

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y
FORESTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE**



**UTILIZACIÓN DE UN BIODIGESTOR DE TIPO MANGA PARA
GENERAR ENERGÍA LIMPIA (BIOGÁS) Y ABONO ORGÁNICO
CON UN MANEJO Y APROVECHAMIENTO DEL ESTIÉRCOL
DE GANADO VACUNO EN LA PROPIEDAD LA ESPERANZA,
COMUNIDAD SAN ANDRÉS**

POR:

MARIELA ORTIZ VACA

**Tesis presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para
optar el grado de académico de Licenciatura en Ingeniería en Medio
Ambiente**

**ABRIL DE 2019
TARIJA –BOLIVIA**

DEDICATORIA:

Yo Mariela Ortiz Vaca dedico este trabajo, en especial a mi padre Gualberto Ortiz Zenteno y mi madre Claudina Vaca que son el pilar fundamental de mi vida, que por su gran amor y sacrificio realizado en estos años pude culminar con mi trabajo espero se sientan orgullos de mi como yo estoy de tenerlos conmigo, gracias por creer en mí.

A Freddy por brindarme todo su amor, apoyo y comprensión para salir adelante, a mi Hermano Herlan que estuvo ahí cuando lo necesité, brindándome su apoyo sin condiciones, a mi sobrina Andrea por ser un ejemplo a su corta edad de amor puro y sincero.

Y también lo dedico en memoria a una gran persona que ya no está con nosotros, mi abuela Juana Zenteno, quien fue un ejemplo para mi persona de lucha, trabajo y perseverancia hasta el final.

A mi compañera de cuatro patas Laila que de igual manera me acompañó y estuvo a mi lado regalándome sonrisas y protegiéndome.

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

Los amo con toda mi vida.

Mariela Ortiz Vaca

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a Dios por su infinito amor ya que sin el nada somos, que me dio la fortaleza para levantarme y seguir con los planes que él tiene para mí.

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

De igual manera al Ing. Juan Leaña profesor guía al Ing. Luis Lafuente, Ariel Castillo y Tito Carrazana por la paciencia que me tuvieron, brindandome su tiempo, conocimientos, y experiencias para el desarrollo y finalización de esta investigación.

Por último, agradezco a mis hermanos, mi novio Freddy, mis comadres Maribel, Vioreli y todas las personas que forman parte de mi vida, amigos y familiares, que de una u otra forma han puesto de su apoyo para la realización del presente trabajo.

PENSAMIENTOS:

“Daría todo lo que se por la mitad que ignoro”

Descartes

“El primer paso para la sabiduría es echarle la culpa a todo; el último reconciliarse con todo.”

George C. Lichtenberg.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	PÁGINA
DEDICTORIA	
PENSAMIENTO	
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
OBJETIVOS.....	4
OBJETIVO GENERAL.....	4
OBJETIVO ESPECIFICO.....	4
HIPÓTESIS.....	5
CAPITULO I.....	6
1.MARCO TEORICO.....	6
1.1. Gestión de Residuos.....	6
1.2. Estiércol.....	6
1.2. Estiércol.....	6
1.3. Estiércol Vacuno.....	6
1.4. Composición del Estiércol.....	7
1.5. Efectos del Estiércol.....	7
1.5. Efectos del Estiércol.....	8

1.6. Manejo del Estiércol.....	9
1.6.1. Sistemas de Manejo y Degradación del Estiércol.....	9
1.7. Biogás.....	10
1.7.1. Utilización del Biogás.....	11
1.7.2. Equivalencia de Biogás con otras Fuentes de Energía.....	12
1.7.3. Producción de Biogás con Respecto a la Cantidad de Estiércol y la Temperatura Ambiente.....	12
1.7.4. Sólidos Totales (ST).....	13
1.7.5. Contenido de Sólidos Volátiles (SV).....	13
1.8. Proceso de Digestión Anaeróbica.....	14
1.8.1. Hidrólisis.....	14
1.8.2. Etapa Fermentativa o Acidogénica.....	15
1.8.3. Etapa Acetogénica.....	15
1.8.4. Etapa Metanogénica.....	16
1.8.5. Comparación entre Fase Acetogénicas y Metanogénicas.....	17
1.8.6. Factores que Influyen en la Digestión Anaerobia.....	17
1.8.6.1. Tipo de Materia Prima.....	18
1.8.6.2. Temperatura del Sustrato.....	18
1.8.6.3. Tiempo de Retención (T.R.).....	19
1.8.6.4. Nivel de Acidez (pH).....	19
1.9. Historia y Evolución del Biogás en Bolivia.....	20
1.10. Biodigestor.....	20
1.10.1. Biodigestor de Tipo Manga.....	21
1.10.2. Partes Principales del Biodigestor de Polietileno.....	21
1.10.3. Instalación.....	22

1.10.4. Mantenimiento.....	22
1.11. Ventajas y desventajas del biodigestor	22
2. MARCO CONCEPTUAL.....	23
3. MARCO LEGAL.....	25
CAPÍTULO II.....	28
2. MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	28
2.1. Descripción del Área de Estudio.....	28
2.2. Características de la Población.....	30
2.2.1. Servicios Básicos.....	30
2.3. Aspectos Económicos Productivos.....	30
2.3.1. Potencial Agrícola.....	30
2.3.2. Ganadería: Potencial Lechero.....	30
2.4. Componente Biofísico.....	30
2.4.1. Características Climáticas – Estación San Andrés.....	30
2.4.1.1. Temperaturas Máximas en San Andrés.....	30
2.4.1.2. Temperaturas Mínimas San Andrés.....	32
2.4.1.3. Precipitación.....	33
2.4.1.4. Humedad Relativa.....	34
2.5. Materiales.....	35
2.6. Metodología.....	36
2.6.1. Método de análisis.....	37
2.6.2. Técnica de Recolección de Información.....	38
2.6.3. Instrumento de recogida de información.....	38
2.6.4. Estructura Metodológica	38
2.6.5. Fase de gabinete.....	38
2.6.5.1. Recopilación de Información secundaria.....	38

2.6.6. Fase de campo.....	39
2.6.6.1. Construcción de Biodigestor.....	39
2.6.6.2. Calculo de Estiércol Producido en los Corrales.....	39
2.6.6.3. Determinación del Tamaño del Biodigestor Piloto.....	39
2.6.6.4. Cálculo de Volumen de la Manga.....	39
2.6.6.5. Construcción del Biodigestor.....	42
2.6.6.6. Control de Parámetro en el Proceso de Digestión Anaerobia...	44
2.6.6.6.1. Temperatura de la Disolución.....	44
2.6.6.6.2. Tiempo de Retención del Sustrato en el Biodigestor.....	45
2.6.6.7. Estimación de la Producción de Biogás.....	46
2.6.6.8. Fase post Campo.....	46
2.6.6.8.1. Elaboración de un Manual para la utilización de Biodigestor.....	46
CAPÍTULO III.....	47
3. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	47
3.1. Descripción del Manejo de la Lechería y el Manejo del Estiércol en la Propiedad La Esperanza.....	47
3.2. Cálculo del Volumen del biodigestor (VB).....	49
3.2.1. Cálculo del Volumen que Ocupa el Sustrato y la Fase Gaseosa del Volumen Total del Biodigestor	50
3.2.2. Cálculo del Volumen de la Carga inicial del biodigestor.....	52
3.3. Resultados de la Cuantificación del Estiércol Disponible en La Propiedad La Esperanza.....	54
3.3.1. Estiércol Disponible en Vacas Corral 1 y 2.....	54
3.4. Resultados de la Construcción del Biodigestor de Tipo Manga a Escala Piloto.....	57

3.5. Control de los Parámetros.....	61
3.5.1. Control de Temperatura Ambiente.....	61
3.5.2. Tiempo de Retención del Estiércol.....	63
3.5.3. Control de pH.....	63
3.6. Estimación Producción de Biogás por la Carga Diaria.....	64
CAPÍTULO IV.....	68
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
4.1. Conclusiones.....	68
4.2. Recomendaciones.....	69
BIBLIOGRAFÍAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Composición Química del Estiércol de Ganado Vacuno.....	7
Tabla 2 Valores Aproximados de la Relación Carbono/Nitrógeno de Algunos Residuos Disponibles en el Medio Rural.....	8
Tabla 3 Características Generales del Biogás.....	11
Tabla 4 Composición Química del Biogás.....	11
Tabla 5 Equivalencias Volumétricas entre el Biogás y otros Combustibles.....	12
Tabla 6 Producción de Biogás en Relación a la Cantidad de estiércol...	12
Tabla 7 Contenido y Tipo de Materia Orgánica.....	13
Tabla 8 Comparación entre Fase Acidogénica y Metanogénico.....	17
Tabla 9 Producción de Estiércol por Especie Animal.....	18
Tabla 10 Rangos de Temperatura y Tiempos de Retención.....	19
Tabla 11 Ubicación geográfica de San Andrés.....	28
Tabla 12 Ubicación Geográfica Propiedad La Esperanza.....	28
Tabla 13 Temperaturas Máximas San Andrés.....	31
Tabla 14 Temperaturas Mínimas de San Andrés.....	32
Tabla 15 Precipitación diaria San Andrés.....	33

Tabla 16 Humedad Relativa Media Diaria en San Andrés.....	34
Tabla 17 Dimensiones del Rollo según el Ancho del Plástico.....	43
Tabla 18 Materiales para la Construcción de un Muro de Ladrillo.....	44
Tabla 19 Efectos del pH en la Biodigestión.....	45
Tabla 20 Pesos de las Novillas Corral 1.....	48
Tabla 21 Pesos de Vacas Productoras Corral 2.....	48
Tabla 22 Carga Inicial del Sustrato al Biodigestor.....	53
Tabla 23 Generación de Estiércol en el Corral 1.....	55
Tabla 24 Generación de Estiércol Diario en el Corral 2.....	55
Tabla 25 Control de Temperatura Ambiente	61
Tabla 26 Control de Ph.....	63
Tabla 27 Resultados del Biodigestor Piloto de Tipo Manga.....	65
Tabla 28 Generación de Estiércol, Biogás y Abono Orgánico para un Mes y un Año.....	66
Tabla 29 Proyección del Dimensionamiento del Biodigestor Según la Cantidad de Estiércol Generado.....	67
Tabla 30 Costos de Materia Prima.....	84
Tabla 31 Detalle de Mano de Obra	84

INDICE DE FIGURA

	Página
Figura 1 Ubicación Propiedad La Esperanza.....	29
Figura 2 Detalle del Tamaño de la Manga.....	40
Figura 3 Forma del Biodigestor y Espacios que Ocupa.....	40
Figura 4 Volumen de un Casquete.....	41
Figura 5 Esquema de Zanja para Biogás.....	43
Figura 6 Pared de la fosa	43
Figura 7 Control de Temperatura de los meses de Enero Febrero y Marzo.....	62
Figura 8 Propiedad La Esperanza.....	85
Figura 9 Corral 1 novillas.....	85
Figura 10 Corral 2 vacas Productoras.....	86
Figura 11 Sala de Ordeño.....	86
Figura 12 Área de Almacenamiento de Estiércol.....	87
Figura 13 Limpieza de Corrales.....	87
Figura 14 Lixiviados Formados por el Estiércol.....	88
Figura 15 Recolección del Estiércol.....	88
Figura 16 Selección del Lugar.....	89
Figura 17 Excavación de la Fosa.....	89
Figura 18 Adecuación de la Fosa.....	90
Figura 19 Techado de la Manga.....	91

Figura 20 Armado de la Manga.....	91
Figura 21 Ligas de Neumático.....	91
Figura 22 Colocación de pieza hembra- macho de salida de gas.....	92
Figura 23 Fijación de tubos de entrada y salida del Biodigestor	92
Figura 24 Fijación de los tubos de entrada y salida dentro de la fosa.....	93
Figura 25 Adecuación de los tubos PVC 3/4.....	93
Figura 26 Colocación de los tubos de PVC de salida de gas de la manga, el reservorio y demás materiales.....	94
Figura 27 Acondicionamiento de mezcla estiércol- agua.....	95
Figura 28 Carga de la mezcla al biodigestor.....	95
Figura 29 Control del pH.....	95
Figura 30 Prueba de Combustión.....	96

ÍNDICE DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

ST:	Solidos Totales
SV:	Solidos Volátiles
TR:	Tiempo de Retención
TRSB:	Tiempo de Retención de Solidos Biológicos
TRH:	Tiempo de Retención Hidráulica
MO:	Materia Orgánica
pH:	Nivel de acides
VL:	Volumen del Liquido
VG:	Volumen Gaseoso
V_R:	Volumen Reservorio
ACV:	Análisis Ciclo de Vida
GEI:	Gases de Efecto Invernadero
A_F:	Área de la Fosa
P:	Perímetro
Pza:	Pieza
AL:	Altura
L_L:	Lado Ancho
L_A:	Lado Ancho
N_{VP}:	Numero de Vacas disponibles en el corral
E_{PV}:	Cantidad Promedio de Estiércol generada por Vaca/día
E_{tr}:	Cantidad Total de Estiércol Generada en el corral en un día
s:	Desvió estándar
Nº:	Número total de datos
ΣX:	Sumatoria del total de datos
V_{CD}:	Volumen Carga Diaria
E_v:	Estiércol Vacuno
Kg:	Kilogramo
m:	Metro
m²:	Metro cuadrado
m³:	Metro cúbico

ℓ:	Litro
V_{FG}:	Volumen Fase Gaseosa
V_S:	Volumen del Sustrato
V_{TB}:	Volumen Total de Biodigestor
V_{CA}:	Volumen del Casquete
V_C:	Volumen del Cilindro
π:	Pi
r:	Radio
WA:	Peso Promedio Animal
E:	Cantidad total de residuo (estiércol) promedio en kilogramos. Por cada 1000kg de peso animal
NP:	Contenido Promedio de Nitrógeno en gramos por kg de sustancia
PP:	Contenido Promedio de Fosforo en gramos por kg de sustancia
KP:	Contenido Promedio de Potasio en gramos por kg de sustancia
SV/ST:	Porcentaje de Solidos Volátiles sobre Solidos Totales
PB:	Producción de Biogás
hrs:	Horas
min:	Minutos
plg:	Pulg

