Ley de Gestión Ambiental, Registro Oficial No. 245 del 30/07/1999

Art. 1. La presente Ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

Art. 2. La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respeto a las culturas y prácticas tradicionales.

Art. 3. El proceso de Gestión Ambiental, se orientará según los principios universales del Desarrollo Sustentable, contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de 1992, sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

Art. 4. Los reglamentos, instructivos, regulaciones y ordenanzas que, dentro del ámbito de su competencia, expidan las instituciones del Estado en materia ambiental, deberán observar las siguientes etapas, según corresponda, desarrollo de estudios técnicos sectoriales, económicos, de relaciones comunitarias, de capacidad institucional y consultas a organismos competentes e información a los sectores ciudadanos.

Art. 5. Se establece el Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental como un mecanismo de coordinación transectorial, interacción y cooperación entre los distintos ámbitos, sistemas y subsistemas de manejo ambiental y de gestión de recursos naturales.(3)

CAPITULO II

2. Evaluación medioambiental del escenario objeto

2.1 Diagnóstico medio ambiental en la Ciudad de Quito

Desechos Sólidos:

De acuerdo a los estudios realizados por la Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito, antes del año 2000 no se prestaba ningún tipo de interés en la gestión de residuos a pesar de su importancia, pero mediante el proceso de desarrollo de la ciudad se incentivó a que los residuos se conviertan en un factor primordial a tratar.

En el 2000 existían serios problemas en barrido, recolección y transporte; todo ello como resultado de la mala organización y deterioro de EMASEO.

Es por esto que las principales autoridades del Municipio del DMQ, suscribieron contratos privados y/o públicas; con la finalidad de recolectar los RSUs alrededor de la ciudad, comenzando el trabajo de recolección bajo condiciones precarias sin ningún tipo de control ni políticas establecidas en el reglamento de la ciudad, para su eficaz funcionamiento.

Los desechos del DMQ se empezaron a depositar en el denominado “botadero de Zámbara, sin ningún tratamiento, a excepción de algunas paletadas de cal para aplacar los malos olores, a cielo abierto y funcionando bajo ninguna forma técnica y racional. En el sitio realizaban trabajos de minado alrededor de 400 personas, quienes recuperaban algunos desechos para el reciclaje, medio de subsistencia para los antes mencionados.

Además de estar afectando a la seguridad de la Salud pública del sector, también se generaron problemas graves en términos ambientales (6), identificando efectos sobre los distintos recursos como el aire (olores), suelo y agua (lixiviados que van al río San Pedro) generando la proliferación de vectores en los ecosistemas aledaños y en el área de almacenaje

Dentro de la investigación realizada, se encontró testimonios de los habitantes de la parroquia de Guayllabamba; de la falta de un adecuado manejo de desechos, debido a que el porcentaje de cobertura de recolección (5) que existe dentro de la parroquia es del 80% teniendo una deficiencia de cobertura de recolección de un 20% generando problemas de salud e impacto ambiental

Esto se da, debido a la deficiente capacidad de los vehículos recolectores que trabajan en esas rutas, considerando que estas no son destinadas directamente hacia Guayllabamba, recogiendo previamente en otros lugares aledaños, lo que conlleva a la saturación de la carga de recolección del vehículo, generando problemas de recolección en el sector de Guayllabamba.

Conjuntamente con este déficit mencionado, también influye el no cumplimiento de los horarios, lo que acrecienta los problemas de manejo de los RSBDs

El reporte de OPS: " Análisis Sectorial de Residuos Sólidos para el Ecuador presentado en el 2000 establece que para el año 1990 en promedio cada ecuatoriano generó 0.7 kg/hab/día de RSD (17).

Por lo que al no haberse dado cambios en los hábitos de consumo de los ecuatorianos se podría estimar que los 13 millones de ecuatorianos hoy en día producirían 6500 TM/día de RSD. También la OPS en este reporte indica que para ese año (1990) el nivel de cobertura del servicio de recolección solo llegó al 72,04%, lo que implica que para ese año 1817,4 TM de DSU (no recolectados) fueron a parar a basureros clandestinos, lechos de quebradas, ríos, e inclusive al Océano Pacífico. Otra fuente (Roben, 2000) confirma que los DSD del Ecuador están constituidos en un 60-70% por Residuos Sólidos Biodegradables –RSBD, lo que implica que si cada ecuatoriano genera 0,5 Kg./día de DSU, estaría generando entre 0,3- 0,35 Kg./día de DSBD,-o sea

3.900- 4.550 TM/día de DSBD (6). Este dato podemos confirmarlo con estudios más actualizados de la Dirección Metropolitana de Ambiente, donde en su publicación “Guía para la práctica docente en el manejo integral de residuos sólidos urbanos” publicado en el año 2008 nos muestran la siguiente tabla.

Tabla 3²

Composición de los residuos sólidos domésticos de la ciudad de Quito

COMPOSICION DE LOS RSDs					
	Subproductos	Porcentaje	Peso kg.	Per cápita/día	Per cápita/año
1	Orgánicos	60.50%	1039680	0.5022	183.28
2	Plástico	5.90%	187560	0.0490	17.87
3	Vidrio	2.90%	42840	0.0241	8.79
4	Papel	7.00%	105660	0.0581	21.21
5	Telas / cueros	2.20%	114840	0.0183	6.66
6	Cartón	2.80%	24840	0.0232	8.48
7	Metales	2.50%	11880	0.0208	7.57
8	Otros	7.10%	187380	0.0589	21.51
9	Inertes	9.10%	85140	0.0755	27.57
	TOTAL	100.00%	1799820	0.83	302.95

Fuente: Dirección Metropolitana Ambiental (2008)

Se estima que 1 Kg. de RSDs es capaz de generar durante su descomposición (posiblemente anaeróbica) 80 litros de biogás, lo que quiere decir que todas esas 6500 TM diarias de producción son capaces de generar durante su descomposición 268.000-336.000 m³ de CH₄; 116.480 - 161.280 m³ de CO₂; 53.000 - 67.200 m³ de H₂S; 8960 - 22400 m³ de CO diarios (10).

Debemos tomar en cuenta que el CH₄ (metano) es considerado uno de los mayores capturadores de calor en la atmósfera terrestre. Se estima que por unidad de volumen, el efecto invernadero del CH₄ es mucho mayor al del CO₂ (dióxido de carbono). (6) A esto debemos adicionar los impactos ambientales generados por lo lixiviados que se producen cuando los RSD son evacuados

en forma descontrolada desde los domicilios, convirtiéndose estos en fuente de alimento de vectores de enfermedades humanas

Tomando en cuenta esta recopilación de datos podemos estimar que los residuos sólidos urbanos tiene una composición diferenciada, teniendo como porcentaje más representativo el proveniente de los desechos orgánicos. El 70% del total de los RSU en el Ecuador, está compuesto de materiales biodegradables y el 30% restante lo conforman los plásticos, papel y cartón, vidrio, metales y otros desechos reciclables

2.2 Diagnostico general de la parroquia de Guayllabamba

Ubicación Geográfica

La Parroquia de Guayllabamba, se encuentra ubicada en la provincia de Pichincha, pertenece al Distrito Metropolitano de Quito como parroquia Metropolitana a una altitud de 1.620 msnm (cabecera parroquial).

Limita al norte con el cantón Pedro Moncayo, al sur con las parroquias El Quinche, Yaruquí y Tababela, al este con el cantón Cayambe y al Oeste con la parroquia Calderón. Guayllabamba tiene una superficie de 61,52 Km² y esta sectorizado en barrios.

2.2.1 Mapa catastral de la hacienda San José

El Área seleccionada es la hacienda San José, el cual se podrá ver en detalle en el (anexo I) señalara la zona y el espacio disponible para poder emprender con el proceso del mecanismo seleccionado para el tratamiento de los RSBDs que se generan en la parroquia de Guayllabamba.

2.2.2 Determinación de la demografía actualizada de la Parroquia de Guayllabamba

Según el censo de Población y Vivienda realizada en Noviembre del 2001 Guayllabamba tiene una población de 12 227 habitantes, tomando en cuenta los datos realizados por el INEC que residen en cada vivienda un promedio de 3.1 personas.

El crecimiento anual del 2.8%, valor determinado según el último censo realizado del periodo 1990 – 2001. Como se puede observar en la foto 1 podemos encontrar las viviendas del sector de Guayllabamba.

Foto 1²

Foto Satelital de la Parroquia de Guayllabamba



Fuente. www.guayllabamba.gov.ec

Del 100% de la población que habitan en la parroquia de Guayllabamba se estima que el 70% habita en viviendas que poseen suficientes espacios verdes, el 30% poseen viviendas que no tienen espacios verdes.

Otro factor que podemos encontrar en la parroquia de Guayllabamba es que el 95% de la población usa el gas derivado del petróleo GLP, y el 5% de la población sigue utilizando leña como mecanismos para la cocina y generación de calor. (12)

2.2.3 Uso de suelos: Industriales, domiciliarios, recreacionales, educación, etc.

El uso de suelo se entiende como cualquier tipo de utilización del hombre de un terreno, en este concepto también incluye el subsuelo, como se encuentra en la parroquia de Guayllabamba el tipo de suelo está definido por el tipo de actividad económica y de servicios a lo largo de la vía principal y en ciertos sectores.

Igualmente por la característica de la ocupación de terrenos productivos en el valle que se han convertido en huertos familiares o quintas vacacionales.

El principal uso del suelo es comercio a lo largo de la vía principal. Este uso comercial se hace más denso en las 8 manzanas que se estructuran alrededor del parque central.

El uso del suelo en vivienda se da en los terrenos localizados en los costados de la vía principal, atrás de las edificaciones que predominan en la Avenida. La ocupación en vivienda es de baja densidad, estimándose 20 hab/ha, con gran cantidad de fincas o quintas vacacional que son utilizadas los fines de semana o en vacaciones.

Una de las áreas más representativas que tiene esta parroquia es el Zoológico de Quito, la cual cuenta con una extensión de 12 ha, donde conserva la biodiversidad faunística ecuatoriana, con especial cuidado de especies en peligro de extinción. En el zoológico hay unas 50 especies de fauna nativa del Ecuador y 21 especies de aves.

Como podemos observar en la foto 2. El uso de suelo del sector de Guayllabamba y sus actividades económicas que en el área se generan.

Foto 2²

Uso de suelo en la Parroquia de Guayllabamba



Fuente. www.guayllabamba.gov.ec

2.2.4 Características ecológicas

Guayllabamba es una pequeña hoya rodeada por cerros no mayores de 400 metros de latitud, con una altura de 2.171 msnm, siendo parte de un valle que proviene desde el sector de Machachi. Está ubicada a pocos kilómetros de la Línea Equinoccial. Por estas razones, la parroquia presenta un clima semi tropical cálido y seco con una temperatura promedio que va de 18 a 26°C (12) La historia de Guayllabamba se remonta varios años atrás, cuando se comenta que fue una laguna, cuyas aguas se fueron vertiendo en el río denominado Guayllabamba.

2.2.5 Orografía e Hidrografía de la parroquia de Guayllabamba

Guayllabamba constituye un bosque seco montano bajo. Denotando que su suelo permite implementar modelos de sustento económico familiar y social. Preferiblemente modelos agrícolas como pastos, cultivos y protección ambiental.

Por otro lado, la composición geológica de Guayllabamba es de rocas volcánicas del cenozoico, y rocas continentales del pleistoceno (12).

2.3 Diagnóstico medio ambiental de la parroquia de Guayllabamba

2.3.1 Niveles de acceso a servicios públicos en la parroquia de Guayllabamba

Guayllabamba tiene un 40% de cobertura con lo que respecta al servicio de recolección de basura. La recolección la realiza EMASEO los días martes, jueves y sábado, pero la Junta se queja de una gran irregularidad del servicio y ausencia total en algunos sectores del centro poblado (21). La recolección de la basura se realiza mediante el uso de volquetes, con fallas de incumplimiento de frecuencias en días y tiempos de recolección, encontrándose en la parroquia de Guayllabamba reclamos por los habitantes y por la Junta Parroquial.

Las demandas de los habitantes del sector de Guayllabamba hacia el Municipio de Quito es mejorar el servicio de recolección de los volquetas, y también; el apoyo de ONGs que puedan gestionar de manera adecuada los residuos sólidos domiciliarios en este sector.

En la parroquia se tiene poco conocimiento del trato que se debe dar a los RSDs. En algunos casos, la basura es arrojada al río, ocasionando problemas de insalubridad y contaminación del agua de riego. La situación es más grave para el río Coyago en la zona del barrio San Rafael.

2.3.2 Aspectos de salud y saneamiento en la Parroquia de Guayllabamba

Un problema que ha generado mayor impacto en el área de salud y medio ambiente, es la generación y tratamiento de RSDs, a consecuencia del crecimiento poblacional y su concentración en grandes ciudades como en parroquias aledañas a las ciudades

Las alteraciones ecológicas provocadas por la inmensa cantidad de residuos generados en lugares poblados, acarrear consecuencias, empeorando el nivel de vida de determinadas zonas, provocando efectos perjudiciales a la salud humana y el medio ambiente.

Todos estos procesos han llevado a implementar una conciencia sanitaria para introducir medidas destinadas a prevenir los problemas en su origen y no creando una política curativa, ya que es importante prevenir antes de desarrollar mecanismos curativos.

Los residuos tienen un alto poder contaminante, obligando a las entidades públicas y privadas desarrollar mecanismos técnicos para evitar y mitigar proceso de contaminación que se generan por la mala gestión de RSDs que son perjudiciales para los habitantes de una comunidad.

Los problemas de tipo sanitario que se generan por los RSDs afectan a al agua, aire, suelo. Y como consecuencia todos estos ecosistemas sufren daños perjudiciales en cada población que pertenecen a dichos ecosistemas.

La contaminación pueden afectar a:

- Contaminación de ríos
- Contaminación de lagos
- Contaminación de aguas freáticas
- Extinción de especies vegetales y animales

Por otro lado tenemos la generación de agentes patógenos sobre los residuos sólidos domésticos, pudiendo causar graves enfermedades para los elementos que pertenecen a los ecosistemas, dichos agentes patógenos son:

- Bacterias⁴
- Virus⁵
- Protozoos⁶
- Helmintos⁷

⁴ **Bacterias.** Las bacterias son microorganismos unicelulares y procariotas, Las bacterias y los hongos son conocidos comúnmente como putrefactores. Estos organismos se encargan de reciclar desperdicios y convertirlos nuevamente en materias primas re utilizables

⁵ **Virus.** Es un agente potencialmente patógeno que necesita de la maquinaria metabólica de la célula invadida para poder replicar su material genético, Las [infecciones](#) pueden generar virales enfermedades o incluso la muerte

⁶ **Protozoos.** Son organismos microscópicos, unicelulares, depredadores, que viven en ambientes húmedos o directamente en medios acuáticos

⁷ **Helmintos.** Los parásitos helmintos son de mayor tamaño y tienen estructuras y ciclos de vida más complejos que los protozoos, se asienta en el intestino u órgano donde se hospeda por años.

Dichos agentes patógenos pueden encontrar en estos residuos sólidos domésticos un medio óptimo para su crecimiento y segregación al medio en el que se encuentran, produciendo graves enfermedades al hombre, y graves daños al medio ambiente circundante. También los residuos pueden liberar agentes patógenos hacia el agua, aire y suelo, que sirven como vectores para difundir enfermedades al ambiente, otros elementos de naturaleza química son:

- Los metales pesados
- Detergentes
- Plaguicidas
- Hidrocarburos

Todos estos contaminantes pueden introducirse en las cadenas tróficas y afectar a todos sus componentes y ciclos naturales. (11)

Observando todos estos factores de contaminantes y sus orígenes se puede implementar mecanismos para evitar todos estos procesos de contaminación hacia el ambiente y los seres humanos.

2.3.3 Problemas de salud asociados a la mala gestión de RSDs en la parroquia de Guayllabamba

Los Problemas sanitarios que podemos encontrar en diversas áreas en el sector de Guayllabamba son causados por la mala gestión de los residuos, el mal almacenamiento de dichos residuos y la proliferación de vectores quienes, al pasar el tiempo, fueron acarreado las enfermedades como las ratas y otro tipo de animales.

En Guayllabamba pudimos encontrar que el servicio de recolección de basura se encuentra con una deficiencia del 60% y que solo en un 33% tienen un servicio de saneamiento general (6), lo que indica el índice de desarrollo en salud que existe en la parroquia es bajo.

Por todo lo antes mencionado, uno de los sectores con graves falencias en la parroquia de Guayllabamba, es la de la salud. El ministerio de

Salud Pública mantiene un sub centro de salud, el cual no abastece a los moradores ni a la totalidad de los barrios.

En este sub centro también es necesario un abastecimiento de medicinas, en una mayor cantidad y variedad a precios populares. En éste tienen preferencia la planificación familiar y el control a los niños menores de 12 años. Un médico rural, un odontólogo, una enfermera rural, una enfermera auxiliar, un inspector sanitario y un laboratorista son todo el personal que labora en el sub centro.

Diariamente alrededor de 40 personas son auscultadas en el sub centro por lo que también se necesita una ampliación de todo el sub centro, ya que su estructura actual no es suficiente.

Después de observar todos estos problemas se destino la basura en áreas para almacenamiento sin ningún tipo de control.

Como principales problemas sanitarios se encontraron:

- Contaminación biótica del agua (patógenos)
- Contaminación química del agua
- Contaminación de suelos (basura)
- Producción de olores (materia orgánica en descomposición)
- Contaminación atmosférica (metano)

Capítulo III

3. Diagnóstico de la emisión de RSDs en relación con el Crecimiento demográfico dentro de la parroquia de Guayllabamba

3.1 Evaluación cualitativa y cuantitativa general de producción de Desechos Sólidos Domésticos

Como se pudo analizar en el “diagnóstico social en la parroquia de Guayllabamba”, y los estudios realizados por el “Plan de desarrollo participativo” se encontraron que la producción per cápita de RSDs es de 0,398 kg./hab./día y conociendo las proyecciones de crecimiento de la población que es de 2.8 hab/año como se describe en la demografía de la parroquia de Guayllabamba, se puede observar un incremento del crecimiento poblacional que tiene la parroquia de Guayllabamba

Tomando en cuenta que este crecimiento poblacional va a generar mayor cantidad de residuos domésticos durante un periodo establecido, también va a generar graves problemas en el almacenaje y disposición final de los RSDs en cada vivienda

Estos residuos sólidos domésticos van a ser, quienes generaran mayor problema de salud hacia la población y un alto nivel de impacto ambiental en los factores bióticos de la parroquia de Guayllabamba

Como se puede identificar en la siguiente tabla, la dinámica que existe entre las variables de producción en toneladas al día de RSDs y el porcentaje de crecimiento poblacional en los próximos 20 años, tiempo donde se espera tener un manejo adecuado de los RSDs.

En la tabla se analiza el porcentaje de RSDs que tiene la parroquia en el periodo de un día, el número de habitantes de la parroquia que es de 12.227hab por los kilogramos de residuos sólidos domésticos que genera un individuo en el lapso de un día, dicho valor es de 0.39Kg/hab/día

Logrando de este análisis la cantidad total de desechos sólidos domésticos que se genera en la parroquia de Guayllabamba por el periodo de un día,

después de dicho análisis se proyecta una tabla que demuestra el volumen total de residuos que se van a generar en el lapso de 20 años.

Tabla 4³

**PROYECCION DE PRODUCCION DE RESIDUOS SOLIDOS DOMESTICOS TOTALES
ENTRE LOS AÑOS 2009 Y 2029**

PRODUCCION DE DESECHOS DOMESTICOS				
AÑO	POBLACION DE LA PARROQUIA GUAYLLABAMBA	TONELADAS / DIA DE RBD	TONELADAS/SEM DE RBD	TONELADAS/AÑO DE RBD
2009	12227	4.9	34.1	1776.2
2010	12569	5.0	35.0	1826.0
2011	12921	5.1	36.0	1877.1
2012	13283	5.3	37.0	1929.6
2013	13655	5.4	38.0	1983.7
2014	14037	5.6	39.1	2039.2
2015	14430	5.7	40.2	2096.3
2016	14834	5.9	41.3	2155.0
2017	15250	6.1	42.5	2215.3
2018	15677	6.2	43.7	2277.4
2019	16116	6.4	44.9	2341.1
2020	16567	6.6	46.2	2406.7
2021	17031	6.8	47.4	2474.1
2022	17508	7.0	48.8	2543.4
2023	17998	7.2	50.1	2614.6
2024	18502	7.4	51.5	2687.8
2025	19020	7.6	53.0	2763.0
2026	19553	7.8	54.5	2840.4
2027	20100	8.0	56.0	2919.9
2028	20663	8.2	57.6	3001.7
2029	21241	8.5	59.2	3085.7
2030	21836	8.7	60.8	3172.1
2031	22448	8.9	62.5	3261.0
2032	23076	9.2	64.3	3352.3
2033	23722	9.4	66.1	3446.1
2034	24386	9.7	67.9	3542.6
2035	25069	10.0	69.8	3641.8
2036	25771	10.3	71.8	3743.8
2037	26493	10.5	73.8	3848.6

Fuente: Autor tesis 2009

Esta proyección se desarrolló en base al crecimiento poblacional de la parroquia, el mismo que registra un crecimiento anual de 3,8 hab según datos

calculados del Plan de desarrollo participativo de la Secretaria de Medio Ambiente 2002 – 2012.

Se obtuvo datos de volúmenes de RSDs de los estudios realizados por la Secretaria de Medio Ambiente, que se enfocó en recopilar muestras en dos zonas:

- Zona Urbana. Se encuentra dentro de esta zona el centro, sur y norte de la ciudad de Quito
- Zonas Parroquiales. Se encuentra las parroquias Nor Occidental, Nor oriental, Nor central y Sur Oriental

Para la ejecución del proceso de caracterización de RSDs se realizó la recepción de los RSDs, descarga de dichos materiales en áreas determinadas, después se procedió a la homogenización de los residuos y el cuarteo o trituración de los RSDs; logrando así; determinar los volúmenes de RSDs y su respectiva clasificación.

La división de RSDs se la hizo dividiendo los residuos por estratos sociales alto, medio y bajo, debido a las características que encontramos en el sector de Guayllabamba por motivos de:

- Porcentaje de recolección de basura en el área.
- Nivel de vida en la zona de Guayllabamba.
- Porcentaje de acceso a servicios básicos.

Para esta clasificación de RSDs se escogió tres salidas por ruta, el número de rutas fue de 86 realizados por los camiones recolectores, con personal de la Secretaria de Medio Ambiente, utilizando el sistema de muestreo se escogió 9 rutas de las 86.

Gracias al análisis realizado por la Secretaria de Medio Ambiente, podemos ubicar al sector de Guayllabamba en la zona nororiental del DMQ. Teniendo relación todos los sectores involucrados en esta zona en características cualitativas de RSDs

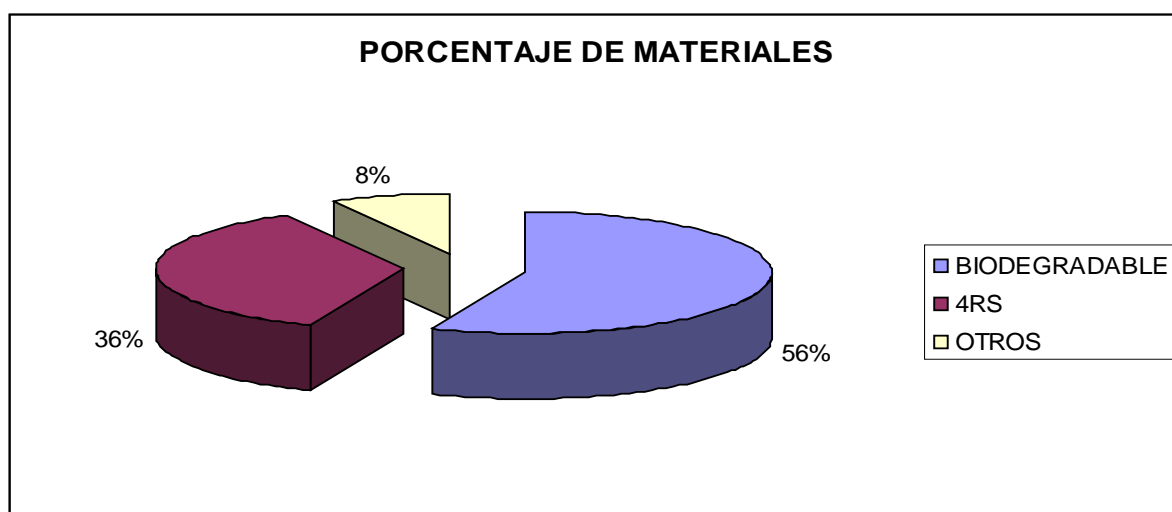
Al ubicar la parroquia de Guayllabamba en el sector nororiental se logró identificar que dicho sector está ubicado en el estrato bajo.

3.2 Evaluación porcentual general de producción de Desechos Sólidos Domésticos en la Parroquia de Guayllabamba

Después de haber realizado el análisis cualitativo de los RSDs que se generan en la parroquia de Guayllabamba, se estableció que los residuos que más se generan son los residuos biodegradables, dentro de estos podemos identificar los desechos procedentes de los seres vivos (plantas o animales) con una presencia porcentual de 56,17%. Mientras que los residuos 4RS (reciclables reutilizables, reducibles y retornables) se encuentran en un 36,01%, y finalmente en un 7,82% encontramos otros residuos como textiles, madera, pañales, toallas higiénicas, papel higiénico, zapatos, caucho.

Esta distribución se puede observar en el siguiente gráfico.

Grafico 2³ Porcentaje de Residuos Sólidos Domésticos en la Parroquia de Guayllabamba



Fuente: Autor tesis 2009, basado en datos de la Secretaria de medio ambiente.

Al analizar el grafico 2, se puede concluir que el porcentaje de RSBDS que se generan el parroquia de Guayllabamba es mayor a los R4Rs y otros, es por tal razón que en el desarrollo de este proyecto se establecerá un sistema optimo para el tratamiento de los RSBDS, que es; el factor más importante a analizar en esta zona del DMQ.

En la tabla 2 se puede observar las cantidades porcentuales de la diferencia entre los tipos de residuos y su porcentaje.

Tabla 5³.

Porcentaje de RSDs en la Parroquia de Guayllabamba

% de RSDs en Guayllabamba	
RESIDUO	PORCENTAJE %
BIODEGRADABLE	56,17
4RS	36,01
OTROS	7,82

Fuente: Propia 2009 basado en datos de la Secretaria de medio ambiente

3.2 Evaluación cuantitativa y cualitativa de los residuos sólidos biodegradables

De la misma manera, se realizó proyecciones hasta el 2029 para registrar la generación de los desechos sólidos biodegradables, los cuales son el enfoque del proyecto.

Para este análisis se toma en cuenta el porcentaje de desechos sólidos biodegradables que se generan en la zona de Guayllabamba, dicho porcentaje es de 56.17% de RSBDs, los cuales se relacionan con la cantidad total de residuos sólidos domésticos que es de 2.7 Tn/día.

Se establece la relación que el 100% de los RSDs equivalen a 4.8 Tn/día, de este 4.8 Tn/día de RSDs el 56.17% pertenecen a los RSBDs, como consecuencia tenemos que diariamente se produce 2.7 Tn/día de RSBDs

Estas evaluaciones se generan a partir de los datos entregados por el “Plan de Desarrollo Participativo de la Secretaria de Medio Ambiente de la Ciudad de Quito”,

Después de generar estos análisis se puede establecer la siguiente tabla con valores de generación de RSBDs en el año 2009 hasta el año 2029

Tabla 6³

**PROYECCION DE PRODUCCION TOTAL DE DESECHOS
BIODEGRADABLES ENTRE LOS AÑOS 2009 Y 2029**

PRODUCCION DE DESECHOS BIODEGRADABLES				
AÑO	POBLACION DE LA PARROQUIA GUAYLLABAMBA	TONELADAS / DIA DE RSD	TONELADAS/SEM DE RSD	TONELADAS/AÑO DE RSD
2009	12227	2.7	19.2	999.7
2010	12569	2.8	19.7	1027.7
2011	12921	2.9	20.3	1056.4
2012	13283	3.0	20.8	1086.0
2013	13655	3.1	21.4	1116.4
2014	14037	3.1	22.0	1147.7
2015	14430	3.2	22.6	1179.8
2016	14834	3.3	23.3	1212.9
2017	15250	3.4	23.9	1246.8
2018	15677	3.5	24.6	1281.7
2019	16116	3.6	25.3	1317.6
2020	16567	3.7	26.0	1354.5
2021	17031	3.8	26.7	1392.4
2022	17508	3.9	27.5	1431.4
2023	17998	4.0	28.2	1471.5
2024	18502	4.1	29.0	1512.7
2025	19020	4.3	29.8	1555.1
2026	19553	4.4	30.7	1598.6
2027	20100	4.5	31.5	1643.4
2028	20663	4.6	32.4	1689.4
2029	21241	4.8	33.3	1736.7
2030	21836	4.9	34.2	1785.3
2031	22448	5.0	35.2	1835.3
2032	23076	5.2	36.2	1886.7
2033	23722	5.3	37.2	1939.5
2034	24386	5.5	38.2	1993.8
2035	25069	5.6	39.3	2049.7
2036	25771	5.8	40.4	2107.1
2037	26493	5.9	41.5	2166.0

Fuente: Autor tesis 2009

En la tabla anterior podemos observar la dinámica de flujo que existe entre los años 2009 - 2029 de los desechos biodegradables, los cuales, como antes había mencionado representan un 56,17% del total de residuos.

Del mismo modo, también se puede identificar que cada habitante de la parroquia de Guayllabamba tendría una generación per cápita de 0.224 kg/hab/día de residuos biodegradables.

Hay que tomar en cuenta que en la propuesta dentro de los residuos sólidos biodegradables- RSBDs no incluimos los papeles higiénicos, toallas sanitarias, pañales, es decir los desechos procedentes de inodoros. La razón de esta exclusión es que en los sistemas propuestos no están involucrados este tipo de residuos y que la disposición final de estos serán en las estaciones de transferencia que promueve el Municipio de Quito.

Es importante mencionar que los datos porcentuales obtenidos de generación de RSBDs en la parroquia de Guayllabamba, se enmarcan con los registros del resto de América Latina y el Caribe, considerada como zonas rurales

Capítulo IV

4 Metodología

Para establecer una estrategia óptima para minimizar la cantidad de RSBDs que se almacenan en la estación de transferencia del DMQ, se introduce en el sector de Guayllabamba un sistema óptimo de *reciclaje* de RSBDs; este sistema puede ser de digestión aeróbica o anaeróbica, a la vez; se implementa la estrategia de *utilizar* los subproductos de los RSBDs obtenidos de los procesos de degradación de materia orgánica dentro del sistema seleccionado.

Estas estrategias se sustentan en un estudio de gestión de manejo de RSBDs. Con este fin hemos identificado dos modelos de gestión de RSBDs cuyas características permiten ser aplicados a las condiciones de vida de la parroquia de Guayllabamba.

A estos sistemas se les ha denominado de la siguiente manera:

- Sistema de biodigestión anaeróbica de RSBDs basado en biodigestores neumáticos de fuljo semicontinuo
- Sistema de biodigestión aeróbica de RSBDs basados en sistemas de compostaje en pilas

Mediante esta estrategia, se analizará ambos sistemas, y se optará por el mejor mecanismo, pudiendo ser aeróbico o anaeróbico; para implementarlo en la hacienda San José; y poder tratar los RSBDs que se generan en el sector de Guayllabamba

Para poder identificar la mejor opción entre el sistema aeróbico o anaeróbico se procede a analizar sus variables, dichas variables servirán para poder seleccionar el mejor sistema a implementar

Entre las variables podemos encontrar:

- Volúmenes a tratar de RSBDs
- Espacios físico disponibles para la implementación de la planta
- Costos de operación de los sistemas
- Utilización de los subproductos que se generan en cada sistema

A continuación se describirá cada sistema para su futuro análisis y selección

4.1 Parámetros del diseño del sistema aeróbico “compostaje”

4.1.1. Generalidades del compostaje

Foto 3⁴

Compostaje en pilas



Fuente: Departamento de Protección Vegetal. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias

Para la elaboración del sistema de compostaje de este proyecto se selecciono el *compost en pila o montón*, ya que las cantidades de material orgánico desechado por la parroquia de Guayllabamba son elevadas y corresponden al 56,17% de los RSDs totales.

Para la construcción del mecanismo de compostera en pila o montón se procede a analizar los siguientes factores para lograr obtener un sistema eficiente en tiempo y espacio.

4.1.2 Ph

Para un eficiente proceso el pH dentro de la pila de compostaje debe oscilar entre 5 y 8 para que los hongos y las bacterias actúen en su medio y puedan biodegradar los nutrientes

4.1.3 Nutrientes

En el compostaje, la relación carbono - nitrógeno es importante, los microorganismos utilizan el carbón como fuente de energía.

La oxigenación es un factor primordial para el desarrollo del proceso. Se debe airear el sustrato diariamente. Este mecanismo se va llevar a cabo mediante tuberías de aeración en cada pila de compost. También se debe tener en cuenta la humedad dentro de la pila, el porcentaje de humedad debe de estar entre 40% y 60%.

4.1.4 Temperatura

La temperatura debe oscilar entre 35 y 60 grados centígrados para poder eliminar los elementos patógenos, parásitos y semilla de mala hierba.

4.1.5 Población Microbiana

Al analizar el proceso de biodegradabilidad en la materia orgánica podemos establecer que estos desechos poseen la capacidad de tener metabolismo degradador, entre estos organismos podemos encontrar:

- Bacterias aeróbicas⁸
- Anélidos⁹
- Artrópodos¹⁰, etc.

Su degradación produce compost, que es un excelente material orgánico para nutrir al suelo y mejorar la calidad de éste para futuros sembríos

⁸ **Bacterias aerobicas.** Las bacterias son microorganismos unicelulares, conocidos como putrefactores. Estos organismos se encargan de reciclar desperdicios y convertirlos nuevamente en materias primas re utilizables mediante el uso exclusivo de oxígeno para su proceso

⁹ **Anelidos.** Son gusanos del cuerpo segmentado, depredadores por naturaleza y contribuyen a la descomposición de la materia orgánica

¹⁰ **Artropodos.** Representan al menos el 80% de todas las especies animales conocidas.

que se pueden dar en cada residencia. En el compost podemos encontrar:

- Bacterias fijadoras de nitrógeno¹¹
- Bacterias metabolizadoras de celulosa¹²
- Psuedomona¹³

Otros organismos de vital importancia dentro de los componentes del compost son los hongos y anélidos. También podemos encontrar Actinomicetes¹⁴ y hongos solubilizadores de fósforo¹⁵.

Entre anélidos se pueden encontrar Eiseina foetidae o lombriz roja californiana quien es muy importante para el proceso de lombricultura.

4.1.6 Construcción del sistema de compostaje

Revisando los volúmenes de materia orgánica que se genera en la parroquia de Guayllabamba. Se desarrolla el compostaje en pilas o montón, ya que cumple con los requisitos para tratar el volumen ya mencionado de material a disponerse.

Para su efectivo análisis se debe calcular los siguientes factores para la implementación de las pilas de compost.

- El volumen de material orgánico que se dispone en la parroquia de Guayllabamba
- El área para implementar el proceso de compostaje en pilas
- El tiempo de retención de la materia orgánica en cada pila de compost para su futuro uso

¹¹ **Bacterias fijadoras de nitrógeno.** Las bacterias fijadoras de nitrógeno que se desarrollan de forma natural en el suelo y representan un biofertilizante ecológico

¹² **Bacterias metabolizadoras de celulosa.** Bacteria que tiene la capacidad de sintetizar celulosa a partir de una gran variedad de sustratos

¹³ **Psuedomona.** es un patógeno oportunista humano, más comúnmente afecta a los inmune suprimidos, tales como aquellos con [fibrosis quística](#) o [SIDA](#).

¹⁴ **Actinomicetes.** Son formas similares a las bacterias. Estos microorganismos pueden degradar sustancias complejas mejorando la fertilidad del suelo

¹⁵ **Hongos solubilizadores de fosforo.** Son hongos que poseen la característica de solubilizar fosforo que se encuentran en la materia orgánica a degradar.

Calculo de volumen de biomasa

Para calcular el volumen se desarrolla las siguientes ecuaciones:

- Para la obtención del volúmenes que debe ingresar a la pilas de compostaje se analiza datos ya establecidos por Del Val Alfonso, en su libro “El reciclaje” 1997 que nos señala que en 1metro cubico de espacio ingresan 80 Kg de materia orgánica. Esto significa que 0.08 Tn ingresan en 1 metro cubico

$d = M/V =$	80 Kg	0,08 Tn/m ³
	1m ³	

- El tiempo de retención de los RSBDs en la pila es de tres meses, tiempo requerido para compostaje
- Al ingresar a la planta de tratamiento los RSBDs, entran con un cantidad de 2.7 Tn/ día. Esto quiere decir que relacionamos con 0.08 Tn/m³ para obtener los datos siguientes.

0.08 Tn/m ³	1 m ³ /dia	= 33.75 pilas de compostaje
	2.7 Tn/ dia	

Logrando obtener el numero de pilas que se generan diariamente en la hacienda San José

Estas 33.75 pilas, ósea (34 pilas); tiene la capacidad de almacenar los 2.7Tn/ día que se generan de RSBDs, con esta cantidad de pilas que se va a necesitar en el dia para almacenar la cantidad requerida.

- A continuación se calcula el volumen de RSBDs a tratar en el lapso de un día

2,7 Tn *	1m ³	= 33.75 m ³
	0.08 Tn	

Consecuentemente se obtiene que en el día se va a tratar 33.75 m³

- Hay que denotar que la volqueta de recolección de basura que tiene como ruta la parroquia de Guayllabamba tiene la capacidad de recolectar 6m³
- Para calcular el # de volquetas que van a ingresar en el periodo de tres meses se desarrolla de la siguiente manera:

V total	3037.5 m ³	= 506 volquetas en tres meses
V volquetas	6 m ³	

Ya que la cantidad de RSBDs que se generan en la parroquia de Guayllabamba es de 2.7 Tn/día, se opta por introducir las pilas de compostaje con las dimensiones de 1m de ancho por 1m de alto, teniendo 1m de longitud de la pila.

Basados en los datos anteriores y relacionando con el volumen de generación de RSBDs en Guayllabamba que es de 2.7 Tn/día, se obtiene como conclusión que se necesita de 34 metros cúbicos de espacio para tratar los RSBDs que se generan en un día dentro de la parroquia de Guayllabamba.

Tiempo de descomposición

El tiempo de descomposición en la compostera es de tres meses. Pasado este tiempo se podrá obtener la materia final denominado compost, seguido de este proceso de obtención del compost se designa áreas de agricultura dentro y fuera de la hacienda San José para hacer uso del sustrato.

Selección del área para la implementación del sistema propuesto

El área designada en la hacienda San José para la implementación del proyecto es de 1.9 hectáreas (19000m). Los cuales 0.9 hectáreas (9000m) están designadas para otras actividades de la hacienda San José como almacenamiento de materiales, áreas de sembríos, reservorio de agua.

Quedando como resultado 10.000m para la implementación del sistema.
(Ver anexo 2)

A continuación se procede a dividir la hectárea (10.000 m) en hileras de 2 m de ancho y 2 m de longitud. Dejando 3m de distancia entre hileras. Como se representa en el anexo 4

Materiales para el manejo y construcción de la planta de compostaje

Para el manejo de este sistema de compostaje se establece pocos materiales ya que el proceso no requiere de tecnologías avanzadas para su funcionamiento. Como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 7⁴

Materiales de construcción de sistema de digestión aeróbico

PRESUPUESTO GENERAL PARA LA CONSTRUCCION Y OPERACION DEL SISTEMA DE BIODIGESTION AEROBICO DE GUAYLLABAMBA				
COSTOS DIRECTOS				
RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
Fase 1. Materiales para el manejo de las pilas de compost				0
Manguera plástica	M	200	3	600
Carretillas		20	24	480
Picadores		50	15	750
Rastrillos		50	13	650
Palas		10	15	150
Fase 2: Protección de las pilas de compost				0
Plástico negro para el techo de la pila de compostaje	M	500	9	4500
Palos para el levantamiento de la fachada	M	1000	4	4000
TOTAL COSTOS DIRECTOS				11130

Fuente. Autor tesis 2009

Producción de lixiviados

Para el almacenamiento de los lixiviados se construye canaletas alrededor de las pilas, cuyas canaletas se dirigen a una fosa de almacenamiento, al ser un proceso aeróbico no se generan grandes cantidades de lixiviados por tal motivo la cantidad de lixiviados no será mayor.

Dicho lixiviado al no estar compuesto por materiales contaminantes (metales pesados), se obtendrá de su descomposición una cantidad de lixiviados que servirá para añadir a la pila de compost nuevamente para aumentar el grado de humedad y así, lograr una mejor eficiencia en el proceso de descomposición.

Disposición final

Cuando ya tengamos el producto resultado de la descomposición, se lo distribuye en los viveros como abono orgánico. Este proceso asimila directamente la planta mejorando las cualidades de las flores y frutos.

Así también, mejora la resistencia de las plantas ante los agentes patógenos por los cuales están constantemente amenazadas ya que las deterioran, sus flores y frutos son de mejor calidad, y además acelera el crecimiento radicular como son: la brotación, madurez, floración.

Este proceso se llevara a cabo con la ayuda del personal designado por el CONSEP, quienes poseen dentro sus programas de rehabilitación, proyectos; en los cuales intervienen personas en estado de pre libertad. Las cuales mediante un proceso de capacitación y evaluación se encargaran del manejo técnico de la planta de compostaje.

4.2 Parámetros del diseño del sistema anaeróbico “Biodigestor”

4.2.1 Generalidades del biodigestor

Como ya se explico en el marco teórico los tipos de biodigestores y analizando los volúmenes de RSBDs que se generan en la parroquia de Guayllabamba. Se decide optar por el biodigestor según la frecuencia de cargado o alimentación. El modelo que hemos considerado es el biodigestor de flujo semicontinuo por las siguientes razones:

- Los pesos y volúmenes de materiales a biodigerirse diariamente permiten ser sometidos a diluciones que a su vez; permiten el flujo de los materiales a digerirse dentro del biodigestor.
- Los pesos y volúmenes a ingresarse diariamente pueden ser cosechados en forma equivalente, habiéndose cumplido el tiempo de retención de dichos materiales dentro del biodigestor

4.2.2 Datos generales de pesos y volúmenes manejables

Según análisis de laboratorio hechos en el laboratorio 132 de la Universidad de las Américas (ver anexo fotográfico 2) Los RSBDs domiciliarios que utilizaremos como materia prima de biodigestión poseen un peso específico de 700 gr/lit (0.7gr/lit). Estos datos se obtienen al pesar 530 gr de RSBDs en el laboratorio.

Para establecer estos indicadores se toma una muestra de residuos de cocina que pesaron 530 gr, esto se coloca en un vaso de precipitación con capacidad de 100 cc el cual genera el siguiente resultado:

d =	530 gr	*	1000 lt	= 757 * 10 gr/m ³	= 757 Kg/m ³
	0,7 lt		1m ³		

Basándose en los datos de generación de RSBDs en la parroquia de Guayllabamba que se encuentran en la tabla 6 se obtiene que los 12.227 habitantes de Guayllabamba producen 2.7 Tn, ósea 2700 Kg, a continuación se calcula el volumen que va a ingresar cada día.

2700 Kg	*	$\frac{1\text{m}^3}{757\text{ Kg}}$	= 3.56 m ³
---------	---	-------------------------------------	-----------------------

Dando como resultado que los 2700 Kg ocupan un volumen de 3.56 m³.

Recordemos que trabajamos con una dilución de 2:1, esto significa que el volumen que ocupa los 2700 Kg de RSBDs que es de 3.56 m³ le vamos a adicionar 7.12 litros de agua, teniendo 10.68 m³ (pasta) de solución. Estos 10.68 m³ van a ser retenidos dentro de los sistemas de digestión por un periodo promedio de 30,5 días (promedio días de un mes).

Esto significa que vamos a manejar un volumen total operativo dentro del sistema en el periodo de 30,5 días de:

V total =	10.68 m ³ * 30,5 días	= 325.74 m ³
-----------	----------------------------------	-------------------------

Como se analiza en el manual “biodigestores una alternativa a la autosuficiencia energética y de biofertilizante” desarrollada por la fundación hábitat nos explica que el biodigestor de flujo semicontinuo que se ha seleccionado tiene una capacidad de carga de 121.48 m³.

El mecanismo del biodigestor es operar con una capacidad de carga del 50% para su eficiente proceso, es por esto; que nuestro biodigestor opera con una capacidad de carga de 60,74 m³, esto corresponde al volumen total del cilindro de cada unidad de biodigestión.

Siendo así, tenemos que, si distribuimos el volumen total (325.74m^3), para la capacidad de carga (60.74 m^3), tendremos que vamos a requerir 6 cilindros de biodigestión de 27,4 m de longitud y 2,5 m de diámetro

4.2.3 Tiempo de retención del material a biodigerirse

Para la determinación del tiempo de retención de los materiales a biodigerirse hemos tomado en cuenta como referente los resultados de estudios realizados en varios escenarios (10).

Según estos análisis realizados por la fundación hábitat, hemos establecido el tiempo de retención del material. Para nuestro caso, se ha decidido un tiempo de retención de los materiales de 30,5 días.

Debido a que el ingreso de RSBDs en cada cilindro de biodigestion es diariamente, hasta alimentar el biodigestor por 30,5 días, el volumen total que ingresa al biodigestor en el periodo ya establecido es de 60.74 m^3

4.2.4 Parámetros físico- químicos dentro del sistema

Temperatura interna del biodigestor

Podemos observar que para un óptimo proceso de degradación, un factor importante es la temperatura, ya que las bacterias formadoras del metano (bacterias metanogenicas) para trabajar en forma óptima requieren mantener una temperatura entre 30°C y 60°C .

Algunos autores y experiencias proponen que el mecanismo más apto para mantener la temperatura interna de un biodigestor es dejar el agua calentándose con los rayos solares y después añadir el agua con materia orgánica en el biodigestor.

En nuestro caso, dada la climatología de Guayllabamba haremos que nuestro sistema actúe como un “cuerpo negro”¹⁶, demodé, que la

¹⁶ **Cuerpo negro:** En física un cuerpo negro es un objeto capaz de absorber todos los espectros que componen un manojo lumínico, lo que le permite absorber todo el calor contenido en los espectros irradiados

radiación solar de la zona aporte en forma constante la temperatura interna requerida.

Relación carbono y nitrógeno

Desgraciadamente no hemos encontrados situaciones bibliográficas que nos informe con certeza acerca de las relaciones carbono y nitrógeno existentes en RSBDs sometidos a biodigestión anaeróbica.

Sin embargo, sabiendo que el carbono y el nitrógeno son las principales fuentes de alimentación de las bacterias, ya que; el carbono es la fuente de energía para las bacterias y el nitrógeno aporta a la formación de nuevas células para la multiplicación de bacterias (16), las bacterias consumen 30 veces más carbono que nitrógeno.

Esto es muy importante saber, y es algo que debemos ajustar cuando el sistema se vaya a implementar, para lo cual es necesario proceder con análisis químicos de los RSBDs procedentes de Guayllabamba, lo que nos dirá si es o no necesario optimizar el sistema añadiendo materiales ricos en carbono y pobres en nitrógeno

En caso de que observemos durante los procesos de pruebas de biodigestión desbalances en la relación carbono nitrógeno, la misma que debe ser de 2:1, esto no será un problema debido a la gran cantidad de residuos celulóticos¹⁷ que se generan en la zona.

Calculo del volumen de biogás resultante

Según estudios realizados en el Ecuador por el Instituto Ecuatoriano de Electrificación, dentro de un programa denomina “Energía para el sector rural”, se generaron los siguientes resultados dentro de una prueba de tiempo de retención y producción diaria de biogás.

¹⁷ **Residuos Celulóticos:** Es un compuesto orgánico pertenecientes a los vegetales, cuyo proceso es almacenar carbono para generar biomasa

Tabla 8⁴.

Generación de biogás por tiempo de retención

TIEMPO DE RETENCION/DIA	PRODUCCION DIARIA METROS CUBICOS
10 días	0,068
20 días	0,142
30 días	0,17
60 días	0,204

Los datos de esta tabla nos sirven en el sentido de que dicha prueba fue realizada en base a parámetros similares a los nuestros

Fuente: INELEC, Energía Para el Sector Rural 1977

4.2.5 Cálculo de producción de biogás dentro de nuestro sistema

Para el cálculo del volumen de producción de biogás que se genera en nuestro sistema se hace uso de los mecanismos utilizados por la universidad de Granma en Cuba. Los cuales tienen relación con el biodigestor a proponerse en este proyecto.

Seguidamente se ha tomado los parámetros de medición y cálculo que se muestran a continuación en forma textual para el cálculo del biogás, aplicando los datos reales de este estudio.

Volumen de biogás necesario (V_{bn}), en m^3 / día.

$$V_{bn} = V_{bnc} \times n_p$$

Donde:

V_{bnc} : Volumen de biogás necesario diario para la cocción para una persona, (0.20 a 0.3 m^3 / día- persona).

Volumen de biogás adicional, (V_{ba}), en m^3 / día.

$$V_{ba} = 0.10 \times V_{bn}$$

Volumen de biogás real (V_{br}) en m^3 / día.

$$V_{br} = V_{bn} + V_{ba}$$

Volumen necesario de digestión (V_{nd}) en m^3 .

$$V_{nd} = 1.4 \times V_{br}$$

Haciendo uso de estos modelos matemáticos tenemos que, que el volumen de biogás necesario (requerido) por una unidad familiar de Guayllabamba constituida por 3.1 personas es de $0.7 m^3$ / casa/ día, según el siguiente cálculo:

$$V_{bn} = V_{bnc} \times n_p = 0,25 \times 3.1 = 0,7 m^3$$

$$V_{bn} = 0,7 m^3$$

Sin embargo se ha establecido que debe tomar en cuenta un volumen adicional de biogás, el mismo que representaría a una unidad de volumen de pérdida de $0.10 m^3$, por lo que este factor debe ser multiplicado por V_{bn} , para determinar el volumen de biogás adicional requerido, de la siguiente manera

$$V_{ba} = 0.10 m^3 \times 0.7 m = 0,07 m^3$$

De Este análisis podemos establecer el volumen de biogás real requerido para cada vivienda, de la siguiente manera

$$V_{br} = V_{ba} + V_{bn}$$

$$V_{br} = 0,07 m^3 + 0,7 m^3 = 0,77 m^3$$

Conociendo este resultado podemos establecer cuál es nuestro volumen de material biodigerible dentro de nuestro biodigestor para producir $0,77 m^3$ de biogás durante 30,5 días de retención, este cálculo lo podemos hacer de la siguiente manera

$$V_{nbd} = 1.4 \times 0,77 m^3 = 1,078 m^3$$

Donde 1,4 es una constante de la relación volumen de biomasa por volumen de biogás producible.

Siendo así; tenemos que, los 1,078 m³ que es el volumen necesario de digestión al procesar en cada biodigestor durante 30,5 días, y relacionado con los 325.74m³ de producción en 30,5 días de RSBDs dentro de nuestro sistema de biodigestión anaeróbico se estarían produciendo 351.14m³ de biogás cada 30 días.

4.2.6 Determinación de la producción de biosol

Como se nos explica en cierta literatura (15), dice que dentro de un sistema de biodigestión la solución como pasta debe contener un promedio de 8% de sólidos, esto significa que, los 164.700 m³ de solución biodigeridas serian capaces de generar 13.176 m³ de biosol.

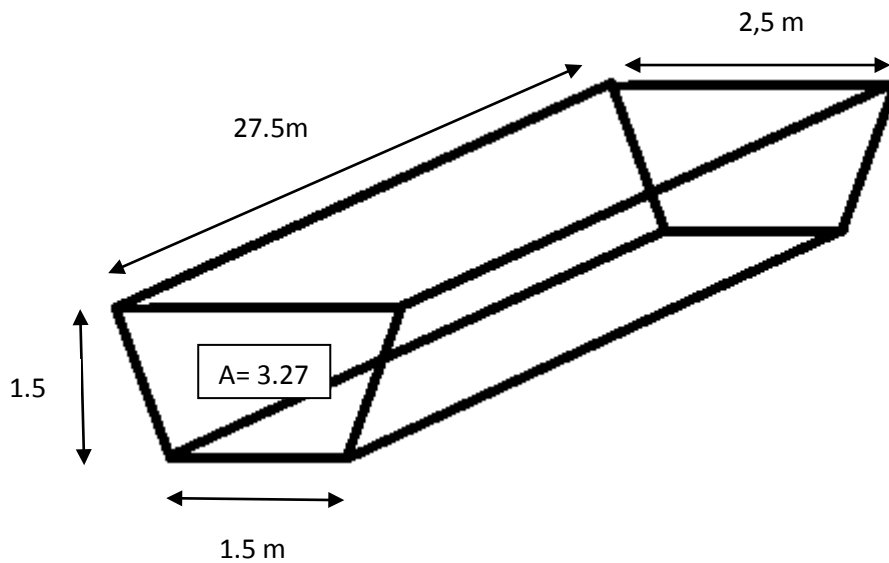
4.2.7 Determinación de la producción de biol

Conforme lo indicado anteriormente el 92% de 164.700 m³ pertenece a los líquidos, esto corresponde a 151.524 m³ de biol producidos a los 30,5 días de biodigestión.

4.2.8 Diseño de la fosa del biodigestor

Hay que anotar que cada una de las unidades de biodigestión será colocada parcialmente dentro de unas fosas construidas especialmente para este caso, conforme se muestran en el gráfico 4.

Grafico 4^a Fosa del biodigestor



Fuente. Autor tesis 2009

Conforme se ve en el grafico 4 cada fosa tendrá una longitud de 27,5 m (longitud del cilindro), una profundidad de 1.5 m, un ancho superior de 2.5 m y un ancho inferior de 1.5 m

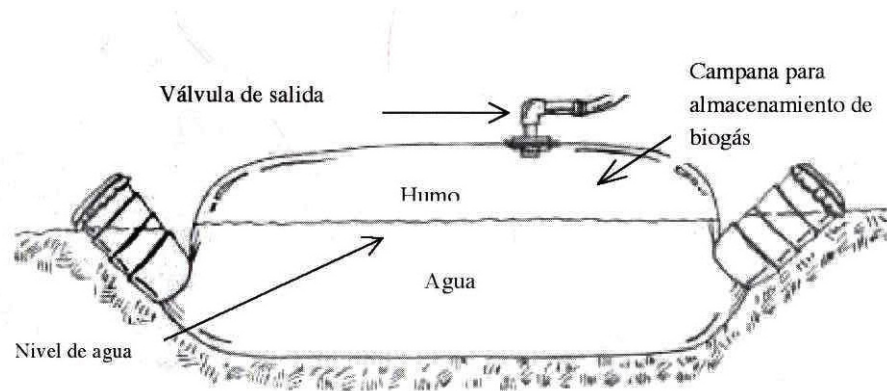
4.2.9 Diseño de la planta de biodigestión

La planta de biodigestión anaeróbica estará emplazada en los predios de la hacienda San José sector Guayllabamba. El terreno está dotado por una extensión de 1,9 hectáreas. Separado del resto de áreas de la hacienda San José mediante muros de ladrillo alrededor, para la protección del sistema (ver anexo 2), además consta de una fuente de agua para su eficiente proceso de digestión.

El área será limpiada manualmente por los operarios de la planta antes de iniciar el proceso de construcción de los biodigestores

Al introducir este sistema de biodigestión anaeróbica se evaluó algunos tipos de biodigestores, siendo así; el modelo de biodigestor que se propone en la hacienda San José similar al modelo que se muestra en el gráfico 3.

Grafico 5⁴ Esquema estructural de un biodigestor neumático de flujo semicontinuo



Fuente: Programas Granjas Integrales Comunitarias. 2000

Este sistema de biodigestión denominado: “*neumático de flujo semicontinuo*” se sustenta en un cilindro plástico de 27,5 metros de longitud por 2,5 metros de diámetro.

4.2.10 Construcción de los biodigestores

Para la construcción de los biodigestores se calcula el área, una vez calculada el área se cava la zanja. Una para el tubo de entrada y otra para el tubo de salida.

El tubo de entrada debe estar por encima del tanque por lo menos unos 70 centímetros. El tubo de salida se debe cavar a un ángulo de 30° con la zanja entrando el tanque no por debajo de 30 centímetros desde la cima del hueco de 1.5 metros. También, con el tubo de salida, hay que dejar un pedazo de tubo que va 40 centímetros sobre el nivel del tanque para ser cortado más tarde ajustar el nivel del líquido dentro del tanque.

Se coloca el plástico tubular en el fondo y se procede a conectar el plástico negro en los extremos del largo del plástico, dejando los

extremos del ancho libres; para colocar las tuberías de entrada y salida de material.

Al tener listo el cilindro, se procede a añadir los materiales biodegradables por un extremo. A continuación se sella con plástico negro la entrada y salida de material al biodigestor

Para un óptimo funcionamiento del biodigestor se procede a llenar el biodigestor con gas procedente de un vehículo, dicho gas inflará el plástico tubular para iniciar el proceso de biodigestión, este mecanismo se llevará a cabo conectando un pedazo de manguera al tubo de escape de un vehículo por un extremo y el otro extremo de la manguera se introducirá en el biodigestor permitiendo el ingreso del gas hacia el plástico tubular.

Al llenar hasta su límite el cilindro de biodigestión se verifica que no exista ninguna grieta en el plástico y que el material dentro del mismo no se salga por ningún lado.

Este proceso se llevará a cabo diariamente almacenando el material por el lapso de 30,5 días.

Después se construye el resto de fosas dejando un área de 5 m entre fosa y fosa para la correcta operación.

La alimentación de cada cilindro se lo hace equitativamente, esto quiere decir; se agrega a cada biodigestor la cantidad de 3.56 m^3 /día. Este proceso se lo lleva por 30,5 días, al culminar el periodo se descarga el biodigestor en la fosa de almacenamiento de biofertilizantes.

Diámetro del cilindro

Podemos encontrar que la longitud del plástico es de 27.5 m teniendo un diámetro de 2.5 m para ingresar el volumen requerido por cada biodigestor.

Válvulas de seguridad y válvula de salida de gas

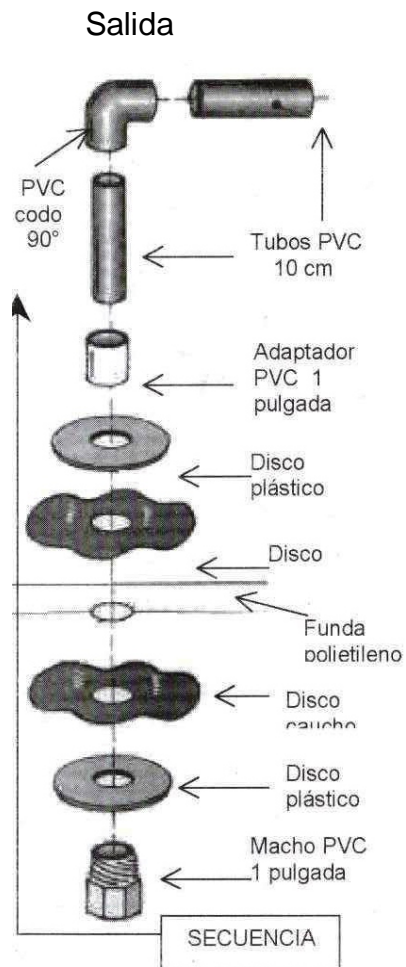
Las válvulas descritas a continuación se caracterizan por su bajo costo de construcción y su eficiente desempeño en la extracción de gas proveniente del biodigestor con procesos anaeróbico.

Válvula de Salida

1. Se hace un orificio de 1 pulgada a 4 metros del extremo de la bolsa doble.
2. Se introduce la rosca de PVC en el orificio.
3. Entre la rosca y el plástico se coloca el disco de plástico y un corte del tubo de neumático.
4. Se coloca otro empaque de neumático, un disco de plástico y el adaptador.
5. Se coloca un tubo de PVC de 10cm, el codo y un segundo tubo de PVC de 1 pulgada.
6. Se hace pasar los extremos por los tubos de cementos de 1 metro de largo

Como se puede observar en el gráfico 5 la secuencia y los materiales que se necesitan para la construcción de la válvula de salida de una manera económica para su implementación.

Grafico 5⁴ Secuencia de construcción de la válvula de



Fuente: Programa granjas integrales comunitarias. Municipio de Quito 2001

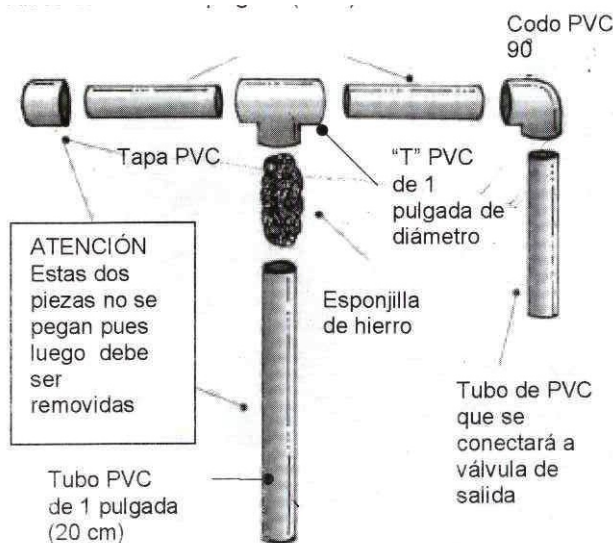
Válvula de Seguridad

1. Esta válvula se sumerge en la poma con agua de 1 galón y se amarra a un poste de madera a un costado de la válvula de salida.
2. Se conecta la válvula de salida y de seguridad por medio de la manguera plástica
3. Se amarra con correas de caucho un extremo de la bolsa de plástico y por el otro extremo se introduce una manguera conectada a una fuente de humo

(vehículo), se sella y se espera que el plástico se llene de humo la bolsa.

4. Después se introduce agua por la manguera en el biodigestor hasta el nivel de los baldes

Grafico 6⁴. Secuencia de construcción de la válvula de Seguridad



Fuente: Programa granjas integrales comunitarias. Municipio de Quito 2001

Cubierta plástica de color negro

La cubierta plástica de color negro para la protección del biodigestor servirá para evitar que factores ambientales como la lluvia ingresen a los alrededores del biodigestor, perjudicando el correcto proceso de degradación anaeróbica, esto debido al constante nivel de temperatura que se debe mantener en el biodigestor para que el sistema sea eficiente. Al colocar el plástico de color negro generamos la absorción de calor, que se almacena en el área del biodigestor aumentando la rapidez de degradación de los materiales que se encuentran dentro del digestor.

Fosas de alojamiento de materiales provenientes de los cilindros

Las fosas de alojamiento de los biofertilizante, tiene por objeto; recolectar el biol y biosol segregado por el proceso de digestión anaeróbica que ocurrió en los cilindros, dichos materiales se dividen en sólidos (biosol) y líquidos (biol), en recipientes plásticos , para colocarlos en los huertos que tiene el DMQ en los asentamientos de la hacienda San José. Este proceso se llevara a cabo con la colaboración de los operarios de las plantas de biodigestores en conjunto con los operarios de los huertos del DMQ.

Sistema de quemadores de gases

Después de 30 días de instalación se conecta el extremo de la válvula de seguridad que estaba con el tapón a la válvula de salida. A continuación retiramos el tapón de la válvula de seguridad con la válvula de salida, todo este sistema se conecta mediante tubería de presión de PVC desde el biodigestor hacia la cocina que estará ubicada a 100m de los biodigestores.

En la cocina se implementa un sistema de conexión con tubos para la cocinar en el fogón la comida destinada a los operarios de la planta de biodigestión.

Como se puede observar la foto 4 se tiene construido el sistema en la cocina para hacer uso del gas proveniente de los biodigestores.

Foto 4⁴

Sistemas de quemadores del gas provenientes del biodigestor



Fuente. www.ruralcostarica.com/biodigestor-2.html

4.2.11 Implementación del sistema de biodigestor

Emplazamiento de las infraestructuras

La planta de biodigestión debe de estar cerca de los criaderos de animales y de los sembríos (ver anexo 2), dichos procesos se pueden incluir en la hacienda San José en el transcurso del tiempo.

División de la superficie del terreno para la construcción de los cilindros de biodigestión

- El área del terreno es de 1.9 hectáreas para la implementación del sistema.
- Para la instalación de los 6 biodigestores se requiere un área de 205 m².

La longitud del área de emplazamiento de es de 30m. Como se puede observar en el anexo 5

Fuentes de agua y energía eléctrica

Como se puede observar en el anexo 2. El área de trabajo en donde se van a implementar los biodigestores tiene su propia fuente de agua, ya que la hacienda posee un reservorio con el cual podemos iniciar la construcción de los biodigestores.

El agua será llevada desde el reservorio al lugar de almacenaje dentro del área de implementación de los digestores mediante mangueras conectadas desde el reservorio, la distancia que existe desde el reservorio hasta la planta de biodigestión anaeróbica es de 50 metros el cual es beneficioso para el proceso ya que no se requiere de bombas para la transportación de agua. El agua será transportada por gravedad hacia los biodigestores.

En la hacienda San José podemos encontrar conexiones para la energía eléctrica en todas las áreas dentro de la hacienda.

Fuentes de los RSBs

Los residuos serán provistos por el municipio cuando el municipio haya implementado dentro de Guayllabamba un sistema diferenciado de recolección.

Protección de los biodigestores

Se construirá para cada unidad un techo de protección plástico para cada biodigestor, dicha techo estará compuesta de plástico negro, con un área de cobertura de 120 m, que aportará con la protección de los cilindros de factores ambientales.

Otro aporte del techo plástico negro es que concentrará el calor en el área, actuando como cuerpo negro, lo que aportará suficiente temperatura al sistema para la rápida degradación de material dentro del biodigestor.

Disposición final de los productos

El gas metano: Este será direccionado para los quemadores que se encontraran en la cocina de la planta donde se atenderá las demandas de alimentación de 20 personas.

El biol: Este será colocado en canecas para su posterior despacho al mercado de insumos agrícolas local.

El biosol: Será colocado en áreas de secado natural para la evaporación de líquidos, posterior a estos proceso se lo empacara para su posterior despacho dentro del mercado de insumos agrícolas locales.

Mantenimiento de lo biodigestores

Para el mantenimiento de los biodigestores se procede a utilizar en caso de ruptura del plástico tubular, caucho negro procedente de los tubos de llantas para colocar en la fuga. Este procede se lleva a cabo con pega para caucho.

También se debe revisar periódicamente la tubería y las conexiones para evitar una fuga de biogás, ya que este biogás es inflamable pudiendo causar serios daños al sistema y a los operarios de la planta.

4.2.12 Materiales para la construcción de los biodigestores

Tabla 9⁴
Materiales para los biodigestores

PRESUPUESTO GENERAL PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE BIODIGESTIÓN ANAERÓBICOS DE GUAYLLABAMBA				
COSTOS DIRECTOS				
RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
Fase 1 Materiales de construcción de los cilindros				
Plástico negro, 5m circunferencia	M	200	9	1800
Tubería de cemento de 1m largo y 16 pulgadas diámetro	M	14	28	392
Adaptador macho de PVC de 1 pulgada de diámetro	Plg	10	1	10
Manguera plástica transparente 2,5m largo, 1 1/4 pulgadas de diámetro	M	17.5	4	70
Adaptador hembra de 1 pulgada de diámetro	Plg	10	1	10
Codos de PVC de 90 grados y 1 pulgada de diámetro	Plg	20	1	20
Tubería de presión de PVC de una pulgada	Plg	10	2	20
Tapón liso de PVC de 1 pulgada	Plg	10	1	10
Disco redondo de plástico de 20-15cm de diámetro con orificio central 1 pulgada	Plg	10	1	10
Poma de 1 galón de capacidad transparente		10	1	10
Tubos de neumáticos usados				
Pedazo de 50cm de tubería galvanizada de 1 pulgada de diámetro	Plg	10	2	20
Manguera plástica, 1m	M	10	3	30
Pega para tubos PVC		10	4	40
Picadora de 2HP, para triturar RSBDs		1	2000	2000
Carretillas		10	24	240
Palas		10	15	150
sacos de cemento 50 kilos	Kg	140	8	1120
Fase 2: Protección de los biodigestores				0

Plástico negro para el techo del biodigestor	M	250	9	2250
Palos para el levantamiento de la fachada	M	100	4	400
Fase 4: Construcción del quemador				0
tubos de presión 150m de PVC de 1 pulgada (direccionar el gas desde el biodigestor hacia la cocina)	M	200	2	400
Codos de PVC de 90 grados y 1 pulgada de diámetro (construcción de la tubería de entrada hacia la cocina)	Plg	4	1	4
válvula de presión de 1 plg (regula la presión de gas que ingresa al quemador)	Plg	4	5	20
Cocinetas de 4 quemadores		4	80	320
Tubería galvanizada de 1 plg (conexión hacia el quemador)	Plg	4	8	32
TOTAL COSTOS				9378

Fuente: Autor tesis 2009

Como podemos observar en la tabla 9 los materiales para la construcción de un los biodigestores son de fácil acceso y uso, lo que facilita la implementación del sistema

4.3 Presupuesto de los sistemas

4.3.1 Análisis de costo/ beneficio operativo del sistema de biodigestion aeróbico (Compostaje)

Tabla 10⁴

PRESUPUESTO GENERAL PARA LA CONSTRUCCION Y OPERACION DEL SISTEMA DE BIODIGESTION AEROBICO DE GUAYLLABAMBA				
COSTOS DIRECTOS				
RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
Fase 1: Materiales de construcción para las pilas				
Nivelacion del terreno	M	40 personas	6	240
Tubos PVC de 3 plg agujerada	M	1000	3	3000
Contruccion de zanjas	M	40 personas	6	240
Fase 2. Materiales para el manejo de las pilas de compost				0
Manguera plástica	M	200	3	600
Carretillas		20	24	480
Picadores		50	15	750
Rastrillos		50	13	650
Palas		10	15	150
Fase 3: Protección de los biodigestores				0
Plástico negro para el techo de la pila de compostaje	M	500	9	4500
Palos para el levantamiento de la fachada	M	1000	4	4000
TOTAL COSTOS DIRECTOS				14610

4.3.1.1 Costos indirectos

En la siguiente tabla constan los costos indirectos que tiene el proceso de implementación del sistema de compostaje

Tabla 11⁴

COSTOS INDIRECTOS / AÑO				
COSTOS INDIRECTOS	# PERSONAS	# MESES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Dirección y supervisión de obra año	1	12	500	6000
Supervisor	1	12	350	4200
Operarios directos de la planta	1	12	240	2880
# de operarios en la planta	40		2880	115200
Imprevistos y mantenimiento		12	200	2400
TOTAL COSTOS INDIRECTOS				130680
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 20 AÑOS		20	130680	2613600

4.3.1.2 Costos indirectos. Equipos de protección personal

Como se puede apreciar en el siguiente cuadro, tenemos los costos de los equipos de protección personal

Tabla 12⁴

COSTOS INDIRECTOS / AÑO			
Equipo de protección personal	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Botas de caucho	80	15	1200
Mascaras de protección	80	4	320
Guantes de goma	80	4	320
TOTAL			1,380
TOTAL COSTO EQUIPO PERSONAL 20 AÑOS	20	1380	27600

Como podemos observar el costo total de la implementación del sistema de biodigestión anaeróbica (compostaje) es de **\$2'655.810.00**

4.3.2 Análisis de costo / beneficio operativo del sistema de biodigestión anaeróbica (Biodigestor)

Tabla 13⁴

PRESUPUESTO GENERAL PARA LA CONSTRUCCION Y OPERACION DE LOS SIETMAS DE BIODIGESTION ANAEROBICOS DE GUYALLABAMBA				
COSTOS DIRECTOS				
RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
Fase 1: Preparación de terrenos (operarios)				
Limpieza de terreno	m2	420	1	420
Cavado de fosas para biodigestores (pagos)	m3	242.79	6.7	1618.6
Fase 2: Materiales de construcción de los cilindros				
Plástico negro, 5m circunferencia	m	200	9	1800
Tubería de cemento de 1m largo y 16 pulgadas diámetro	m	14	28	392
Adaptador macho de PVC de 1 pulgada de diámetro	plg	10	1	10
Manguera plástica transparente 2,5m largo, 1 1/4 pulgadas de diámetro	m	17.5	4	70
Adaptador hembra de 1 pulgada de diámetro	plg	10	1	10
Codos de PVC de 90 grados y 1 pulgada de diámetro	plg	20	1	20
Tubería de presión de PVC de una pulgada	plg	10	2	20
Tapón liso de PVC de 1 pulgada	plg	10	1	10
Disco redondo de plástico de 20-15cm de diámetro con orificio central 1 pulgada	plg	10	1	10
Poma de 1 galón de capacidad trasparente		10	1	10
Tubos de neumáticos usados				
Pedazo de 50cm de tubería galvanizada de 1 pulgada de diámetro	plg	10	2	20
Manguera plástica , 1m	m	10	3	30
Pega para tubos PVC		10	4	40
Picadora de 2HP, para triturar RSBDs		1	2000	2000
Carretillas		10	24	240
Palas		10	15	150
sacos de cemento 50 kilos	Kg.	140	8	1120

Fase 3: Protección de los biodigestores				
Plástico negro para el techo del biodigestor	m	250	9	2250
Palos para el levantamiento de la fachada	m	100	4	400
Fase 4: Construcción del quemador				
tubos de presión 150m de PVC de 1 pulgada (direccionar el gas desde el biodigestor hacia la cocina)	m	200	2	400
Codos de PVC de 90 grados y 1 pulgada de diámetro (construcción de la tubería de entrada hacia la cocina)	plg	4	1	4
válvula de presión de 1 plg (regula la presión de gas que ingresa al quemador)	plg	4	5	20
Cocinetas de 4 quemadores		4	80	320
Tubería galvanizada de 1 plg (conexión hacia el quemador)	plg	4	8	32
TOTAL COSTOS DIRECTOS				11416.6

4.3.2.1 Costos indirectos

En la siguiente tabla constan los costos indirectos que tiene el proceso de implementación de digestores anaeróbicos

Tabla 14⁴
Costos indirectos

COSTOS INDIRECTOS /AÑO				
COSTOS INDIRECTOS	# PERSONAS	# MESES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Dirección y supervisión de obra año	1	12	500	6000
Supervisor	1	12	350	4200
Operarios directos de la planta	1	12	240	2880
# de operarios en la planta	40		2880	115200
Imprevistos y mantenimiento		12	200	2400
TOTAL COSTOS INDIRECTOS				
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 20 AÑOS		20	130680	2613600

4.3.2.2 Costos indirectos. Equipos de protección personal

Como se puede apreciar en el siguiente cuadro, tenemos los costos de los equipos de protección personal

Tabla 15⁴

COSTOS INDIRECTOS			
Equipo de protección personal	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Botas de caucho	40	15	900
Mascaras de protección	40	4	240
Guantes de goma	40	4	240
TOTAL			1,380
TOTAL COSTOS EQUIPO PERSONAL 20 AÑOS	20	1380	27600

Como podemos observar el costo total de la implementación del sistema de biodigestión anaeróbica (Biodigestor) es de **\$2'652616.6**

4.4 Análisis FODA del los sistemas establecidos

En este sistema FODA se estable las características de cada alternativa. Después se hace la selección del sistema más optimo para la instalación en la hacienda da San José Sector Guayllabamba.

4.4.1 Análisis FODA para el sistema de compostaje

Fortalezas

- Este sistema es de fácil manejo, no se necesitan mayores recursos técnicos.
- Disminuye la generación de vectores donde se almacenan los residuos
- Se generan subproductos como el compost que sirve como abono y fertilizante.
- La vida útil del sistema es de 20 años.
- Mejora la calidad del suelo por los nutrientes que el compost ofrece

- El compostaje con sistema de aireación genera una cantidad mínima de lixiviados. Los cuales se reintegran al sistema para mejorar la eficiencia de descomposición
- Reducción de volúmenes de materia orgánica destinadas a las estaciones de transferencia

Oportunidades

- El sistema se lo puede replicar en cualquier otra comunidad fácilmente.
- Generación de plazas de trabajo por la mano de obra requerida.

Debilidades

- El tiempo de degradación de los residuos es a mediano plazo
- La temperatura y humedad del sistema deben mantenerse constantes y estables, pero provoca que el sistema sea vulnerable

Amenazas

- Condiciones climáticas adversas
- Recurso humano insuficiente
- Pobre clasificación de los RSBDs en la parroquia de Guayllabamba

4.4.2 Análisis FODA para el sistema de biodigestor

Fortalezas:

- Es menor el costo de implementación y manejo que el sistema de digestión aeróbica
- Generación de biofertilizantes, como son el biol y biosol que sirve como fertilizantes para mejorar la calidad del suelo y de sembríos
- Disminuye la cantidad de gases emanados al atmósfera, reduciendo el porcentaje de gases que aportan al calentamiento global
- Este sistema evita el consumo del gas derivado del petróleo GLP dentro de la Hacienda San José, al utilizarlo en la cocina como fuente

de energía contribuyendo a la disminución del uso de energía no renovable

- Obtención de abono y fertilizante en corto plazo, ya que el tiempo de retención es menor que el sistema aeróbico
- Implementación de sistemas alternativos para disminuir la contaminación ambiental
- Creación de un sistema sostenible y cíclico en el área del proyecto
- El tiempo de retención dentro del sistema de los RSBDs es menor y más efectivo que el sistema de biodigestión aeróbico

Oportunidades

- Implementación de mecanismos no tradicionales para la biodigestión de RSBDs en el área de Guayllabamba
- Concientizar a la comunidad sobre nuevos mecanismos para la obtención de abonos y fertilizantes naturales.

Debilidades

- Se requiere de mayor atención al proceso y mayor control en los parámetros internos y externos del sistema

Amenazas

- Recurso humano insuficiente

4.4.3 Tabla comparativa de los sistemas propuestos

En la siguiente tabla se describe las diferencias entre el sistema de descomposición aerobia y el sistema de descomposición anaeróbica

Tabla 16⁴

Tabla comparativa

TABLA COMPARATIVA ENTRE LOS SISTEMAS PROPUESTOS	
PILAS DE COMPOSTAJE	BIODIGESTORES
Sistema no tecnificado	Sistema tecnificado
La construcción de las pilas de compostaje es de fácil aplicación	La construcción de los biodigestores es compleja debido a las etapas de la implementación y materiales a utilizarse
Fácil manejo de la planta en el proceso de descomposición de RSBDs	complejo manejo de la planta en el proceso de descomposición de RSBDs
Menor control en el proceso de descomposición de los RSBDs	Mayor control en el proceso de descomposición de los RSBDs
En el compostaje solo se obtiene compost y poca cantidad de lixiviados, dichos lixiviados se reintegran a la pilas compostera para mejorar su efectividad en el proceso de degradación de RSBDs	En el proceso de los biodigestores se obtiene biol y biosol producto de la descomposición de los RSBDs, los cuales sirven para mejorar la calidad del suelo y la calidad de productos que se obtienen de los cultivos.
El costo de implementación del sistema de compostaje es relativamente mayor	El costo de implementación del sistema de biodigestores es relativamente menor

Fuente. Autor tesis 2009

Capítulo V

5 Resultados

Según el análisis costo- beneficio de los sistemas de biodigestion propuestos en este proyecto, se estableció que el sistema apropiado para desarrollarse en la hacienda San José es el sistema de biodigestion anaerobia, ya que; es un sistema optimo para el volumen de material que se genera en la parroquia de Guayllabamba y se requiere de menos espacio físico para su instalación y manejo.

También se puede analizar que el sistema de biodigestion anaerobia en el presupuesto, el costo es menor en comparación con el sistema de biodigestion aeróbica.

Ya que el objetivo de este proyecto es implementar un sistema optimo de biodigestion e incluir a personas que se encuentran dentro del proceso de rehabilitación pertenecientes al CONSEP se denota que esta entidad proporciona el personal para el manejo del sistema, así; se cubre con la capacidad de personal requerido para el proceso de biodigestion anaeróbica.

5.1 Capacitación a la personas en estado de pre libertad sobre el manejo RSBDs

Se lograra obtener en la parroquia de Guayllabamba la introducción de un sistema de biodigestion anaerobia en el cual las personas pertenecientes al proyecto se capacitaran, teniendo como objetivo principal la Atención Primaria Ambiental en RSBDs, para esto; se impulsara el modelo de proceso de biodigestion anaerobia para futuros usos, este proceso se podrá implementar en la comunidad.

Se estima que el 100% de los integrantes de la hacienda San José, quienes pertenecen al programa de rehabilitación impartida por el CONSEP, concienticen conceptos de prevención y control de factores que puedan dañar el medio ambiente y su interrelación con el hombre.

Esta capacitación se lo hará en función de capacitar a los integrantes sobre los mecanismos y riesgos que intervienen en estos procesos, con el fin de que estos integrantes generen conocimientos básicos , y a la vez; distribuyan dicho conocimiento a personas ajenas al proyecto, impartiendo conocimiento y generando conciencia a la comunidad.

5.2 Reducción de contaminantes al medio ambiente

Se lograra reducir las emanaciones del gas metano a la atmosfera dentro de la hacienda San José, al recibir y procesar el 100% de los RSBDs que se generan en la parroquia de Guayllabamba.

Los subproductos que provienen de la degradación de materia orgánica mediante procesos anaeróbicos (biol y biosol), se utilizara en beneficio de los suelos y sembríos. Pudiendo aplicar estos productos dentro de la hacienda San José, como fuera de ella.

Al obtener dichos subproductos se podrá implementar un sistema de almacenamiento, confinamiento y empacamiento en recipientes de estos subproductos, para poder vender en el mercado con la denominación de biofertilizante. Este producto servirá para el uso en los suelos y sembríos en forma de abono y fertilizante dentro de la parroquia de Guayllabamba.

Al introducir estos productos al mercado, se podrá optar entre los fertilizantes químicos y los fertilizantes orgánicos.

5.3 Manual de manejo de la planta de biodigestión anaeróbica y aeróbica

El manual para el sistema de biodigestion anaeróbico que se genera en este proyecto se puede revisar en el anexo 5

Capítulo VI

6. Sustentabilidad del proyecto

6.1 Sustentabilidad Social

En la Hacienda San José se impulsa un proyecto de rehabilitación social, dirigido por el Consejo Nacional de control de Sustancias Estupefacientes y Psicotrópicas CONSEP. Dicho proyecto incluye personas que se encuentran en estado de pre libertad, estas personas bajo una normativa establecida por el CONSEP tienen la oportunidad de pertenecer a los proyectos sociales que esta institución otorga a las personas que se encuentran en el estado de prelibertad.

Basándose en lo escrito anteriormente, se presenta la oportunidad de ingresar este proyecto que está dirigido a la Atención Primaria Ambiental al CONSEP para su aprobación. Así, poder contar con el personal adecuado para la implementación del sistema aeróbicos (compostaje) o anaeróbico (biodigestores) que este proyecto describe.

Al obtener el personal destinado al proyecto en APA se logra concientizar y a la vez capacitar a las personal acerca de lo importante que es el cuidado del medio ambiente y sus componentes. Y mantener en tiempo los mecanismos implantados en la hacienda San José, dejando como constancia que las personas involucradas en este proyecto son las que manejaran los sistemas por el periodo establecido del proyecto.

6.2 Sustentabilidad técnica

Este proyecto está desarrollado bajo estudios claves para su eficiente funcionamiento. Tomando en cuenta que los materiales son de calidad y de bajo costo. También se estableció parámetros de mantenimiento en cada planta de digestión dentro del sistema anaerobio como aeróbico.

Se obtiene a la vez garantías de los productos comprados, ya que en caso de mal funcionamiento se pueda adquirir otros materiales.

El personal estará altamente capacitado para poder instalar y manejar el sistema aeróbico y anaeróbico dentro de la hacienda San José. También el proyecto esta creado para mantener el sistema durante el periodo establecido.

6.3 Sustentabilidad Económica

El Consejo Nacional de control de Sustancias Estupefacientes y Psicotrópicas CONSEP en conjunto con el Municipio Metropolitano de Quito, establecen convenios para la elaboración y ejecución de proyectos de carácter social y medio ambiental

El CONSEP en conjunto con el DMQ aportaran con un porcentaje de presupuesto para la elaboración y ejecución de los proyectos, a la vez; solicitan a las entidades gubernamentales como la Secretaria de Medio Ambiente, EMAAP, donaciones para conseguir el 100% del presupuesto y poder ejecutar los proyectos seleccionados por el Departamento de Planificación y Desarrollo de Proyectos del DMQ.

Con la implementación del proyecto se creará un sustento básico para el desarrollo interno de la producción, fomentando el sistema de recirculación de subproductos, sus usos y beneficios; contemplando la capacitación periódica que los colaboradores dentro del sector van a obtener en el transcurso del proyecto. Además se generarán fuentes de trabajo, disminuyendo así el desempleo que registra este sector por la ausencia de plazas de trabajo que existe en Guayllabamba.

Capítulo VII

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

1. La implementación del sistema de biodigestión anaeróbica (biodigestor) permite a la población de Guayllabamba la gestión sostenible de la totalidad de los RSBD producidos en este lugar, mitigando todos los posibles impactos ambientales y de salud pública que estos podrían generar dentro de un botadero de basuras o “relleno sanitario”.
2. La implementación del sistema de biodigestión anaeróbica (biodigestores) permite el desarrollo de otros Modelos de Desarrollo Limpio, como son: la producción de biogás, bioles y biosoles, subproductos utilizables como fuentes de energías convencionales y como biofertilizante.
3. Otro beneficio de la implementación del sistema de biodigestión anaeróbica (biodigestores), es la inclusión de un grupo social relegado, constituido por 40 personas (mujeres) dentro de las actividades operativas del sistema; lo que permitirá la recuperación y desenvolvimiento de estas personas en la sociedad.
4. Al establecer el sistema de biodigestión anaeróbica se requiera del apoyo de la empresa Municipal de la parroquia de Guayllabamba dentro de los procesos de suministro planificado de los RSBDs para poder obtener la materia prima del sistema de biodigestores.

5. El sistema de biodigestión anaeróbica requiere de constante mano de obra enfocándose en el progreso y aumento de producción. Para este proceso se requiere de la colaboración del CONCEP y de la Junta Parroquial de Guayllabamba.
6. El modelo del sistema de biodigestión anaeróbica es un proyecto piloto, cuyas características son replicables pudiendo introducir este modelo en vario escenarios dentro y fuera de la parroquia de Guayllabamba.
7. Siguiendo los lineamientos de este proyecto, los objetivos planteados se cumplen en su totalidad y se validan las hipótesis como tesis verdadera.

7.2 Recomendaciones

1. Se debe encontrar mecanismos aptos para el almacenamiento de gas proveniente de los biodigestores en tanques, los cuales permitirán retener el biogás procedente de la biodigestion y establecer parámetros de distribución de dicho gas mediante tuberías que provienen de los tanques de biogás a los hogares dentro de la parroquia de Guayllabamba de los RSBDs.
2. Se deberá hacer los estudios pertinentes para la implementación del sistema de gas metano por tuberías para hacer uso del mismo en los hogares de la parroquia de Guayllabamba.
3. Se debe buscar un sistema para la venta de gas metano, biol y biosol que se genere en los biodigestores dentro de la hacienda San José para beneficio de la comunidad.

4. Para el correcto funcionamiento de la planta de biodigestión, el Municipio de Quito en conjunto con la junta parroquial de Guayllabamba deberán establecer sistemas adecuados de separación in-situ de RSBDs dentro de cada vivienda. Dicho sistema debe constar en capacitaciones a la comunidad acerca de lo importante que es la clasificación almacenamiento y disposición final de los RSDs, principalmente los RSBDs que, en nuestro sistema, es la materia prima del proceso de digestión anaeróbica.

5. La Universidad de las Américas deberá de proponer estudios de investigación para implementar un sistema de biodigestión anaeróbica, dicho estudios ayudara a los estudiantes a obtener conceptos claros de un proceso anaeróbico experimental.

6. Al implementar este sistema se lograra obtener datos reales de combustión de gas y porcentaje de biofertilizante que se pueden generar en el sistema, así, ayudando al estudiante a analizar los resultados y mejorar el sistema implementado con otros métodos investigativos.

Bibliografía

1. **Bustos Fernando.** “Guías de Buenas Prácticas Ambientales”. SUR Editores. Quito 2005
2. **CERISOLA.** “Lecciones de Agricultura Biológica”
Ed. Mundi-Prensa. Madrid C.I. 1989
3. **“Constitución de la Republica del Ecuador”**
4. **Del Val, Alfonso.** “El Libro del Reciclaje” Madrid1997
5. **Distrito Metropolitano de Quito** “Plan de desarrollo participativo” 2002-2012
6. **Distrito Metropolitano de Quito** “Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos”, 2003
7. **Distrito Metropolitano de Quito** “Guía de Arquitectura Ciudad de Quito”, Sevilla, 2004
8. **Francisco José Colomer Mendoza.** “Tratamiento y gestión de Residuos Sólidos”, Limusa, 2007
9. **Fondo semilla en tierra fértil** “Programa granjas integrales comunitarias”, 2001-2002
10. **Fundación Hábitat** “Biodigestores una alternativa a la autosuficiencia energética y de biofertilizante” 2005
11. **Gerard Kiely.** Ingeniería Ambiental “Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión” 2001
12. **Gobierno provincial de pichincha,** “Residuos Sólidos” Pedro Jorge Vera-CCE 2004
13. **Ilustre Municipalidad de Loja** “Proyecto de Gerencia Integral de Desechos Sólidos”
14. **INECEL (instituto ecuatoriano de electrificación),** “La energía para el sector rural ecuador”, 1977

15. **Ministerio de electricidad y energía,** "Manual para todos", 2008
16. **Olade (instituto de investigaciones eléctricas)** "Manual para el promotor de la tecnología" 1994
17. **OPS.** "Análisis Sectorial de Residuos Sólidos. Ecuador" División de Salud y Ambiente 2002.
18. **R. Cerda, C.Cúneo.** "Atención Primaria Ambiental-APA" OPS (División de Salud y Ambiente- Programa de Calidad Ambiental). Washington DC. 1998.
19. **Roben E.** EL RECICLAJE: "Oportunidades Para Reducir la Generación de los Desechos Sólidos y Reintegrar Materiales Recuperables en el Círculo Económico". Municipio de Loja/DED (Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica), Loja. 2003.
20. **Sandra Aparcana Robles,** "Estudios sobre el valor fertilizante de los productos del proceso "fermentación anaeróbica" para producción de biogás". 2008
21. **Tomás R. Alcoverro Pedrola** "Departamento de Protección Vegetal. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias", 2007
22. www.wikipedia.org. Manejo de biodigestores
23. www.quito.gov.ec, Diagnostico sociales en la parroquia de Guayllabamba
24. www.explored.com.ec/noticias-ecuador/problemas-para-recoger-110-toneladas-de-basura- Problemas de recolección de basura en el Distrito Metropolitano de Quito
25. www.obras.unam.mx/cecolg/composta_intr_a.html (Plan de composta UNAM, Dirección general de obras y conservación)
26. www.diariocorreo.com.ec/.../colapsa-botadero-de-basura-municipal. (CORREO, el diario de todos, colapso de botaderos de basura municipal, 2007)

ANEXOS

Anexo 1. Mapa catastral de la hacienda San José

Anexo 2. Fotos de la hacienda San José

Foto 1.

Ingreso a la hacienda San José



FUENTE. Autor tesis 2009

Foto 2

Ingreso al área donde se va a implementar los biodigestores



FUENTE. Autor tesis 2009

Foto 3.

Área de implementación de los biodigestores



FUENTE. Autor tesis 2009

Foto 4.

Fuente de agua permanente



FUENTE. Autor tesis 2009

Foto 5.

Huertos dentro de la hacienda San José cerca de la planta de biodigestión



FUENTE. Autor tesis 2009

Foto 6.

Huertos pertenecientes al Municipio de Quito



FUENTE. Autor tesis 2009

Anexo 3. Análisis de laboratorio para determinar el peso específico de la materia orgánica

Foto 1.

Trituración de Materia Orgánica



FUENTE. Autor tesis 2009

Foto 2.

Proceso de trituración de materia orgánica para determinar el peso específico



FUENTE. Autor tesis 2009

Foto 3.
Material triturado



FUENTE. Autor tesis 2009

Foto 4.
Pesar el RSBDs



FUENTE. Autor tesis 2009

Foto 5.

Selección de cantidad de relación RSBDs/LIQUIDO



FUENTE. Autor tesis 2009

Anexo 4. Implementación de las camas para el sistema de biodigestión aeróbica

Anexo 5. División de la superficie para la construcción de los biodigestores

Anexo 6. Manual de manejo de la planta de biodigestion anaeróbica