



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“OBTENCIÓN DE BIOGÁS A TRAVÉS DEL TRATAMIENTO DE
RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS MUNICIPALES, BOTADERO
CUÑACALES ALTO DISTRITO BAMBAMARCA, 2017”.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

VICTOR LUIS HUAMÁN SAAVEDRA

ASESOR:

ING. CELSO NAZARIO. PURIHUAMÁN LEONARDO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

TRATAMIENTO Y GESTION DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.

CHICLAYO – PERÚ

2017

DICTAMEN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

114



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 6:00 pm. Horas del día 14 de noviembre del 2018, de acuerdo a lo dispuesto por la Resolución de Dirección de Investigación N° 2763-2018-UCV-CH, de fecha 08 de noviembre del 2018, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis titulada:

"Obtención de biogás a través del tratamiento de residuos sólidos orgánicos municipales, botadero cuñacales alto Distrito Bambamarca, 2017".

Presentado por la Bachiller: HUAMÁN SAAVEDRA, VICTOR LUIS, con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero Ambiental, ante el Jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

PRESIDENTE : Dr. John William Cajan Alcántara
SECRETARIO : Mgtr. José Modesto Vásquez Vásquez
VOCAL : Dra. Bertha Magdalena Gallo Gallo

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

APROBADO POR UNANIMIDAD

Siendo las 6:45 pm., del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del Jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 14 de noviembre del 2018


Presidente


Secretario (a)


Vocal

DEDICATORIA

A, Dios

En primer lugar, por guiarme en todo momento para ir por buen camino y poder terminar mis estudios a pesar de las adversidades que se presentaron.

A, Sonia

Mi querida esposa, por ser el sustento más importante y por demostrarme siempre su afecto su cariño y su apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

A, Florencio y Senaida

Mis queridos abuelitos, quienes con su cariño y amor incondicional me brindaron en todo momento

A, Daniel y Segunda

Mis queridos padres, quienes con sus consejos y afectos me incentivaron a tener fuerzas en mis estudios.

A, Ivan, Alex, Rosario, Mario

Mis queridos compañeros, con quienes durante cuatro años compartimos nuestras experiencias y momentos felices en los días más difíciles que se presentaron.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por darme la vida cada día y poder llegar a terminar mi estudio trazado, agradecer a mi esposa por estar en todo momento a mi lado apoyándome moralmente y económicamente en todo lo que he necesitada, que sin ella no hubiese podido llegar a cumplir mis objetivos.

Agradecer al mi asesor Celso por sus buenas enseñanzas, experiencias y consejos, para poder seguir investigando y llegar a la solución.

A la Universidad César Vallejo, por abrirme sus puertas y que durante cuatro años me ha dado la oportunidad de estudiar en esta gloriosa casa de estudio, la carrera de Ingeniería Ambiental.

Agradecer a todos mis amigos y compañeros que formaron parte de mi vida universitaria

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Huamán Saavedra Victor Luis, con DNI N° 44169818, a efecto de cumplir con los criterios de evaluación de la experiencia curricular de Metodología de la Investigación Científica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 25 de Julio del 2018

Huamán Saavedra Víctor Luis

PRESENTACIÓN

Señores integrantes del Jurado Calificador, de acuerdo con las disposiciones estipuladas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, pongo a vuestra consideración y elevado criterio profesional la evaluación de la tesis “OBTENCIÓN DE BIOGÁS A TRAVÉS DEL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS MUNICIPALES, BOTADERO CUÑACALES ALTO DISTRITO BAMBAMARCA, 2017”, realizada para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

El presente estudio busca determinar que mediante el tratamiento de residuos sólidos orgánicos municipales se logra obtener biogás en el distrito de Bambamarca, 2017. En tal sentido el contenido del informe está organizado en capítulos: El Capítulo I se refiere a la Introducción, en donde se presenta la realidad problemática, estudios previos, marco teórico, el problema, hipótesis, justificación y objetivos. En el capítulo II contiene el método, donde se describe la población, muestra, técnicas de recojo de información y de procesamiento de la misma. En el III Capítulo se consignan los resultados, en el IV se discuten los resultados obtenidos, el V incluye las conclusiones, el VI las recomendaciones, en el VII se incluye la propuesta de capacitación y en el VIII están las referencias.

En tal sentido espero que el informe de investigación sea merecedor de su aprobación, así como me dispongo a tener en cuenta las observaciones y recomendaciones que nos alcancen con el propósito de mejorarlo.

ÍNDICE

DICTAMEN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	V
PRESENTACIÓN	VI
ÍNDICE	VII
RESUMEN	XIV
ABSTRAC	XV
I. INTRODUCCIÓN	16
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA	19
INTERNACIONAL:	19
<i>Nacional:</i>	21
<i>Local:</i>	23
1.2 TRABAJOS PREVIOS.....	26
1.2.1 <i>Antecedentes Internacionales:</i>	26
1.2.2 <i>Nacional:</i>	34
1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	36
1.3.1 <i>Residuos sólidos.</i>	36
A. Clasificaciones de los residuos solidos	37
A.1 Residuos de gestión municipal.....	37
Domésticos:	37
Comerciales.....	37
Aseo urbano.....	37
A.2 Residuos de gestión no municipal.....	37
Peligrosos:	37
No peligrosos	38
B. Sistema de manejo y gestión de residuos sólidos domiciliarios. .	38
C. Etapas de Sistema de manejo y gestión de residuos sólidos domiciliarios.	38
C.1 Generación de Residuos:	38
C.2 Manipulación, Separación, Almacenamiento y Procesamiento de Residuos en el Origen:	39
C.3 Recogida:	39
C.4 Separación, Procesamiento y Transformación de Residuos Sólidos:	39
C.5 Transferencia y Transporte:	39
C.6 Eliminación Final:	40
D. Tipos de disposición final	40
D.1 Vertedero incontrolado de residuos a cielo abierto.	40

D.2 Vertedero sanitario controlado (relleno sanitario):	40
D.3 Vertedero controlado de alta densidad:	40
D.4 Incineración:	41
E. Procesos de biodigestión de los residuos sólidos orgánicos.....	41
E.1 Digestión anaeróbica:	41
E.2 Digestión aeróbica:.....	42
F. Tiempo de biodegradabilidad de los residuos.	42
F.1 Elementos de rápida descomposición:.....	42
F.2 Elementos de descomposición moderada:	42
F.3 Elementos no degradables:	42
1.3.2 <i>Biogás</i>	42
A. Composición y características del biogás en los vertederos sanitarios.....	43
A.1 Metano:	44
A.1.1 Formula de las reacciones químicas	44
A.1.2 Poder calorífico del metano:	44
A.2 Dióxido de carbono:	45
A.3 Nitrógeno:	46
A.4 OXÍGENO:	47
B. Etapas del proceso de fermentación.....	47
B.1 Hidrólisis.	47
B.2 Etapa fermentativa o acidogénica.....	48
B.3 Etapa acetogénica.	48
b.4 Etapa metanogénica.	49
D. Clasificaciones de los microorganismos en la digestión anaeróbica.....	51
D.1 Bacterias que participan en la hidrólisis:	52
D.2 Bacterias que participan de la acidogénesis:	52
D.3 Bacterias que participan de la acetogénesis:	52
D.4 Bacterias que participan de la metanogénesis:.....	53
D.5 Especies metano tróficas.	53
E. Beneficios ambientales de la biodigestión anaeróbica.	53
F. Parámetros para la composición del Biogás.....	54
F.1 Temperatura.	54
F.1.1 Rangos de temperatura.....	54
F.2 Potencial de Hidrogeno (PH).....	54
G. Red de distribución del biogás.....	56
1.3.3 <i>Biodigestor</i>	56
A. Partes del biodigestor.	57
A.1 Entrada del afluente:	57
A.2 Extracción de lodos:	58
A.3 Salida del efluente:	59
A.4 sistema de gas:.....	60
A.4.1 Partes del sistema de gas:	60
a. Gasómetro:	61
b. Válvulas de seguridad:	61

c.	Apagallamas:	62
d.	Separadores de sedimentos:	62
e.	Purgadores de condensado:	62
f.	Medidores de gas:	63
g.	Manómetros:	64
h.	Quemador de gas:	64
B.	Clasificación de los reactores anaeróbicos.	65
B.1	Reactores de tipo industrial	65
a.	Reactor anaeróbico de alta velocidad:	65
b.	Proceso anaeróbico de contacto:	66
c.	Filtro anaeróbico:	67
d.	Reactor anaeróbico en secuencia tipo Batch:	68
e.	Biorreactor de membrana anaeróbica:	69
f.	Digestor de mezcla completa:	70
B.2	Reactores de tipo artesanales.	72
a.	Modelo chino:	72
b.	Modelo indio - domo flotante - cúpula móvil:	74
c.	Modelo horizontal:	76
d.	Modelo Batch por lodos:	76
C.	Marco legal.	77
1.4	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	80
1.5	JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.	80
	<i>Social.</i>	80
	<i>Económico.</i>	81
	<i>Ambiental.</i>	81
1.6	HIPÓTESIS.	83
1.7	OBJETIVOS.	83
	<i>Objetivo General.</i>	83
	<i>Objetivos Específicos.</i>	83
II.	MÉTODO	84
2.1	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	84
2.2	VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN.	84
2.3	POBLACIÓN Y MUESTRA.	86
	Población:	86
	Muestra:	86
2.4	TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.	86
	<i>Técnicas:</i>	86
	Observación directa.	86
	Técnica experimental.	86
	<i>Instrumentos:</i>	88
2.5	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.	88
2.6	ASPECTOS ÉTICOS.	88
III.	RESULTADOS	90

3.1	MATERIALES Y MÉTODOS.	90
A.	<i>Obtención de la materia orgánica:</i>	90
B.	<i>Caracterización de la materia orgánica:</i>	93
C.	<i>Diseño de los reactores:</i>	96
D.	<i>Proceso de sistema de digestión:</i>	98
E.	<i>Monitoreo del proceso:</i>	101
E.1	Instrumentos de monitoreo:	101
E.2	Caracterización del biogás:	102
F.	<i>Análisis estadístico</i>	102
G.	<i>Diseño experimental:</i>	102
3.2	RESULTADOS DE LABORATORIO	103
A-	<i>Parámetros de la codigestión</i>	103
B-	<i>Cuantificación de los parámetros de la codigestión.</i>	105
C-	<i>Cuantificación y caracterización del Biogás:</i>	108
C.1.-	Variación del (%) metano en el T₁, T₂ y T₃.	110
C.2.-	variación del (%) del Dióxido de Carbono en el T₁, T₂ y T₃.	111
IV.	DISCUSIÓN	112
V.	CONCLUSIÓN	114
VI.	RECOMENDACIONES	116
VII.	REFERENCIAS	117
ANEXOS		125
	TABLAS DE RESUMEN DE PARÁMETROS SEMANALES	137
	PANEL DE FIGURAS DURANTE TODO EL PROCESO DE DIGESTIÓN	138
	VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS	142
	RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO	152
	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	153
	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	154

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	21
Tabla 2:	25
Tabla 3:	43
Tabla 4:	45
Tabla 5:	46
Tabla 6:	54
Tabla 7:	85
Tabla 8:	92
Tabla 9:	93
Tabla 10:	94
Tabla 11:	95
Tabla 12:	95
Tabla 13:	106
Tabla 14:	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Reacción química del metano con el enlace de 4 hidrógenos	44
Figura 2: reacciones de la digestión anaeróbica de materiales poliméricos, los números indican la población bacteriana responsable del proceso: 1: bacterias fermentativas; 2: bacterias acetogénicas que producen hidrogeno; 3: bacterias homoacetogénicas; 4: bacterias metanogénicas hidrogenotroficas; 5: bacterias metanogénicas acetoclásticas.....	50
Figura 3: Uso del Biogás, producido por la fermentación de residuos sólidos orgánicos en el distrito de Bambamarca.	51
Figura 4: Parámetros de rangos del PH a) acidogénico (5.5-6.5 PH) b) metanogénico (7.8-8.2 PH) y c) neutro (7.0 PH).	55
Figura 5: Red de distribución de biogás y su respectivo uso doméstico	56
Figura 6: Modelo de biodigestor de polietileno de 85 lt.	57
Figura 7: modelo de entrada de afluente en biodigestores de polietileno de 85 litros.....	58
Figura 8: Modelo de extracción de lodos en biodigestores de polietileno 85 Lts.	59
Figura 9: Modelo de salida de afluentes en biodigestores de polietileno de 85 Lts.	59
Figura 10: Sistema de gas en biodigestores de polietileno de 85 Lts.....	60
Figura 11: Modelo de gasómetros a) industrial b) artesanal	61
Figura 12: Válvula de seguridad de ¼” para permitir o bloquear el paso del Biogás	62
Figura 13: Purgador artesanal, que expulsa gases húmedos, partículas impregnadas de gas y partículas impregnadas de agua de las tuberías.....	63
Figura 14: Modelo de gasómetros industriales.....	63
Figura 15: Manómetro industrial para medir presión de gas	64
Figura 16: Quemadores domésticos de gas.....	64
Figura 17: Reactor convencional con agitación en contacto al afluente con la biomasa.....	67
Figura 18: Filtros anaeróbicos: (A) Flujo ascendente, (B) Flujo descendente, (C) Alimentación múltiples.....	68
Figura 19: Reactor tipo batch con sus cuatro etapas (A) Alimentación (B) Reacción (C) Sedimentación (D) Descarga.....	69
Figura 20: Biorreactor integrado por una membrana dentro de un reactor que facilita la separación solido-liquido.	70
Figura 21: Reactor de mezcla completa sin recirculación	71
Figura 22: Reactor de mezcla completa con recirculación	72
Figura 23: Biodigestor modelo chino, capacidad 150 m ³	73
Figura 24: Diseño y construcción de biodigestor modelo chino, Cuba 2007	73
Figura 25: Diseño y construcción de biodigestor modelo indio, capacidad 150 m ³	74
Figura 26: Planta de biogás de cámara flotante modelo indio.....	75
Figura 27: Planta de biogás modelo horizontal de bolsa elástica (tipo balón)	76
Figura 28: Biodigestor modelo batch con carga semicontinua	77

Figura 29: Botadero municipal – Caserío Cuñacales Alto – Bambamarca.....	90
Figura 30: Diferentes puntos de la ciudad de Bambamarca con mayor cantidad de segregación de Residuos Sólidos	91
Figura 31: Representación de reactores tipo batch.....	97
Figura 32: Proceso del sistema de digestión durante la construcción del invernadero.	99
Figura 33: T1 con espacio de proporciones 1/1.45 (47.5cm Materia Orgánica entre estiércol, otros residuos, agua y 27 cm de espacio vacío para almacenamiento de biogás.....	99
Figura 34: T2 con espacio de proporciones 1/1 (46cm Materia Orgánica entre estiércol, otros residuos, agua y 28.5 cm de espacio vacío para almacenamiento de biogás.....	100
Figura 35: T3 con espacio de proporciones 1/1.2 (49.6 cm Materia Orgánica entre estiércol, otros residuos, agua y 29.9 cm de espacio vacío para almacenamiento de Biogás.	100
Figura 36: Variación del PH durante 12 semanas de codigestión en el T1, T2 y T3	103
Figura 37: Composición de la temperatura °C durante la codigestión, en T1, T2 y T3.....	104
Figura 38: Variación de la presión mmHg durante la codigestion en T1, T2 y T3	105
Figura 39: Variación promedio del pH en T1, T2 y T3.....	106
Figura 40: Variación promedio de la Temperatura en °C para el T1, T2 y T3 ...	107
Figura 41: Variación promedio de la Presión en mmHg para el T1, T2 y T3.....	108
Figura 42: Representación de la composición química en los T1, T2 y T3	110
Figura 43: Variación del Metano (%) en los T1, T2 y T3	110
Figura 44: Variación del Dióxido de Carbono (%) en los T1, T2 y T3.....	111
Figura 45: Vista de planta T1 y T2	126
Figura 46: Corte de vista frontal T1 y T2	127
Figura 47: Bosquejo vista lateral T1 y T2	128
Figura 48: Corte lateral T3.....	129

RESUMEN

El objetivo de esta investigación, fue desarrollar tecnologías alternativas a bajo costo, para la obtención de biogás a través del tratamiento de residuos sólidos orgánicos municipales, en el botadero Cuñacales Alto, distrito Bambamarca. Durante un tiempo de digestión de 12 semanas, utilizando como sustrato estiércol de vacuno, cerdo, gallina, équino, cuy, cascaras, verduras, frutas, hojas, harinas, tubérculos, grama y como cosustrato agua de consumo humano, con el fin de reducir el impacto ambiental que generan estos residuos sólidos al dejar volatilizar CH_4 a la atmosfera por la acumulación exterior expuesta en el botadero. Se diseñó tres reactores tipo Batch con cargas semicontinuas 85

Lts. c/u de las cuales se dejó la tercera parte como espacio vacío en la cabecera para la acumulación de biogás durante los tiempos de descargas, estudio que en adelante se consideró como T_1 , T_2 y T_3 . Se determinó proporciones 1/1.42 para el T_1 (sustrato 41.35% cosustrato 58.65%) 1/1 para el T_2 (sustrato 50% cosustrato 50%) y 1/1.2 para el T_3 (sustrato 45.36% cosustrato 54.63%). Resultados mostraron que T_1 generó 23.8, T_2 33.8 y el T_3 38.2 Litros de biogás respectivamente. Análisis de laboratorio permitió conocer la cuantificación y caracterización del biogás (T_1 45.3% CH_4 , 17.0% CO_2 , 4.0% O_2 , 33.7%balance - T_2 60.8% CH_4 , 30.0% CO_2 , 1.5% O_2 , 7,7%balance y T_3 61.8% CH_4 , 32.0% CO_2 , 3.9% O_2 , 2,3%balance). Mediante el método estadístico de análisis de varianza de un factor con la prueba múltiple de Tukey de $p=0.000$, $p=0.010$ y $p=0.689$ se logró determinar si existió o no, diferencia significativa de parámetros para T_1 , T_2 y T_3 .

PALABRAS CLAVE: Residuos sólidos, digestión, biogás, metano, análisis de varianza.

ABSTRAC

The objective of this research was to develop alternative technologies at low cost, for the obtainment of biogas from the treatment of municipal solid organic waste, in the dump Cuñacales Alto Bambamarca district. During a digestion time of a weeks, using cow chicken, guinea pig, husks, vegetables, fruits, leaves, flours, tubers, grass and as a water cosubstrate for human consumption in order to reduce the environmental impact that generate this solid waste by letting CH₄ volatilize into the atmosphere due to the external accumulation exposed in the dump. Three batch reactors with semicontinuous charges 85 Lts, were designed, each of which the third part was left as empty space in the head for the accumulation of biogas during the discharge times, study that henceforth is considered as T₁, T₂ and T₃. Proportions were determined 1/1.42 for T₁ (Substrate 41, 35% co-substrate 58, 65) 1/1 for T₂ (50% substrate 50% co-substrate) and 1/1.2 for T₃ (substrate 45, 36% co-substrate 54, 63 %). Results showed that T₁ generated 23.8, T₂ 33.8 and T₃ 38.2 liters of biogas respectively. Laboratory analysis allow to know the quantification and biogas characterization (T₁ 45.3% CH₄, 17,0% CO₂, 4,0%O₂, 33,7% balance - T₂ 60.8%CH₄, 30.0%CO₂, 1.5%O₂, 7,7%balance y T₃ 61.8%CH₄, 32.0%CO₂, 3.9%O₂, 2,3%balance) by means of the statistical method of analysis of variance of a factor with Tukey's multiple test of P=0,000, P=0,010 and P=0,689 it was possible to determine if there was or not, significant difference of parameters for T₁, T₂ and T₃.

KEY WORDS: Solid waste digestion, biogas, methane, analysis of variance.

I. INTRODUCCIÓN

Desde la era del neolítico los residuos sólidos han ocasionado impactos negativos en los diferentes ecosistemas del planeta, debido a una mala disposición por parte del ser humano, esto se ha asociado a la industrialización y la agroalimentación (PUERTA, 2014, p 56).

“A fines del siglo XVIII (después de la segunda guerra mundial) la situación problemática comenzó a agravarse a consecuencia de la revolución industrial” (ROJAS, 2016, p 124).

En América Latina y el Caribe se ha promovido y sigue prevaleciendo el manejo de los residuos sólidos bajo el proceso de recolección y disposición final, dejando de lado el aprovechamiento, reciclaje y tratamiento de los residuos; en la mayor parte del mundo se utilizan los vertederos y botaderos a tajo abierto sin un debido control e inspección técnica por parte de entidades públicas y privadas, (SÁEZ y URDANETA, 2014, p 122-123).

Portal (INFOBAE, 2017) durante un procesamiento de datos mencionó que la humanidad generó 9, 411,912.960 toneladas de residuos sólidos durante el primero de mayo del 2012 al cinco de octubre del 2017. El procesamiento se realizó a 14 países más industrializados del mundo, siendo los de mayor contaminación China y Estados Unidos (300 millones de toneladas y 228, 614.990 millones de toneladas), de los 14 países que generó residuos sólidos se concluyó que el 70% acaba en botaderos el 19% se recicla y el 11% se envían a plantas de recuperación.

En el Rio Rímac la contaminación por materia orgánica fue de 3,29 mg/l diariamente reportado por SEDAPAL en diciembre del 2017 a pesar que en el Perú el 21 de julio del 2000 se publicó por primera vez la Ley General de Residuos Sólidos (27314) donde establece los derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de las sociedades en conjunto, con el fin de

prevenir, reducir riesgos ambientales al planeta y la salud, pero esto no se está cumpliendo (INEI, 2018, p 25)

El (ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL, 2014, p 12-20-21) se encarga de supervisar a todas las municipalidades provinciales para que todos los residuos sólidos se estén realizando la recolección, segregación, y disposición de forma adecuada. Lima viene siendo la ciudad más poblada del Perú con el mayor índice de segregación de residuos sólidos; se estima que en el año 2014 generó 7400 ton/día (8 millones de habitantes) esto se hace cada vez más dificultoso debido a que el país solo cuenta con 9 rellenos sanitarios de los cuales 4 se ubican en Lima y 5 en departamentos muy alejados de la capital.

Bambamarca cada día viene incrementando los volúmenes de residuos sólidos de 7, 242 ton/día (2016) paso a incrementarse en 10, 694 ton/día con sus 23, 756 habitantes (2017), esto es a consecuencia del mismo crecimiento poblacional lo cual ha conllevado a que el botadero que se encuentra ubicado en el caserío de Cuñacales Alto a 2,902 m.s.n.m, no reúna las condiciones necesarias para una buena disposición final como lo establece la OEFA., por un lado es el déficit de personal obrero que contrata la municipalidad distrital para hacer labores de enterrado y por el otro lado es la falta de una retroexcavadora permanente en la zona para que realizar labores de excavaciones para una buena disposición final, el tiempo de permanencia que se expone los residuos sólidos sobre la superficie, hace que generen malos olores y atraiga roedores, insectos, aves carroñeros, mascotas entre otros, provocando malestar, contaminación y conflictos con los pobladores de la zona. (PIGARS, 2017, p 8-12-22-25-27-32).

Por ello viendo la problemática social y ambiental, se ha puesto en estudio el proyecto con el objetivo principal en “obtener biogás a través del tratamiento de residuos sólidos orgánicos municipales, que se generan en el botadero de Cuñacales Alto, Distrito Bambamarca 2017”. El proceso biológico se llevó en dispositivos PET conocido como reactores, en la que los resultados de

CH₄ – CO₂ dependen del tipo de sustrato que se utilice y del rendimiento de actividades microbianas (bacterias anaeróbicas) quienes mediante su metabolismo transforman la MO en energías renovables (biogás) (GONZALES, JURADO y GÓMEZ, 2017, p 45).

Con el dimensionamiento de este proyecto en obtención de biogás en el botadero municipal, se proyecta que en el futuro sea viable en el ámbito de la provincia dando prioridad a las energías renovables; el uso de los biodigestores será uno de las alternativas de solución para combatir los fuertes olores tóxicos emanados por el gas metano y los volúmenes de RS producidos por la actividad humana (GONZALES, GATO, GIRÓN y PIRES, 2015, p 63-65).

Para realizar el proceso, se diseñó biodigestores tipo Batch de alimentación semi-continua de 85 litros de capacidad, dejando la tercera parte para la acumulación de biogás durante las descargas y para asegurar una buena metabolización por parte de las bacterias metanogénicas, los PH se manejaron de acuerdo a las fuentes bibliográficas (5.4-7.5) obteniendo resultados en 84 días de fermentación con volúmenes de CH₄ aproximados a las investigaciones de: (VARNERO, GALLEGUILLOS, GUERRERO, SUÁREZ, 2014, p 73-76-77 y SARAVIA, LAINES, SOSA, ESCALANTE, 2017, p 109-110.112).

Se aplicó en todo momento el instrumento de las fichas de observaciones y para la cuantificación y caracterización de parámetros del biogás se empleó el método de análisis de varianza de un factor mediante la prueba de Tukey para demostrar si existió o no varianza significativa entre sí (SARABIA, et al., 2017, p 102).

1.1 Realidad Problemática

Internacional:

En el año 400 a.c. un equipo de antropólogos romanos dio la iniciativa de recolección y agrupación de los residuos sólidos. 1776 Volta descubrió el primer gas combustible de materia orgánica depositados sobre pantanos y aguas estancadas; 1859 en la ciudad de Bombay se construyó la primera planta de biogás alimentado con residuos orgánicos y excretas de ganado, el objetivo fue obtener gas para consumo industrial y fertilizantes para la agricultura; 1890 Donald Cameron diseño una gran fosa séptica de biogás y alimento a la ciudad de Exeter-Gran Bretaña; luego esta idea se expandió por Taiwán, Corea, Tailandia, Kenya, Sudáfrica y China; 1927 Inglaterra utilizó por primera vez el biogás recolectándolo en tanques flotantes de concreto armado para 7000 habitantes, teniendo un éxito con este sistema hasta la actualidad (GUEVARA, 1996, p 10 ; CASTELLS, CAMPOS y FLOTATS, 2012, p 618).

La problemática mundial de los residuos sólidos surgió desde la era del neolítico, la industrialización y a la agroalimentación, a medida que las sociedades rurales iban creciendo y transformando la naturaleza en producción de alimentos para el consumo y auto consumo de las sociedades aumentó el impacto negativo en los diferentes ecosistemas de nuestro planeta, (PUERTA, 2014, p 56).

Siglo XVIII Con el bum de la revolución industrial aumento la generación de residuos reciclables pero esto pasó desapercibido porque la cultura mundial no estaba enraizada en su uso, a mediados de la segunda guerra mundial Estados Unidos pidió que se reciclen todo tipo de residuos sólidos para ser reutilizados en la fabricación de armamento y municiones debido a la escases de armamento, dos décadas más adelante nace la idea de educación ambiental, desarrollo sostenible y reciclaje, reutilización de residuos sólidos y la creación de modelos de gestión de residuos sólidos

urbanos debido a que en el planeta comenzó a surgir diferentes cambios climáticos en todos los ecosistemas (CONTRERAS, DURAN, 2016, p 45 y ROJAS, 2016, p 124).

Según el portal: Waste Atlas (herramienta interactiva de procesamiento de datos) menciona que desde el primero de mayo del 2012 hasta el cinco de octubre del 2017 la humanidad en el planeta produjo 9.411.912.960 toneladas de basura, (1.900 millones de toneladas por año) siendo china el país con mayor índice de contaminación con 300 millones de toneladas por año, seguido de Estados Unidos con 228,614,990 millones de toneladas al año, y los países con menor índices de contaminación son Kenia con 109,5 kilos por persona al año, y Etiopía con 109,8 kilos por persona al año. El 70% de basura acaba en basureros, el 19% se recicla y el 11% restante se envía a plantas de recuperación de energía, de estas cifras alarmantes si no se hace nada hasta el 2050 el índice de basura será de 5.300 millones de toneladas al año INFOBAE (2017).

SÁEZ, ALEJANDRINA; URDANETA, et al (2014), en su investigación Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe mencionaron que la cumbre mundial del Rio de Janeiro en el año 1992 mediante la ONU, formuló cuatro áreas de programas relacionadas con los residuos: (a) reducción al mínimo de los residuos, (b) aumento al máximo de la reutilización y reciclado ecológico de los residuos, (c) promoción de la eliminación y el tratamiento ecológicamente racional de los residuos y (d) ampliación del alcance de los servicios que se ocupan de los desechos; con la finalidad de promover el desarrollo sostenible y ecológicamente racional para el siglo XXI en todos los países. En la tabla 1 se menciona la generación de residuos sólidos de Latinoamérica y el Caribe

Tabla 1:*Generación de Residuos sólidos en las principales ciudades de Latinoamérica y El Caribe.*

País	Ciudad/municipio	Población (hab)	Generación ton / día	Generación kg / hab- día	Referencia
Argentina	Buenos Aires	2768772	5000	1,81	Noguera y Oliveros (2010)
Venezuela	Caracas	2758917	4000	1,45	Noguera y Oliveros (2010)
México	México D.F	8720916	12000	1,38	Noguera y Oliveros (2010)
Chile	Santiago de Chile	5875013	7100	1,21	Noguera y Oliveros (2010)
Venezuela Maracaibo	Maracaibo	1428043	1700	1,19	Noguera y Oliveros (2010)
Perú	Lima	8445200	8938,5	1,06	Noguera y Oliveros (2010)
Colombia	Bogotá	6778691	5891,8	0,87	Noguera y Oliveros (2010)
Ecuador	Quito	1839853	1500	0,82	Noguera y Oliveros (2010)
Cuba	La Habana	2201600	1060	0,48	Noguera y Oliveros (2010)
Guatemala	Guatemala	3762960	1500	0,40	Noguera y Oliveros (2010)
Bolivia	La paz	2350466	451	0,19	Noguera y Oliveros (2010)

Nota: Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. Alejandrina Sáez y Joheni A. Urdaneta G.

Nacional:

(ORGANIZACIÓN DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL, 2014, p 08) “Hace mención que los residuos sólidos son materiales desechados sin valor económico entre los cuales se encuentran los materiales semisólidos como barro, lodos, sangre, sabia y otros de eventos naturales como la lluvia, erosiones, etc.”

La ley general de residuos sólidos en el Perú (27314) fue publicado el 21 de julio del año 2000 en la ciudad de Lima y desde esa fecha ha surgido varias modificaciones hasta la actualidad, esta ley establece los derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en conjunto,

esta ley se da con la finalidad de tener un manejo de los residuos sólidos adecuados de acuerdo a lo que rige la ley sujetos a principios de reducción, prevención de riesgos ambientales, protección de la salud y bienestar del ser humano (ANUARIO DE ESTADÍSTICAS AMBIENTALES, 2014 p 312).

En el año 2013 la OEFA realizó una supervisión al 97% (189) municipalidades provinciales de todo el país con el fin de verificar que todos los residuos sólidos se estén realizando una disposición final de manera adecuada y de acuerdo con el reglamento de los residuos sólidos (OEFA, 2013-2014, p 6).

La Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) afirma que Lima es la ciudad más poblada en el Perú donde cada persona segrega 500gr de basura por día, 20 kg al mes y 280 kg al año; el total de la población limeña es de 8 millones de habitantes quien generan 7400 toneladas de basura por día a diferencia que en el año 2001 generaba 4000 toneladas diarias y para el año 2034 se pronostica que generaría 16000 toneladas diarias, estos problemas son frecuentes debido a que en el Perú no cuenta con rellenos sanitarios suficientes, solo se cuenta con nueve rellenos sanitarios en que se ubican en los siguientes lugares: 1 en Zapallal, 1 en Huayco loro 1 en el Modelo del Callao 1 en Portillo Grande, y en todo el país que se cuenta con un aproximado de 30 millones de habitantes con 25 departamentos se cuenta con los siguientes rellenos sanitarios: 1 en Ancash, 1 en Loreto, 2 en Junín y 1 en Cajamarca, una buena parte los residuos sólidos van a los botaderos ilegales, el 98 % de las municipalidades de lima metropolitana y el callao cuentan con un programa de segregación en la fuente de residuos inorgánicos, la municipalidad distrital de surco es la única entidad que cuenta con una planta piloto de segregación de residuos sólidos; el impacto de la mala disposición de los residuos orgánicos se minimiza segregando en los hogares, empresas, parques, entre otros, así al reducir, reciclar y reutilizar procuramos disminuir la cantidad de residuos orgánicos que pueden ser dispuestos en los rellenos sanitarios (OEFA, 2014).

Local:

Bambamarca fue Creado durante la época de la independencia; anexado de la provincia de Chota. La Ley N° 325, de 15 de noviembre de 1,906 dio a su capital el título de Ciudad. Política y administrativamente la provincia de Hualgayoc pertenece al departamento de Cajamarca, sus límites son los siguientes: Por el Norte. - limita con la provincia de Chota, Por el Este. - limita con la provincia de Celendín, Por el Sur. - limita con las provincias de Cajamarca, San Pablo, San Miguel y Celendín, Por el Oeste. - limita con las provincias de Santa Cruz y San Miguel y Cuenta con 142 caseríos. El distrito de, Hualgayoc cuenta con 16,849 habitantes, Chugur con 3,553 y Bambamarca cuenta con 69,411 habitante, solo la ciudad de Bambamarca cuenta con 23,756 habitantes, según el EC-RSM (2017), la Generación Per-Capital de residuos sólidos domiciliarios es de 0.450 kg/hab/día, 10,694.94 kg/día, 10,694 ton/día, 320.820 ton/mes y 3,849.840 ton/año. De las 10,694.948 kg/día. 7,784.28 Kg/día son proveniente de los residuos domiciliarios y 2910.66 kg/día son proveniente de residuos no domiciliarios. Las actividades económicas que se desarrollan en el ámbito de la zona urbana del distrito de Bambamarca, se encuentran principalmente relacionados al Comercio. Cada cierto tiempo el caso de los residuos sólidos en la provincia de Hualgayoc Bambamarca, ha venido generando una serie de conflictos sociales entre los mismos pobladores de las comunidades campesinas, pobladores de la ciudad, y pobladores contra la municipalidad, debido a que la municipalidad no cuenta con un área propia destinado para la disposición final de los residuos. Esto ha conllevado a que cada cierto tiempo la autoridad edil en conjunto con la Gerencia de Medio ambiente y Saneamiento Ambiental busquen espacios destinados en la zona rural para la disposición final de los residuos. El malestar de la población se debe a que la acumulación de los residuos sólidos prolifera fuertes olores tóxicos, moscas, roedores, entre otros que afectan a la salud humana. El botadero municipal que funciona en la comunidad de Cuñacales Alto, con altitud de 2902 m.s.n.m solo contará con un periodo de tiempo de duración de cuatro años según contrato

firmado entre la municipalidad y la comunidad, pasado el tiempo el are estará saturado para ejecutar labores de operación la cual el tipo de residuos se menciona en la Tabla 2. (PIGARS, 2017, p 14-16-34-39-71-74-75).

Tabla 2:*Generación total de residuos sólidos no domiciliarios*

Fuente de Generación	Generación (Kg/día)	Generación (ton/día)
Cantinas	14.72	0.0147
Ferreterías	20.83	0.0208
Tiendas de Ropa	29.62	0.0296
Tienda de Zapatos	5.77	0.0058
Librerías	9.49	0.0095
Venta de Celulares	7.77	0.0078
Tienda de Artículos de primera Necesidad	280.50	0.2805
Panaderías	7.66	0.0077
Centros Autorizados para Venta de Coca	8.61	0.0086
Venta de Artefactos Electrodomésticos	12.28	0.0123
Mercados	808.80	0.8088
Venta de Motos, Llantas y Repuestos Automotrices	17.76	0.0178
Venta de Juguetes	1.64	0.0016
Venta de Servicios Para Cocina	0.00	0.0000
Carpinterías	35.85	0.0358
Distribuidoras de Gas	0.00	0.0000
Vidrierías	18.63	0.0186
Inst. Sector Publico	22.77	0.0228
Financieras	7.33	0.0073
Iglesias Católicas	0.00	0.0000
Instituciones Educativas en los 4 Niveles	0.00	0.0000
Cabinas de Internet	29.52	0.0295
Servicios Técnicos de Artefactos	0.00	0.0000
Peluquerías	6.54	0.0065
Oficinas de Estudios Jurídicos	0.00	0.0000
Gimnasios	1.76	0.0018
Discotecas	0.00	0.0000
Servicio de Copias	3.41	0.0034
Ópticas	1.24	0.0012
Servicio para Fotos	0.83	0.0008
Garajes	2.92	0.0029
Grifos	4.63	0.0046
Renovadoras de Calzado	2.47	0.0025
Funerarias	4.72	0.0047
Molinos de Granos	2.93	0.0029
Hoteles, Hostales y Hospedajes	30.78	0.0308
Sastrerías	10.99	0.0110
Oficinas de Radios	0.00	0.0000
Restaurantes	361.94	0.3619
Pollerías	124.11	0.1241
Cubicherías	46.24	0.0462
Talleres y Mecánica en General	51.12	0.0511
Servicios Dentales	3.58	0.0036
Otros Servicios Particulares	0.00	0.0000
Farmacias	2.76	0.0028
Boticas	16.80	0.0168
Clínicas	14.43	0.0144
Veterinarias	8.27	0.0083
Centros Naturistas	5.31	0.0053
Barrido	840.31	0.8403
Almacenamiento	23.02	0.0230
TOTAL	2910.652	2.9106

Nota: PIGARS, 2017

1.2 Trabajos previos.

1.2.1 Antecedentes Internacionales:

SALLO (2014). Machala. En la Universidad Técnica de Machala- Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud realizo una investigación en: “Producción de Biogás a Partir de Desechos Sólidos Orgánicos que se Generan en el Mercado Central del Cantón Arenillas”.

El objetivo principal de la presente tesis fue evaluar la producción de biogás y biol, generados en la codigestión anaerobia de una mezcla heterogénea de desecho del mercado y excretas de ganado vacuno, mediante la utilización de reactores experimentales. Para el experimento se diseñó 4 reactores tipo Batch, de 20 litros cada uno dejando $\frac{1}{4}$ de espacio en la cabecera para la formación de espuma y la acumulación de biogás, entre los rangos de PH de inicio y fin del proceso fueron los siguientes: R1 = 5.8 - 6.6, R2 = 6.0 - 6.7, R3 = 6.5 - 6.9 y R4 = 5.9 - 6.6. Los rangos de Temperatura de inicio a fin fueron: R1 = 28-28°C, R2 = 28-29°C, R3 = 28-29°C y R4 = 28-28°C. Los volúmenes de biogás que se generó fueron los siguientes: para el R1:12L, R2:13L, R3:15L y R4 14L, los porcentajes de CH₄ estaban entre 55% y 65% respectivamente; además se aplicó un análisis de varianza para el nitrógeno, mediante la prueba de ANOVA a cada tratamiento para determinar si existe diferencia significativa entre ellos, dando como resultados que si existió diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los cuatro tratamientos (R1: 0,06463; R2: 0,01; R3: 0,00583 y R4: 1,21).

Aporte: Esta tesis apporto a mi investigación a realizar un análisis de varianza, después de haber concluido el proceso de fermentación, para determinar si existió diferencia significativa con los parámetros realizados en cada tratamiento.

PARRA (2014). Cali. Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería. Realiza una investigación en: “Producción de Metano a Partir de la Digestión Anaerobia de Biorresíduos de Origen Municipal”:

El objetivo de la investigación fue evaluar el potencial de metano de la digestión anaerobia de los biorresiduos de origen municipales mediante procesos de laboratorio, estos biorresiduos se caracterizó por contener altas contenidos de materia orgánica, nutrientes y humedad que son altamente contaminantes cuando no se dan una disposición correcta. Con esta investigación se creó generar nuevas alternativas de uso en los bioresiduos de origen municipal utilizando la técnica del Potencial Bioquímico de Metano-PBM (método manométrico) mediante el sistema OXITOP®. Se llegó a la conclusión que con rangos de PH entre 7.0 – 8.0 y partículas inferiores a 2.0 mm, se obtuvo 128 mL de CH₄ * g SV-1, equivalente al 53% de biogás.

Aporte: Esta tesis apporto en mi investigación a seguir un proceso eficiente, controlado y técnico en obtener volúmenes de biogás a través del tratamiento anaerobio de residuos sólidos municipales teniendo en cuenta los procesos de T°, PH, Tiempo de retención y unidades de partículas inferiores a 2 mm.

TÓALA (2013). Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo realizó una investigación en “diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho Verónica.”

Quien tuvo como objetivo realizar el diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho Verónica, bicado en la parroquia Nuevo Paraíso de la provincia de Orellana. Para el diseño del biodigestor utilizo cinco canecas de plástica de 60 litros, tubos PVC, manguera, llave de paso entre otros accesorios. El tiempo de retención fue de 40 días, con un tiempo de carga de 10 días con volúmenes de 373 L/día, proporciones de 1.1 (estiércol-agua) los resultados fueron por 1 Kg de estiércol 0.20 Kg de biogás.

Aporte: Esta investigación ayudó a tener una referencia de los volúmenes de biogás que se puede obtener por cada kilogramo de estiércol con proporciones de 1:1 similar al T₂ de mi experimento realizado.

CARTUCHE y PANTOJA (2015). Quito, Universidad Central del Ecuador, Realizaron una investigación en “análisis comparativo del potencial de biogás obtenido de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos del mercado de Carapungo del DMQ, mediante diferentes técnicas de digestión anaerobia”.

El objetivo fue determinar la técnica de digestión anaerobia más eficiente para el tratamiento de la Fracción Orgánica de Residuos Sólidos (FORS) del Mercado de Carapungo del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), mediante el estudio comparativo del potencial de biogás generado a partir de un biodigestor Batch simple, un biodigestor Batch con recirculación en una etapa y un biodigestor Batch con recirculación en dos etapas (1° etapa ocurren las reacciones de licuefacción-acidificación, luego es trasladado al segundo reactor donde ocurre la 2° etapa de acetogénesis y la metanogénesis). La presente investigación busca identificar la técnica que generó mayor potencial de biogás mediante diferentes técnicas de digestión anaerobia. El experimento se realizó en cuatro Biodigestores tipo Batch de 60 L. c/u., con diámetros de 0.35 y 0.63m. altura con un lapso de tiempo de 83 días. La carga que se realizó fue de estiércol 20kg y agua 21 litros, para determinar las características del sustrato, se analizaron parámetros de sólidos volátiles, humedad y nutrientes (C, N, P, K). El proceso inicio con rangos de PH de 8.5 y finalizo con rangos entre 6.2 y 7.0, la temperatura inicio con rangos entre 17 a 18°C y termino con rangos entre 18.0 y 19.0 aproximadamente. La concentración de CH₄ con respecto al tiempo de retención (36 días para el B1-B2-B4 y 21 días para el B3) de cada tratamiento fue de B1 17.74%, B2 22.41%, B3 16.33% y B4 21.92% respectivamente. En conclusión, los residuos generados en el Mercado de Carapungo, en su mayoría fueron orgánicos (72,72%) y obtuvieron un alto porcentaje de sólidos volátiles (76,01%), por lo que se estableció que éstos pueden tener un alto potencial para generar biogás.

Aporte: Esta tesis ayudó en mi trabajo de investigación, en el diseño de los biodigestores tipo Batch, teniendo en cuenta el tiempo de retención, parámetros

del proceso, y a tener referencia que el mayor porcentaje de biogás se obtiene de los residuos orgánicos con altos contenidos de sólidos volátiles (76.01%).

SARAVIA, M.A., LAINES, J.R., SOSA, J.A., y., ESCALANTE, E. (2017). Producción de biogás mediante codigestión anaerobia de excretas de borrego y rumen adicionadas con lodos procedentes de una planta de aguas residuales. Artículo de la Revista internacional de contaminación Ambiental, mencionaron que:

Realizaron investigaciones con tres tipos de comparaciones, uno la digestión anaerobia de las excretas de ovinos (borrego) con lodos de aguas residuales, dos excretas de borrego más rumen de vacuno y tres sólo excretas de ovino; El tratamiento se realizó en botellas PET de 1000 ml (1litro) por triplicado, siendo el proceso de reservorio de materia orgánica de 800gr con un tiempo de retención de 14 semanas, los rangos de PH iniciaron entre 7.7 a 8.2 y finalizaron con rangos entre 7.0 y 7.5 respectivamente; Las unidades experimentales estuvieron dentro de una estufa a 27 °C cada uno. Los resultados en la obtención del biogás fueron: en la digestión uno 35.47 lts de biogás, en la digestión dos 42.14 lts de biogás y en la digestión tres 43,83 lts de biogás, siendo la digestión uno, el de menor producción de Biogás. Se analizó la caracterización y cuantificación del biogás mediante un equipo Dragär® modelo X-am 7 000, en la que arrojó los siguientes resultados el T1-T2: 64.22% CH₄ y el T3: 61.12% CH₄. Además, se realizó un análisis de varianza de un factor, para encontrar diferencias significativas de los tres tratamientos evaluados, en la producción de CH₄, CO₂ y H₂S. Asimismo, se aplicó una prueba múltiple de Tukey para determinar diferencias entre cada tratamiento. Para ello, se utilizó el programa STATGRAPHICS ® Centurión XV. II.

Aporte: Este artículo fue de gran soporte para mi trabajo de investigación, donde en base a este resultado pude obtener la cuantificación y caracterización del Biogás, además aplicar el análisis de varianza de un factor mediante la prueba múltiple de Tukey para diferenciar si existe significancia entre cada tratamiento.

CAMACHO, VILLADA, y HOYOS (2017) en su artículo, Evaluación del estiércol de vaca como inóculo de la digestión anaerobia termófila de residuos sólidos urbanos:

Realizaron un estudio en la utilización del estiércol seco de vaca para la digestión anaerobia termófila seca (DATS) de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU). El experimento se realizó en reactores de 20L (acero inoxidable) y se dio en tres etapas (1) aclimatación del inóculo, (2) adición del residuo y (3) re-inoculación. El metano aumentó su porcentaje en la primera etapa (aclimatización del inocuo) y en la segunda etapa (adición de residuos) los niveles de ácidos grasos volátiles (AGV, AGV/alcalinos y alcalinidad tendieron a aumentar disminuyendo el margen del PH, al momento de la tercera etapa (re-inoculación) el PH tendió a aumentar alcanzando un margen de 7.47 por unos minutos. El proceso se dio por 100 días de digestión a una temperatura de 55°C y el biogás fue recolectado en una bolsa tedlar de 40 L.

Aporte: Este artículo apporto en mi investigación a tener en cuenta el tiempo de proceso de fermentación con diferentes proporciones de estiércol y a obtener diferentes resultados en cada uno de ellos.

DÍAZ, Y. G., CLAVELL, T. G., GUILLOT, R. L. G., y ARAUJO, L. P. (2014). En su Artículo: “Determinación del Potencial energético de los Residuos Sólidos Urbanos en tres municipios de la provincia de Luanda. Angola” mencionaron que:

El objetivo fue cuantificar el potencial de generación de energía eléctrica proveniente del gas metano oriundo de los Residuos Sólidos Urbanos de los municipios Belas, Cacuaco y Viana de la provincia de Luanda en Angola. Se determinó el potencial de energía anual en las tres municipalidades. La estimación demuestra que el flujo de biogás llega al nivel máximo y posee la máxima potencia disponible en el año 2037, obteniéndose para los municipios Belas, volúmenes de $3330.10^3 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{año} = 2316,52 \text{ Kw}$. Cacuaco $1206,13.10^3 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{año} = 1358,88\text{Kw}$ y Viana $2809, 23. 10^3 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{año}=3165,02\text{Kw}$. Los valores son calculados con expresiones

matemáticas que consideran 100% de conversión. El CH₄, es 21 veces más potente que el CO₂. La metodología que se empleó fueron ecuaciones cinéticas de primer orden considerando los parámetros de entrada como:

Masa de residuos que ingresa al relleno sanitario anualmente
Tiempo de actividad del relleno o tiempo después de cerrado
Tasa de generación de metano (k)
Potencial de generación de metano (L₀).

Para las estimativas de la población, la generación de residuos y de la producción de biogás, se considera los siguientes períodos:

Período considerado para estimativa del crecimiento poblacional y de la generación de RSU: 2017 a 2037.

Las estimativas de las producciones potenciales de biogás y metano son hechas teniendo como año cero el año de 2017 y teniendo como año de cierre del relleno sanitario el año de 2037.

Período considerado para el cálculo del biogás: 2017 a 2057

La literatura internacional suministra los valores de k y L₀

Estimación del flujo de metano en el año considerado.

Suma de los flujos de metano correspondientes a las cantidades de residuos depositadas en el relleno año a año. (Q_x) Q_x

Ecuación para convertir el flujo de metano en los diferentes años (Q_x) en potencia disponible (P_x).

VARNERO, M. T., GALLEGUILLOS, K., GERRERO, D., y SUAREZ, J. (2014).
En su artículo: “Producción de Biogás y Enmiendas Orgánicas a Partir del Residuo Olivícola (Alperujo)” mencionaron que:

El estudio se realizó en la planta piloto del campus Antumapu, de la facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, el proceso consistió en realizar un experimento anaeróbico-aeróbico en biodigestores tipo Batch de 60 litros de capacidad a 30°C, el proceso de la temperatura se controló mediante un termostato Campini, conectado a un calefactor inmerso en un contenedor con agua, dentro del cual se sumergió los biodigestores. Los valores de PH para el tratamiento T_0 inicio con 6.6 PH y finalizo con 6.5 y para el tratamiento T_1 finalizo con 7.1 PH., para la carga se utilizó residuos de “alperujo” (residuos industriales olivícola) y hortalizas para establecer relaciones C/N de 30/1 con y sin inclusión de inoculantes metanogénicos. Los resultados fueron a los 72 días, el reactor sin inoculantes produce CH_4 de baja calidad menor de 13% una alta concentración de CO_2 de 60% y gases traza de 8%. En el reactor con inoculantes (estiércol de bovino) se obtiene CH_4 69%, CO_2 , 26% y gases traza 3%. El inicio de la metanogénesis en este reactor fue de 20 días (producción de CH_4) la producción media de biogás por Kg materia prima para el $T_0 = 0.03L$ para $T_1 = 0.3L$ con un rendimiento total de biogás para $T_0 = 07L$ y $T_1 9.3L$ y para el proceso aeróbico se utilizó los residuos de alperujo como enmiendas para el proceso de fertilizantes orgánicos.

El alperujo presenta compuestos aromáticos, como fenoles y ácidos grasos de largas cadenas que pueden ser toxicas durante el proceso metanogenético. El objetivo de esta investigación fue desarrollar un sistema combinado para el tratamiento de estos residuos con altas cargas orgánicas,

que integre fases de degradación anaeróbica y aeróbica, con inoculantes metanogénicos incorporados, para optimizar la producción de biogás y estabilizar mediante compostaje el digestato generado en metanogénesis el cual se puede utilizar como acondicionador físico o enmiendas orgánicas del suelo.

GONZALES, E. T., JURADO, P. C. y GÓMEZ, L. F (2017). En su artículo: Sustratos y producción de biogás en biodigestores. Una revisión sistemática. En la que:

Realizaron una investigación sistemática, revisando 57 artículos originales científicos que desarrollaron procesos experimentales del proceso de digestión anaeróbica, utilizando sustratos de estiércol y residuos orgánicos de la agricultura, el Objetivo general fue determinar, basados en la literatura académica, los diferentes sustratos que se emplean en biodigestores para la codigestión anaerobia y busca establecer, la relación del tipo de sustrato con la cantidad de metano producido durante este proceso. La búsqueda de los artículos se realizó en noviembre del 2016, la página donde se busco fue: Science Direct publicados dentro de los diez años, la búsqueda se realizó por separado por cada uno de los autores y luego se compararon cada uno de ellos para ser considerados dentro del artículo. Los 57 artículos se dividieron en cuatro grupos de acuerdo al sustrato: artículos con estiércol de cerdo 19, artículos con estiércol de vaca 25, artículos con estiércol de pollo 5 y artículos con estiércol de ganado 8. Durante la investigación de cinco artículos que generan mayor volumen de producción de biogás son los que están compuestos por sustratos con estiércol de cerdo, vaca y ganado, y una mayor producción resulta al hacer mezcla de estiércol con residuos de alimentos. El rango para la producción de biogás es de 35-37°C de los 59 artículos de investigación 19 no lograron obtener porcentajes de metano. El volumen total entre todos los que generan metano es de 9,29 L/Kg SV * día.

1.2.2 Nacional:

ARRIETA (2016). Piura, Universidad de Piura, realizó una investigación en “Diseño de un Biodigestor Domestico para el Aprovechamiento Energético del Estiércol de Ganado”.

Esto permitió reaprovechar al máximo las excretas de los vacunos y porcinos para satisfacer la demanda eléctrica que permitió aprovechar las excretas de ganado vacuno y/o porcino para la elaboración energética en bien de la población, así mismo ayudó en la cocción rutinaria de los alimentos. El proceso consistió en una fermentación anaerobia por medio de un biodigestor que contó con dos fuentes, un efluente y un afluente, el biogás pasó por un canal de tuberías al gasómetro para su respectivo almacenamiento donde fue usado por el consumidor de acuerdo a sus necesidades, este producto puede reemplazar a los combustibles fósiles pasando a ser un gas barato, económico, renovable y de fácil preparación de obtener.

Aporte: esta tesis apporto en mi proyecto de investigación en aprovechar al máximo las excretas de porcino y vacuno para transformarlos en combustibles baratos y renovables en beneficio de la población.

Según VEGA, (2015) Chimbote - Perú, Universidad Nacional del Santa. Realizó una investigación en “Diseño, Construcción y Evaluación de un Biodigestor Semi-contínuo para la Generación de Biogás con la Fermentación Anaeróbica del Estiércol de Cuy y de Conejo Para La Institución Educativa Privada Cristina Bereshi”.

El proceso de la experimentación se desarrolló teniendo como énfasis las etapas de: análisis químicos de estiércol de cuy y de conejo, se hizo cálculos de las dimensiones del biodigestor modelo chino, edificación del biodigestor, pruebas de experimentos durante la etapa inicial de fermentación, control de los métodos de fermentación, y el mejoramiento de los parámetros durante la fermentación para

tener una buena producción de biogás, como resultado se obtuvo 6m³, con velocidad de 0.194 m³/día y una concentración de CH₄ de 55%.

Aporte: En este estudio se llegó a analizar los volúmenes de biogás generados por el estiércol de animales menores, que fue de mucha importancia en mi proyecto de investigación, que busca crear soluciones en el uso de Residuos Orgánicos.

CORNEJO (2012), Tarapoto – Perú, Universidad Nacional de Santa María, realizaron una investigación en “Producción de biogás a nivel de laboratorio, utilizando estiércol de ganado vacuno y de residuos agroindustriales (torta de piñón, cascarilla de arroz y rumen de ganado vacuno) en la E.E.A. el porvenir- distrito de Juan guerra”.

El objetivo fue determinar el grado de rendimiento de residuos de melaza, estiércol, y residuos agroindustriales durante el proceso de la biodigestión anaerobia para la obtención de biogás, el diseño se realizó en botellas PET (Polietileno Tereftalato) de 1750 ml. El producto del biogás se recaudó en botellas calibradas PET de 260 ml por el lapso de tiempo de 35 días. Este trabajo se realizó en las instalaciones de la E.E.A. EL PORVENIR – INIA, Distrito de Juan Guerra de la Provincia de San Martín. Se llegó a una conclusión que la producción de biogás es más alta de 5.5%, al mezclar estiércol y torta de piñón (50:50) diluyendo con agua (50:50) partes promedias.

Aporte: Esta tesis aportó en mi investigación a combinar las proporciones de estiércol y residuos agroindustriales, tiempo y volumen de fermentación para obtener biogás, y concluyendo a una gran solución que se obtiene mayor cantidad de biogás agregando estiércol y residuos agroindustriales.

FERRER, I., UGGETTI, E., POGGIO, D., MARTI, J. & VELO, E. (2015). En su investigación Producción de biogás a partir de residuos de bajo costo.

Mencionó que:

Los proyectos pilotos se desarrolló en la microcuenca del Jabon Mayo, distrito de Yanaoca, departamento del Cusco, a una altitud entre 3800 y 4500 m.s.n.m con 1800 familias con temperaturas ambiente de 8 y 10°C entre lluvias y verano características de la sierra andina, en colaboración con el Instituto denominado “por una Alternativa Agraria” (IAA). En Cajamarca se trabajó en coordinación con la institución “ITDG-soluciones prácticas” en tres comunidades de la región con altitud de 1300-3000-3800 m.s.n.m y T° entre 8-10°C. Durante el proyecto (2005-2008) se implementó 17 biodigestores tubulares de polietileno, 13 en el Cuzco y 4 en Cajamarca con volúmenes de 5m³ con tiempo de retención de 90 días y proporciones de 1/3 (estiércol de vacuno y ovino/agua). Algunos biodigestores se trabajaron en barreras de invernaderos otros en barreras de adobes y tapial. Durante los años 2005 y 2008 se realizaron encuesta a todas las familias que contaron con biodigestores donde a cada uno se planteó alternativas de mejoras con proporciones 1/1 en vez de 1/3 y alimentar con 26Kg de estiércol al día, también se planteó reemplazar los biodigestores de polietileno con biodigestores de geomenbrana por ser más duradero y más resistentes a las inclemencias del tiempo. Gracias a estas mejoras se logró acelerar la temperatura de 10°C a 23°C (2008) y con una producción de Biogás aproximadamente de $0.2\text{m}^3_{\text{biogás}} / \text{m}^3_{\text{digestor}} / \text{día}$, con 5m³ de biogases lo suficiente para el uso doméstico de 3-4 hrs/día, con estas mejoras la población tomó conciencia para que dejen de cocinar con estiércol quemado y que los residuos de biol sean aprovechados para los cultivos agrícolas.

1.3 Teorías Relacionadas al tema.

1.3.1 Residuos sólidos.

Los residuos sólidos son sustancias de productos y sub productos en estado sólido y semisólidos generados en diferentes actividades como: comerciales, industriales, residuos de limpieza urbana de parques y jardines; restos de limpieza de carreteras; construcciones, vehículos abandonados y residuos de animales que pueden causar daño a la salud

(SÁNCHEZ, ARTOLA, BARRENA, et al, 2014 y MUNIZAGA, 2009 p 27-28).

A. Clasificaciones de los residuos solidos

A.1 Residuos de gestión municipal.

Entre ellos se tiene a los siguientes residuos:

Domésticos:

Papeles.

Latas.

Descartables (botellas, pañales).

Restos de alimentos.

Estiércol.

Cueros.

Cenizas.

Bolsas.

Tierra, etc.

Comerciales.

Restos de aseo personal.

Papeles.

Embalajes.

Bolsas.

Aseo urbano.

Barrido de calles.

Barrido de vías.

Barrido de malezas (OEFA, 2014, p 10).

A.2 Residuos de gestión no municipal.

Peligrosos:

Residuos metálicos de plomo y mercurio

Residuos hospitalarios
Residuos de plaguicidas
Residuos de herbicidas
Residuos de plantas de productos químicos
Residuos de minería
Residuos de combustibles
Residuos radiactivos
Residuos de construcción y demolición
Residuos industriales.

No peligrosos

Desechos de construcción y demolición.
Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE).
Residuos industriales (OEFA, 2014, p 11).

B. Sistema de manejo y gestión de residuos sólidos domiciliarios.

La Gestión Integral de Residuos Sólidos Domiciliario es el conjunto de normativas, acciones articuladas operacionales, financieras y de planificación, que desarrolla una administración municipal o privada, basándose en criterios sanitarios, ambientales y económicos, para recolectar, tratar y disponer los residuos sólidos de la población. Una mala recolección puede formar una crítica de la población una buena gestión de residuos sólidos es mantener limpia la ciudad (MUNIZAGA. 2009, p 40).

C. Etapas de Sistema de manejo y gestión de residuos sólidos domiciliarios.

C.1 Generación de Residuos:

La generación de residuo es la primera etapa donde el residuo es producido por el individuo y que de aquí depende la cantidad que se va a producir para más adelante, con un manejo de gestión se trata de reducir al

máximo la generación de residuos para disminuir el impacto producido por ellos mismos (MUNIZAGA. 2009, p 40).

C.2 Manipulación, Separación, Almacenamiento y Procesamiento de Residuos en el Origen:

La separación y manipulación abarca todo el proceso de las actividades de los residuos sólidos, desde su recolección hasta que son colocados en los contenedores de basura para luego ser trasladados a espacios destinados como botaderos. Una buena segregación ayuda a mitigar los vectores contaminantes que producen contaminación y enfermedades a la Población (MUNIZAGA. 2009, p 40).

C.3 Recogida:

La recogida de los residuos sólidos se realiza en forma periódica por la municipalidad o instituciones a cargo de la recolección, ellos son los encargados de transportar directamente a un botadero o relleno sanitario, planta de tratamiento o industria recicladora con el fin de transformarle en otro valor agregado (MUNIZAGA. 2009, p 40).

C.4 Separación, Procesamiento y Transformación de Residuos Sólidos:

“Esto se produce fuera y alejado de las fuentes de generación de residuos sólidos, para separar los materiales de acuerdo a su origen unos que serán comercializados en el mercado y otros que serán transformados en energías y usos renovables” (MUNIZAGA. 2009, p 40).

C.5 Transferencia y Transporte:

La transferencia de residuos sólidos se realiza en vehículos pequeños para luego ser entregados a vehículos más grandes quienes son los encargados de transportar todos estos volúmenes a sus respectivos destinos finales programados. Los tipos de vehículos variarían de acuerdo a las ciudades y al índice de la población a aceptación que en países más desarrollados se

emplean ferrocarriles o barcazas con altas capacidades de cargas (MUNIZAGA. 2009, p 43).

C.6 Eliminación Final:

“La eliminación es el proceso final del manejo de los residuos sólidos, donde los residuos son dispuestos en lugares apropiados (vertederos sanitarios controlados o vertederos convencionales), que no produzcan alteraciones al medio ambiente ni riesgos a la sociedad” (MUNIZAGA. 2009, p 40).

D. Tipos de disposición final

D.1 Vertedero incontrolado de residuos a cielo abierto.

MUNIZAGA (2009) mencionó que: Un vertedero incontrolado a cielo abierto, es la disposición final de los residuos sólidos expuestos al exterior del terreno sin ningún tipo de tratamiento o protección al medio ambiente y la salud pública. Este tipo de disposición genera problemas en la salud pública generando transmisión de enfermedades, (vectores y roedores), malos olores y lixiviados al suelo, sub suelo, aguas superficiales y sub terráneas (p 44)

D.2 Vertedero sanitario controlado (relleno sanitario):

Un vertedero sanitario controlado es el proceso de depositar los residuos sólidos en orificios hechos en la superficie del suelo (enterrado) sin causar daños al medio ambiente y sin causar molestias y peligros a la salud pública. Este tipo de vertederos son cubiertos con capas de tierra y cal con la finalidad de impedir la liberación de gases tóxicos, malos olores, la atracción de vectores y animales que son las fuentes principales de generar problemas ambientales y sociales (MUNIZAGA. 2009, p 45).

D.3 Vertedero controlado de alta densidad:

Este tipo de vertederos consiste en formar fardos compactados con los residuos sólidos en una planta de tratamiento de residuos sólidos y colocarlos en forma ordenada sobre un terreno preparado en capas, con geo

membranas flexibles de alta impermeabilidad, con sistemas de captación pasiva de biogás y drenajes para líquidos percolados que puedan generarse. Este tipo de vertido de alta densidad ayuda a minimizar las emisiones contaminantes a largo plazo, ya que al compactar los residuos entre 0,8 y 1,2 ton/m³, pierden parte de su humedad, teniéndose como resultado final un vertedero seco (MUNIZAGA. 2009, p 47).

D.4 Incineración:

Esta tecnología consiste en un tratamiento térmico, incinerados a 900 °C, mezclados con una cantidad apropiada de aire durante un tiempo predeterminado. Los residuos sólidos y compuestos orgánicos son reducidos en dióxido de carbono gaseoso, vapor de agua, y sólidos inorgánicos (cenizas). (MUNIZAGA. 2009, p 48).

E. Procesos de biodigestión de los residuos sólidos orgánicos.

El proceso de biodigestión se realiza con un correcto reciclaje para dar un correcto valor agregado a la materia orgánica; Reciclar materia orgánica es brindar un alto valor agregado a la agricultura y al sustento familiar de la ciudadanía sin el uso de abonos sintéticos y bajos costos. En el caso de energías renovables como el biogás, la población microbiana son los encargados de transformar la materia orgánica en gas metano a través de la digestión anaeróbica (MANUAL DE BIOGÁS, 2011).

E.1 Digestión anaeróbica:

La digestión anaeróbica es un proceso biológico sin la presencia de oxígeno, donde gran parte de la materia orgánica como excreta y restos vegetales son convertidos en biogás gracias a la mezcla de metano, dióxido de carbono, nitrógeno entre otros, esto se da por un grupo de bacterias sensibles o inhibidoras a la presencia de oxígeno. Más del 90% de energía disponible por el Oxígeno es transformado en metano solo consumiéndose un 10% en el crecimiento bacteriano. En este proceso los microorganismos del metano participan como enzimas respiratorios y junto con otro tipo de

bacterias constituyen una cadena alimentaria transformando la MO en metano (VARNERO, 2011, p 14).

E.2 Digestión aeróbica:

La digestión aeróbica es un proceso de fermentación en presencia de oxígeno por distintos grupos de bacterias y protozoos, transformando la materia orgánica en productos inocuos para otros usos. La diferencia con la digestión anaeróbica es que es fácil de realizar, barata, baja inversión, no genera malos olores, reduce los coliformes fecales y reduce los organismos patógenos que pueden causar daño a la salud (VARNERO, 2011, p 13).

F. Tiempo de biodegradabilidad de los residuos.

F.1 Elementos de rápida descomposición:

Se encuentran residuos con vida media de 1 año. Ejemplo: restos de comida.

F.2 Elementos de descomposición moderada:

“Residuos con vida entre 5 y 20 años. Ejemplo: papel, madera, cartones, desechos de jardín, etc”.

F.3 Elementos no degradables:

“Son residuos cuya vida media puede considerarse infinita. Ejemplo: metales, vidrios, plásticos, etc” (Munizaga. 2009, p 52).

1.3.2 Biogás

(WEBER, ROJAS, TORRES y PAMPILLON, 2012, p 4) mencionó que: El biogás es el resultado final de una previa digestión anaeróbica de materia orgánica compuesta por elementos químicos como metano, anhídrido carbónico y dióxido de carbono presentes en mayor cantidad y calidad. También se dice que el biogás es una mezcla gaseosa de energía renovable beneficiosa para el consumidor y el ambiente.

(MUNIZAGA. 2009, p 52). Mencionó que: El biogás es un gas incoloro y más liviano que el aire. El metano dentro de los componentes del biogás, es un gas combustible, de alto poder calorífico encargado de dar las características energéticas al biogás. El poder calorífico depende de la composición de la materia orgánica, para generar metano con rangos superior a 9.300 Kcal/m³; a excepción del biogás de los rellenos sanitarios y vertederos que poseen un poder calorífico superior a 4.200-5.600 Kcal/m³.

A. Composición y características del biogás en los vertederos sanitarios.

(MUNIZAGA. 2009, p 52) “La composición y característica del biogás depende del tiempo de fermentación, el tipo de residuo, la condición del lugar y la mezcla de los compuestos orgánicos”. Los principales elementos del biogás son”:

- ↗ Metano.
- ↗ Dióxido de carbono.
- ↗ Nitrógeno.
- ↗ Oxígeno.
- ↗ Sulfuro de hidrogeno.
- ↗ Hidrogeno.
- ↗ Monóxido de carbono.

A continuación, se muestra los principales componentes del biogás y sus respectivas densidades.

Tabla 3:

Composición química del biogás

Elemento	formula	% volumen
Metano	CH ₄	40-70
Dióxido de carbono	CO ₂	30-60
Nitrógeno	N ₂	0,5
Oxígeno	O ₂	0,1
Sulfuro de hidrogeno	H ₂ S	0,1
Hidrogeno	H ₂	0,1
Monóxido de carbono	CO	0,1

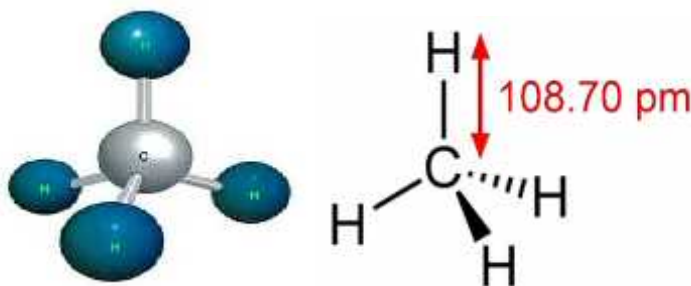
Nota: Fuente modificada de Munizaga. 2009, p 52

Al concentrarse el metano con el aire (5-15%), se transforma en gas explosivo y el biogás se convierte en explosivo al hacer concentraciones de 11-21%. El olor fuerte que emana el biogás se debe a la presencia de Sulfuro de Hidrogeno (H₂S) (MUNIZAGA. 2009, p 52).

A.1 Metano:

El metano (CH₄) es una mezcla gaseosa producido por la descomposición de desechos orgánicos que al estar en proceso anaeróbico se produce en altas concentraciones, siendo útil para familias de escasos recursos económicos. El metano que se obtiene del proceso anaeróbico, depende del tiempo de retención, tipo de materia orgánica, velocidad, carga, temperatura y presión (INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA, 2007, p 7-8-11-13). En la figura 1 se muestra la reacción química del metano.

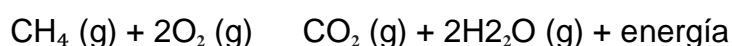
Figura 1



Fuente: Manuel Almagro Rivas, 28 mayo 2014

Figura 1: Reacción química del metano con el enlace de 4 hidrógenos

A.1.1 Formula de las reacciones químicas



A.1.2 Poder calorífico del metano:

El metano al estar sometido en un biodigestor con un llenado del 60% presenta un poder calorífico de 5.500 kcal/Nm³ equivalente a 6,4 kWh/Nm³. Durante el proceso de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se debe considerar lo siguiente: DQO efluente = DQO afluente + DQO biogás (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2007, p 7-8-11-13). A

continuación, se muestra las tablas N° 4 con índices de poder calorífico del biogás y otros combustibles.

Tabla 4:

Comparación entre el poder calorífico del biogás con otros combustibles.

Valores	Biogás	Gas		Gas metano	hidrog
		natural	propano		
Valor Calorífico (Kwh/ m ³)	7.0	10	26	10	3
Densidad (t/m ³)	1.08	0.7	2.01	0.72	0.09
Densidad con respecto al aire	0.81	0.54	1.51	0.55	0.07
Límite de explosión (% de gas en el aire)	6-12	5-15	2-10	5-15	4-80
T° de encendido	687	650	470	650	585
Máxima velocidad de encendido en el aire (m/s)	0.31	0.39	0.42	0.47	0.43
Requerimiento teórico de aire (m ³ /m ³)	6.6	9.5	23.9	9.5	2.4

Fuente: Composición promedio del biogás: CH₄ (65%) – CO₂ (35%).

“En cuanto a la combustión, 1m³ de biogás es equivalente a 5,96 KW /cada KW de energía producido por biogás en lugar de diésel” (GUTIÉRREZ, MONDACA, MEZA, FELIZ, BALDERAS y GORTÁRES, 2012, p 890).

A.2 Dióxido de carbono:

El dióxido de carbono se forma durante la fase de hidrólisis / acidogénesis y en el curso de la formación de metano. Se disuelve en agua, formando un importante tampón de carbonato de hidrógeno. Si la proporción de dióxido de carbono / metano en el biogás desciende sin que se haya cambiado la composición del sustrato, se puede apreciar una tasa más alta de formación de ácido en comparación con la formación de metano. El equilibrio de los flujos de masa en el proceso de degradación se interrumpe entonces esto puede ser causado por la variación de cantidades de insumo o la inhibición de la población metanogénica. El dióxido de carbono, al igual que el metano, se mide con sensores infrarrojos o sensores de conductividad térmica. El dióxido de carbono es el segundo gas en la fermentación después del metano con un porcentaje de 30-45% y el metano de 55-70% en su composición (VARNERO, 2011, p 16- 44-57-59).

A.3 Nitrógeno:

El nitrógeno es necesario para construir la estructura de las células bacterianas y es, por lo tanto, un nutriente vital en la digestión anaerobia. Las altas concentraciones de nitrógeno van a producir el amoníaco que generan un alto contenido de biogás en los reactores de fermentación anaerobia (VARNERO, 2011, p 36).

Tabla 5:

Tabla de valores promedio aproximados de nitrógeno de residuos disponibles en el medio rural.

Materiales	% N
Residuos de animales	
bovinos	1.30
equinos	0.80
ovinos	1.00
porcinos	1.50
caprinos	1.00
conejos	1.50
gallinas	1.50
patos	0.80
pavos	0.70
Residuos del hombre	
Excretas de personas	0.85
Residuos vegetales	
Paja de trigo	0.53
Paja de cebada	0.64
Paja de arroz	0.63
Paja de avena	0.53
Rastrojo de maíz	0.75
leguminosas	1.50
hortalizas	1.80
tubérculos	1.50
Hojas secas	1.00
aserrín	0.06

Fuente: Varnero y Arellano, 1991

El nitrógeno ayuda en el crecimiento bacteriano dentro del biodigestor y están concentrados dentro de las proteínas, para una buena concentración de nitrógeno (N) y amoníaco (NH₃). Se debe tener en cuenta los rangos de PH (7.0), de los dos compuestos químicos, el amoníaco inhibe el aumento del PH convirtiendo en PH alcalino esto depende de la cantidad de materia orgánica, capacidad del reactor y de la temperatura. Los residuos con exceso de proteínas o compuestos de nitrógenos presentan más problemas en inhibir el amonio (VARNERO, 2011, p 36).

a.4 Oxígeno:

El oxígeno debería ser detectable en el biogás si se añade para propósitos de desulfuración biológica. En ese caso, se puede medir el oxígeno para ajustar el contenido de oxígeno requerido para la desulfuración. Se puede medir el oxígeno con sensores electroquímicos y sensores paramagnéticos (AGENCIA DE RECURSOS RENOVABLES, 2010, p. 92).

B. Etapas del proceso de fermentación.

(MANUAL DE BIOGÁS, 2011, p 21). “La digestión anaeróbica es un proceso muy complejo, uno por el número de reacciones bioquímicas y dos por la cantidad de microorganismos que participan en ella, para ello la descomposición anaeróbica se divide en cuatro etapas”:

- ↗ Hidrólisis
- ↗ Etapa fermentativa o acidogénica
- ↗ Etapa acetogénica.
- ↗ Etapa metanogénica.

B.1 Hidrólisis.

El hidrolisis es la primera etapa de la digestión anaeróbica en donde la materia orgánica (MO) es mezclada con compuestos solubles (H₂O) gracias a que las bacterias atraviesan las paredes celulares de toda la materia

orgánica (MO) durante el proceso que se realizará; también se crean los sustratos para seguir el proceso por más adelante. (VARNERO, 2011, p. 19). La hidrólisis es la etapa fundamental encargada de la producción del biogás pero esto depende de la temperatura, tiempo de retención, composición de la materia orgánica, tamaño de partículas, potencial de hidrogeno (PH), y concentración de amoniaco. Los principales productos que participan en la hidrólisis de las células son las celobiasa, glucosa, productores de pentosas, hexosas y ácidos urónicos son producido por las hemicelulosa esta producción aumenta con la temperatura (VARNERO, 2011, p 19).

B.2 Etapa fermentativa o acidogénica.

En esta etapa se fermentan todo tipo de moléculas orgánicas solubles en aceites de la fase anterior convirtiéndose en compuestos más pequeños y de bajo peso molecular, como es el ácido acético (CH_3COOH) y pequeñas concentraciones de ácido fúlvico entre otros. El principal gas que se genera en esta fase es el Dióxido de Carbono, y en cantidades pequeñas el gas hidrogeno (H_2). Pero en esta fase es de gran beneficio para el incremento de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de xígeno (DQO) debido a la disolución de los ácidos orgánicos de los lixiviados (MUNIZAGA. 2009, p 50).

(CRUZ, CABRERA, MONTOYA, MORENO y BUITRAGO, p. 114). “Realizaron un estudio durante este proceso y llegaron a la solución que con temperaturas de 31°C y 33°C . Es el ideal para este tipo de proceso”.

B.3 Etapa acetogénica.

(VARNERO, 2011, p. 19). Menciona que: En este proceso algunos productos de fermentación son metabolizados por organismos metanogénicos, agua, aceite, etanol, ácidos, etc., y son transformados en productos más sencillos como acetato CH_3COO e hidrógeno H_2 , a través de las bacterias acetogénicas. (*Syntrophomonas wolfei* y *Syntrophobacter wolini*). Todas las bacterias homoacetogénicos crecen en presencia de azúcares produciendo como único producto el acetato. A este nivel las bacterias ya han extraído

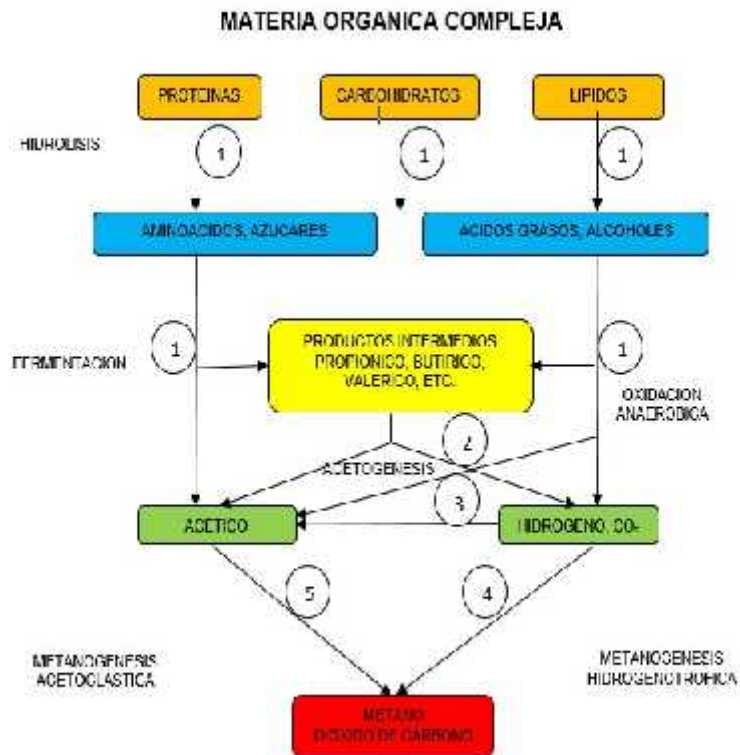
todo el proceso de la digestión y como resultado eliminan todos los desechos de sus células es de aquí donde se aprovechan las bacterias metanogénicas en la siguiente etapa.

b.4 Etapa metanogénica.

Durante esta etapa las bacterias transforman el ácido acético en metano y CO₂. Además, todo tipo de ácidos y el gas de hidrógeno también son convertidos en CH₄ y CO₂. Durante este proceso el PH dentro de un vertedero ascenderá a valores más neutro (6,8 a 8.0). Con valores más altos de PH quedaran menos constituyentes inorgánicos en la disolución (MUNIZAGA. 2009, p 50).

Durante este proceso los microorganismos anaerobios, se encarga de fabricar el metano, y completan el proceso de la digestión anaeróbica mediante la elaboración del metano a partir de sustratos de mono carbonados (2 átomos de carbono + acetato H₂/CO₂, formando, metanol y algunas metilaminas). El 70% de metano que se forma mediante la digestión está formado de descarboxilación de ácido acético (VARNERO, 2011, p 19).

Figura 2



Fuente: Modificado de (Pavlostathis, Giraldo, Gómez, 1991).

Figura 2: reacciones de la digestión anaeróbica de materiales poliméricos, los números indican la población bacteriana responsable del proceso: 1: bacterias fermentativas; 2: bacterias acetogénicas que producen hidrogeno; 3: bacterias homoacetogénicas; 4: bacterias metanogénicas hidrogenotróficas; 5: bacterias metanogénicas acetoclásticas.

C. Uso del biogás.

El biogás producido por residuos sólidos orgánicos, es un producto de energía limpia, barata y fácil de instalar que está al alcance de todo consumidor y con productos propios de la zona que se puede utilizar en cualquier momento y en diferente temporada del año con familias de extrema pobreza de nuestra provincia.

Figura 3



Fuente: Elaboración Propia, Bambamarca 2017

Figura 3: Uso del Biogás, producido por la fermentación de residuos sólidos orgánicos en el distrito de Bambamarca.

D. Clasificaciones de los microorganismos en la digestión anaeróbica.

“La clasificación de los microorganismos varía de acuerdo al tipo de materia orgánica que se alimenta al reactor (VARNERO, 2011, p 23). Entre los cuales se tiene”:

Los que se degradan por respiración anaeróbica: “Alcoholes, ácidos grasos y los enlaces aromáticos”.

Microorganismos que actúan aprovechándose de nitratos: “Paracoccus, denitrificans, Pseudomonas y los stutzerii”.

Los que se aprovechan de nitratos como el azufre: “Desulfuromonas acetoxidans, Pyrodictium occultum”.

Los que se aprovechan de sulfato: “Los Desulfovibrio desulfuricans, Desulfonema limícola a la vez participan en la degradación del lactato y etanol”.

Los que se aprovechan de carbonato: “Acetobacterium woodi, Clostridium aceticum, Methanobacterium thermoautotrophicum”.

Los que se aprovechan de fumarato: “Escherichia coli, Wolinella y Succinogenes”.

Se dice que durante la primera y segunda etapa de la degradación participan 128 órdenes de bacterias, 58 especies y 18 géneros, de las 58 especies de bacterias las más que resaltan son los Clostridium, Ruminococcus, Eubacterium y Bacteroides y durante la tercera y cuarta etapa de la degradación participan 81 especies, 23 géneros, 10 familias y 4 órdenes, y todas ellas son bacterias metanogénicas. Además, todos los biorreactores generan unos microorganismos que también apoyan indirectamente en la digestión anaeróbica como son los Staphylococcus y que puede ser muy riesgoso para la salud humana si no se maneja adecuadamente (VARNERO, 2011, p 23-24).

D.1 Bacterias que participan en la hidrólisis:

“Bacteroides, actobacillus, Sphingomonas, Sporobacterium, Bifidobacterium, Propioni-bacterium, Megasphaera” (VARNERO, 2011, p 24).

D.2 Bacterias que participan de la acidogénesis:

Clostridium, Paenibacillus y Ruminococcus además ellos están presentes en todos los procesos (hidrolisis, acidogenosis, metanogenosis), además en esta etapa aparece un grupo más dominante que son los Bacteroides, Cytophaga y Flavobacterium ellos representan el segundo grupo más grande durante las primeras fases anaeróbicas (VARNERO, 2011, p 24).

D.3 Bacterias que participan de la acetogénesis:

Son las bacterias que solo pueden vivir en grupo con las bacterias que consumen hidrogeno y tienen un periodo de vida de 84 horas estas bacterias son capaces de degradar lactato y etanol, pero incapaces de degradar ácidos grasos y compuestos aromáticos (VARNERO, 2011, p 24).

D.4 Bacterias que participan de la metanogénesis:

“Las bacterias que participan en la metanogénesis son la Arqueas metanogénéticas (Methanobacterium, Methanospirillum hungatii, y Methanosarcina) son las que actúan en presencia de las hidrogenasas como transportadoras de hidrogeno” (VARNERO, 2011, p 24).

D.5 Especies metano tróficas.

Son bacterias que se encuentran presentes en todas partes del medio ambiente, pero no son tan importantes en las plantas de biogás, debido a que la mayoría de ellas son aeróbicas y cumplen su función en presencia de oxígeno, son las encargadas de degradar el metano que se encuentra dispersado en el medio ambiente y así reducen los gases contaminantes que alteran al ambiente, estas bacterias consumidoras de metano degradan hasta el 17% de metano presente en la atmosfera, además de ellos existen otros grupos que viven en los sedimentos marinos que consumen el metano sin la presencia de oxígeno (VARNERO, p 24-25).

E. Beneficios ambientales de la biodigestión anaeróbica.

En la actualidad el biogás es una fuente renovable de energía dando una amplia gama de beneficios a la sociedad, en muchos países el Biogás presenta incentivos económicos proporcionando ingresos adicionales. Cuando los residuos orgánicos se someten a una degradación aerobia generan compuestos de bajo poder energético como CO_2 y H_2O . Se estima que la pérdida de energía es 20 veces superior a un tratamiento anaeróbico porque la mayor parte se volatiliza a la atmosfera. Por otro lado, se reduce la presión en los botaderos y rellenos sanitarios obteniendo sub productos con valor agregado, por otro lado, ayuda a constituir la protección del H_2O , lixiviados de nitratos y los malos olores que se volatilizan al medio ambiente. El metano es el principal constituyente del efecto invernadero, constituyendo el 20 % el hombre, el 50% de la ganadería y el 30% de los cultivos (papa, arroz, café, etc.) (VARNERO, p 24-25).

F. Parámetros para la composición del Biogás.

F.1 Temperatura.

“La temperatura es el equilibrio constante para el desarrollo y crecimiento de los microorganismos, cuando asciende la temperatura, asciende la velocidad del crecimiento bacteriano, acelerando el proceso de la digestión anaeróbica, y dando un incremento de mayor producción de biogás” (VARNERO, 2011, p 38).

F.1.1 Rangos de temperatura.

A continuación se detalla tres rangos de temperatura que permitirán la aceleración del biogás.

a) Psicrófilos: “La T° está por debajo de los 25°C. Se obtendrá el biogás en un periodo de 100 días” (Varnero, 2011, p 38).

b) Mesófilos: La T° está entre los 25-45°C. Se obtendrá el biogás en un periodo de 30-60 días (Varnero, 2011, p 38).

c) Termófilos: La T° está entre 45-65°C. Se obtendrá el biogás en un periodo de 10-15 días. Con esta T° aumenta la solubilidad de las sales, aumentando la aceleración de la materia (VARNERO, 2011, p 38).

Tabla 6:

Rangos de Temperatura y Tiempo de fermentación Anaeróbica

Fermentación	Mínimo	Óptimo	Máximo	Tiempo de Fermentación
Psicrófilos	4-10 °C	15-18°C	20-25°C	Sobre 100 días
Mesófilos	25 °C	25-35°C	35-45°C	30-60 días
Termófilos	45°C	50-60°C	<65°C	10-15 días

Nota: Lagrange, 1979.

F.2 Potencial de Hidrogeno (PH)

El potencial hidrógeno (PH) es la medida de la acidez o la alcalinidad de una sustancia o disolución que indica los iones de hidrógeno (H₃O) presente en

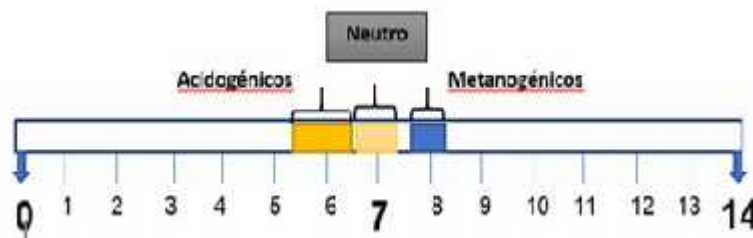
determinadas soluciones. En la biodigestión anaeróbica, las bacterias consumidoras de metano son más susceptibles a variaciones del PH que a los demás grupos de bacterias (VARNERO, 2011, p 43-44).

F.2.1 Rango del PH.

- a. **Acidogénicos:** El PH presenta rangos de 5.5 y 6.5.
- b. **Metanogénicos:** El PH presenta rangos de 7.8 y 8.2
- c. **Neutro:** El PH presenta rangos de 7.0

(VARNERO, 2011, p 24-25) mencionó que: El PH con rango de 6.8 y 7.4 es ideal para la producción del biogás, y no debe ser inferior a < 6.0 ni > 8.0 . Si la biodigestión anaeróbica es < 6.0 es pobre en metano, la cual la producción de biogás será en mínimas cantidades, en este proceso es necesario agregar cal para aumentar el PH. La caída del PH se debe a la excesiva acumulación de dióxido de carbono y a la acumulación de ácidos grasos volátiles (AGV), en este caso se reducirá la tasa de carga orgánica hasta llegar al punto AGV de consumo más rápido, una vez que el AGV ha disminuido en su totalidad el PH regresará a su rango normal y la metanogénesis aumentará.

Figura 4



Fuente: Propia 2017

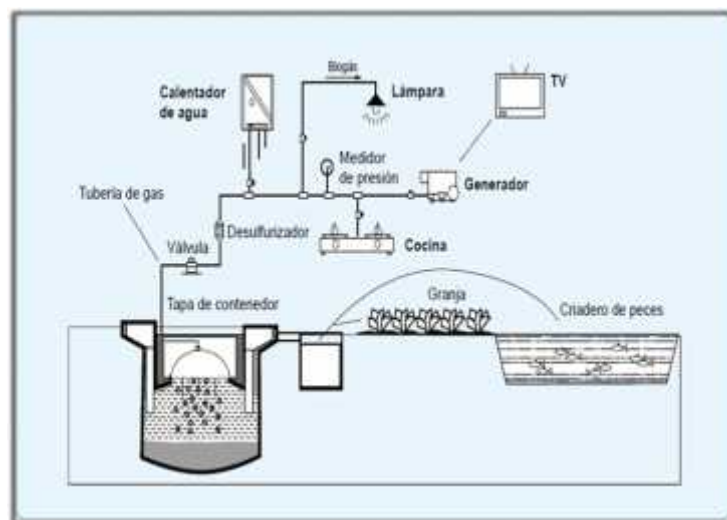
Figura 4: Parámetros de rangos del PH a) acidogénico (5.5-6.5 PH) b) metanogénico (7.8-8.2 PH) y c) neutro (7.0 PH).

G. Red de distribución del biogás.

(VARNERO, 2011, p. 55) mencionó que: “La combustión del biogás es una reacción química en la cual ocurre una rápida oxigenación/oxidación del Biogás” y se distribuye en:

- ↗ Calderas o calentadores de agua.
- ↗ Alumbrado público.
- ↗ Equipos electrodomésticos.
- ↗ Granjas.
- ↗ Preparación de alimentos. Etc.

Figura 5



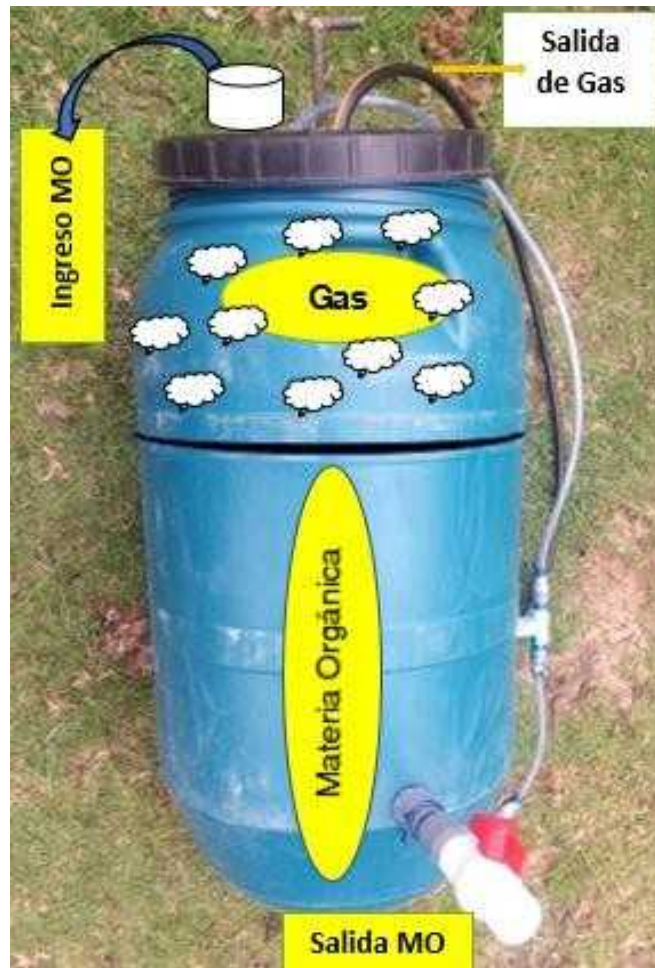
Fuente: FAO 2011

Figura 5: Red de distribución de biogás y su respectivo uso doméstico

1.3.3 Biodigestor

(VARNERO, 2011, p 79). Mencionó que: El biodigestor es un dispositivo donde se produce la digestión anaeróbica (descomposición de materia orgánica) libre de la presencia de oxígeno, estos dispositivos presentan forma cubica, cilíndrica, ovoide y rectangular. Algunos diseños de digestores tienen que tener cierto grado de inclinación en la plataforma para un drenamiento correcto al momento de hacer la limpieza. El material de construcción puede ser de concreto armado, acero inoxidable, plástico, polietileno, vidrio, etc.

Figura 6



Fuente: Propia 2017

Figura 6: Modelo de biodigestor de polietileno de 85 lt.

A. Partes del biodigestor.

A.1 Entrada del afluente:

Todo tipo de reactor tiene una fuente por donde ingresara la materia orgánica, previa disolución con sustancias líquidas (H_2O) para ser digeridas por las bacterias anaeróbicas, en plantas piloto industrializadas las fuentes de ingreso son posas acondicionadas de acuerdo al biodigestor y en los modelos artesanales depende del tipo de diseño del biodigestor que se

construye, puede ser de tubería, concreto armado, geomembrana y PBC (VARNERO, 2011, p 79).

Figura 7



Fuente: Propia 2017

Figura 7: modelo de entrada de afluente en biodigestores de polietileno de 85 litros

A.2 Extracción de lodos:

Son tuberías de drenaje por donde van a ser extraídos todo tipo de lodos, el diseño depende al biodigestor que se quiere diseñar, en algunos casos lleva al centro del reactor y tiene un diámetro de 15 cm y van equilibradas con unas válvulas tapón para evitar ser obstruidas al momento de la evacuación (VARNERO, 2011, p 79).

Figura 8



Fuente: Propia 2017

Figura 8: Modelo de extracción de lodos en biodigestores de polietileno 85 Lts.

A.3 Salida del efluente:

El reactor tiene un canal de salida por donde se extrae todo el afluente fermentado (biol) esta salida tiene que estar controlado por una llave de presión que impida la entrada de oxígeno (O_2) y la salida de la materia orgánica, solo puede ser manipulado durante el final de todo el proceso de fermentación (VARNERO, 2011, p 79).

Figura 9



Fuente: Propia 2017

Figura 9: Modelo de salida de afluentes en biodigestores de polietileno de 85 lts.

A.4 sistema de gas:

Son los conductos por donde se traslada el metano fermentado, es decir desde el biodigestor hasta el punto de consumo (cocina, gasómetro o quemador). El proceso de digestión anaerobia produce de 400-700 lts gas/Kg. Materia orgánica, en un buen tratamiento de fermentación anaeróbica, el metano será de 65- 70% de volumen, 30% al 35% de anhídrido carbónico y de 1-2% de otros gases. Debido a la buena concentración de metano (65- 70%) el gas del digestor posee un poder calorífico aproximado de 500 a 600 kilocalorías por litro (VARNERO, 2011, p 79).

Figura 10



Fuente: Propia 2017

Figura 10: Sistema de gas en biodigestores de polietileno de 85 lts.

A.4.1 Partes del sistema de gas:

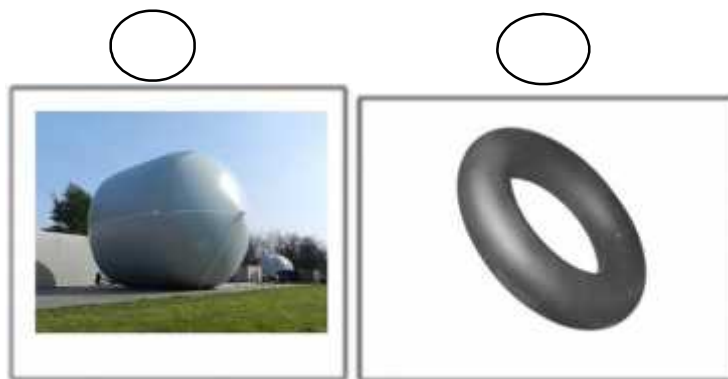
- Gasómetro.
- Válvulas de seguridad
- Apaga llamas.
- Válvulas térmicas

Separadores de sedimentos.
Purgadores de condensado.
Medidores de gas.
Manómetros.
Quemador de los gases sobrantes.

a. Gasómetro:

“Es el dispositivo donde se almacena el gas puede ser flotante o rígido junto al biodigestor o separado, que se usa en la cocina para la cocción de los alimentos o para lo que el consumidor crea por conveniente” (VARNERO, 2011, p 80).

Figura 11



Fuente: Sattler-Geno Blog

Figura 11: Modelo de gasómetros a) industrial b) artesanal

b. Válvulas de seguridad:

“Es el dispositivo que bloquea o permite el paso del biogás para su utilización. Estas válvulas se ubican dependiendo de la instalación del reactor, en algunos casos están unidos al reactor y en otros casos esta junto al gasómetro” (VARNERO, 2011, p 80).

Figura 12



Fuente: Propia 2017

Figura 12: Válvula de seguridad de ¼” para permitir o bloquear el paso del Biogás

c. Apagallamas:

“El apagallamas es un dispositivo con una serie de orificios de forma rectangular o circular con 50 a 100 placas de aluminio, que va junto a las tuberías de Biogás, lo cual se activan al momento de un incendio bloqueando el paso de la llama al tanque de fermentación” (VARNERO, 2011, p 81).

d. Separadores de sedimentos:

Los separadores de sedimentos son recipientes entre 60 y 90 cm de longitud, con un diámetro de 30 y 40 cm, estos equipos se ubican mayormente en la parte superior del biodigestor muy cerca a la cúpula del gas, y cumple la función de sedimentar e impregnar las partículas grandes y húmedas del gas que se producen en el biodigestor (VARNERO, 2011, p 81).

e. Purgadores de condensado:

Son instrumentos que sirven para expulsar los gases húmedos, partículas impregnadas de gas y partículas de agua que se sedimentan en las tuberías, estos instrumentos están ubicados en las partes más bajas del sistema y cumplen la función de purgar todos los desechos que impiden el paso del gas durante su recorrido (VARNERO, 2011, p 81).

Figura 13



Fuente: Propia 2017

Figura 13: Purgador artesanal, que expulsa gases húmedos, partículas impregnadas de gas y partículas impregnadas de agua de las tuberías.

f. Medidores de gas:

Estos instrumentos cumplen la función de medir el volumen del gas que se obtiene de la biodigestión anaeróbica, estos equipos van ubicados en la tubería del biodigestor por donde sale el gas y pueden ser de fuelles (dispositivo mecánico que contiene aire y lo expelle a ciertas presiones y direcciones), diagramas de flujo en paralelo, molinetes y placas de orificios o presión diferencial (VARNERO, 2011, p 81).

Figura 14



Fuente: <https://spanish.allbaba.com/product-detail/dlaphragm-gas-meter-50401181.html>

Figura 14: Modelo de gasómetros industriales

g. Manómetros:

Los manómetros son instrumentos que se utilizan para medir la presión del gas (pascales, bares o en psi) que se obtiene de la biodigestión anaeróbica, los manómetros se ubican en las tuberías de los biodigestores dependiendo del diseño que se está trabajando (VARNERO, 2011, p 82).

Figura 15



Fuente: <https://www.blogInstrumentacion.com/blog/2015/06/04aplicaciones-con-manmetros-diferenciales/>

Figura 15: Manómetro industrial para medir presión de gas

h. Quemador de gas:

“Son dispositivos que permiten quemar los volúmenes de biogás extraídos de los biodigestores, eliminando los gases contaminantes que se volatilizan a la atmosfera” (VARNERO, 2011, p 82).

Figura 16



Fuente: <http://www.DirectIndustry.es/prod/wayler/produccion-27848-154685.html>

Figura 16: Quemadores domésticos de gas

B. Clasificación de los reactores anaeróbicos.

Los biodigestores o reactores se clasifican en los siguientes tipos:

B.1 Reactores de tipo industrial

a. Reactor anaeróbico de alta velocidad:

Según (VARNERO, 2011, p 84-85). Afirma que Este tipo de reactor requiere de agitación y es de forma continua, actúa bajo condiciones de temperatura constante (30-40°C) es donde las bacterias mesofílicas y/o termofílicas están en constante aceleración de la biodigestión y se divide en los siguientes procesos:

↗ **Tiempo de retención de sólidos (TRS):** Durante este proceso la digestión mesofílica tiene un tiempo de retención de 15 a 30 días y para la digestión termofílica la tasa de cargas es de 5 a 15 días, los tamaños de los digestores se adecúan de acuerdo a la cantidad que se desea trabajar, esto puede evaluarse de acuerdo al monitoreo que se viene controlando (VARNERO, 2011, p 85).

↗ **tasa de carga de sólidos volátiles (SV):** Cabe mencionarse que el 95% de la Materia Orgánica está compuesto por agua y una mínima parte está compuesta por sólidos totales (ST), para la carga del digestor se debe tener en cuenta el porcentaje de Sólidos Totales para llevarse un buen control durante el proceso. Para tener una buena producción de gas en los digestores semi-continuos, la tasa de los Sólidos Totales debe de ser de 8% a 12% para no afectar a las bacterias metanogénicas y para los digestores discontinuos la tasa de Sólidos Totales debe de ser entre 40% a 60%. Para saber el volumen de la medida de agua que se desea emplear en la digestión anaeróbica es importante saber la medida de los Sólidos Totales de la Materia Orgánica (VARNERO, 2011, p 85).

↗ **Sólidos Volátiles (SV):** “Es la porción que se libera de una muestra mediante la volatilización al estar caliente por dos horas a 600 °C” (Varnero, 2011, p 38). Aquí se muestra un ejemplo.

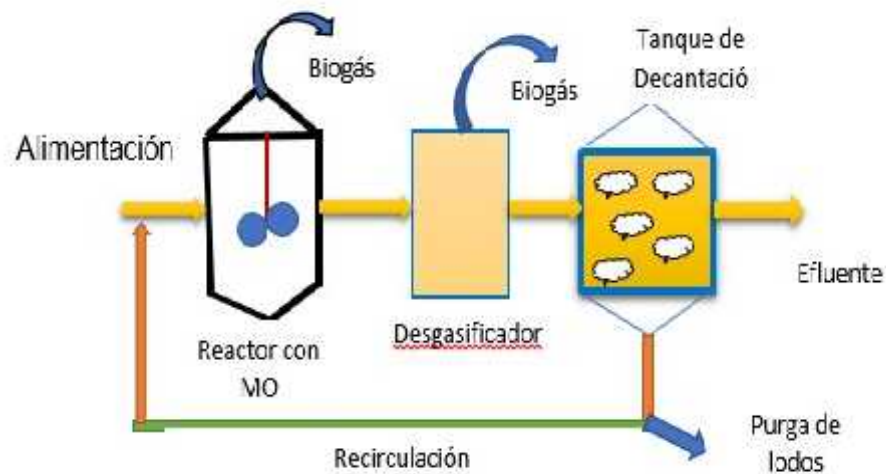
- 1.- Estiércol de bovino fresco = 20% ST.
- 2.- Se desea diluir a 5% ST.
- 3.- Calcular el H₂O por Kg de estiércol seco.

Solución:

b. Proceso anaeróbico de contacto:

Este es un modelo de tipo convencional donde se emplea agitación, aquí el afluente se pone en contacto con la biomasa anaeróbica permitiendo que los compuestos orgánicos (solubles y coloidales) se degraden con un TRH de 12 a 24 horas. El volumen de líquido para la carga de un reactor debe de ser de 4 – 6 g/L, con una concentración de 25 – 30 g/L. La tasa de carga de materia orgánica debe de ser de 0.5 a 10 kg DQO/m³. día (VARNERO, 2011, p 86).

Figura 17



Fuente: Modificada de Varnero, 2011

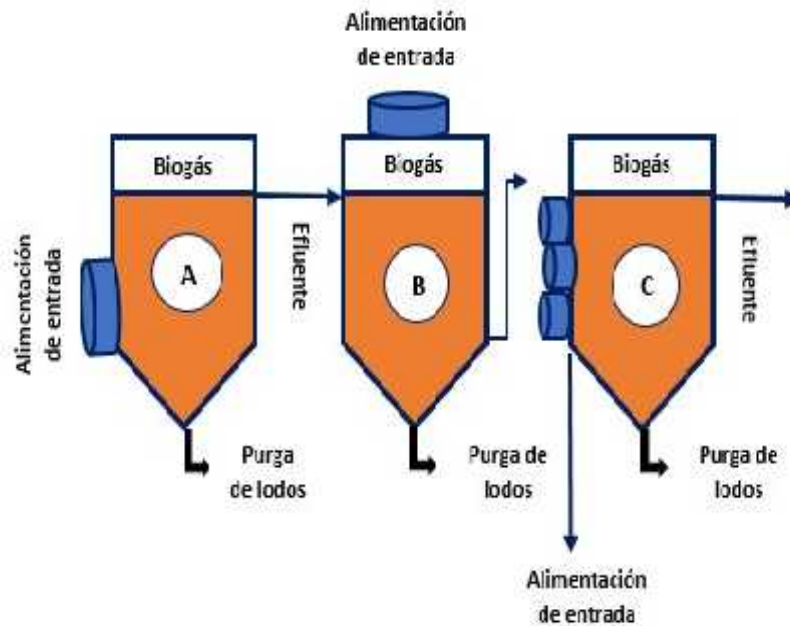
Figura 17: Reactor convencional con agitación en contacto al afluyente con la biomasa.

c. Filtro anaeróbico:

Los filtros anaeróbicos se dividen en tres tipos:

- ↗ **Filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAA):** Es un tipo de reactor anaeróbico que el canal de alimentación entra por la parte ascendente (superior), los más recomendable son los de plástico; además este tipo de reactores son cuñado con piedras en sus paredes para tener una temperatura dentro de los rangos normales (VARNERO, 2011, p 87-88).
- ↗ **Filtro anaeróbico de flujo descendente (FAD):** “Es un tipo de reactor anaeróbico que la alimentación se da por la parte inferior y la función es al igual que el reactor anaeróbico de flujo ascendente” (VARNERO, 2011, p 88).
- ↗ **Filtro anaeróbico de alimentación múltiple (FAM):** “Este reactor se diferencia de los anteriores porque tienes diferente filtro de entrada y es el más recomendado para la producción de biogás” (VARNERO, 2011, p 88).

Figura 18



Fuente: Modificada de Varnero,

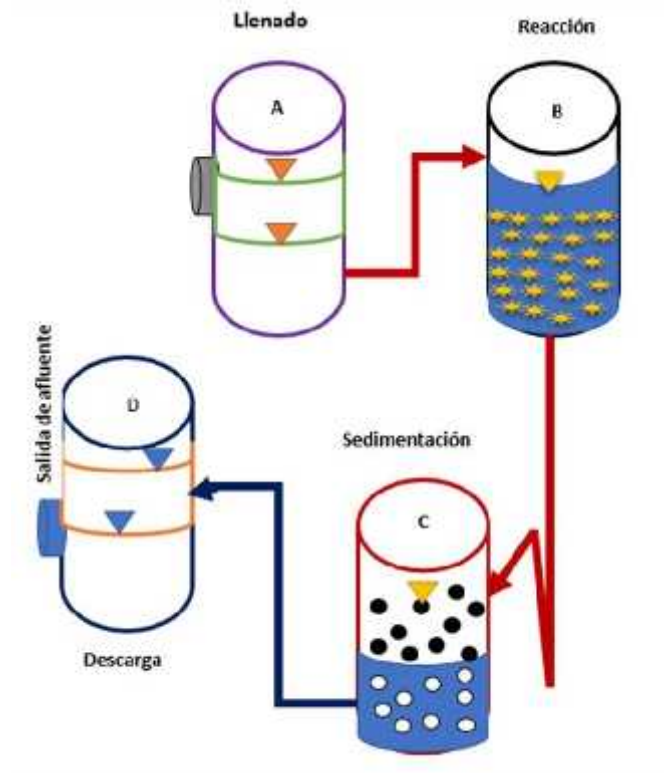
Figura 18: Filtros anaeróbicos: (A) Flujo ascendente, (B) Flujo descendente, (C) Alimentación múltiples.

d. Reactor anaeróbico en secuencia tipo Batch:

(VARNERO, 2011, p 89). “Hace mención que este reactor se divide en cuatro etapas que a continuación se detalla”:

- ↗ **Alimentación:** es el proceso donde el afluente ingresa al reactor.
- ↗ **Reacción:** Etapa donde ocurre la degradación de toda la Materia Orgánica.
- ↗ **Sedimentación:** Es el proceso donde las partículas de materia orgánica terminan en el fondo del biodigestor (sedimentación) las partículas de materia orgánica se separan del afluente y se detiene la agitación.
- ↗ **Descarga:** Proceso donde la sustancia depurada (biol) es extraído del reactor para usos beneficiosos en la agricultura. La descarga también se realiza cuando el proceso de fermentación está retardándose es decir los parámetros de control no están en sus límites normales.

Figura 19



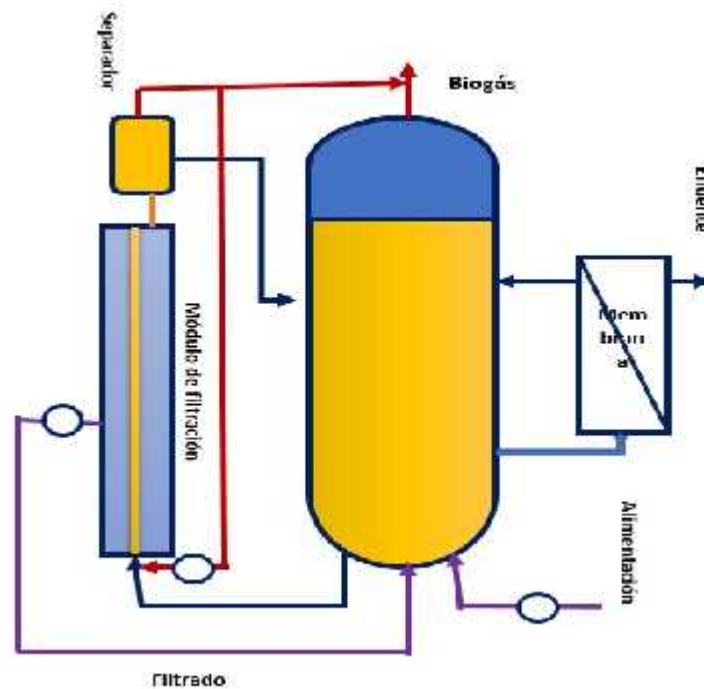
Fuente: Modificada de Varnero, 2011

Figura 19: Reactor tipo batch con sus cuatro etapas (A) Alimentación (B) Reacción (C) Sedimentación (D) Descarga

e. Biorreactor de membrana anaeróbica:

Este tipo de biorreactor de membrana anaeróbica se caracterizan por llevar una membrana externa dentro del reactor y cumple la función de separar los sólidos del líquido, además es capaz de retener la biomasa durante el proceso de biodigestión, su tiempo de retención de sólidos es extremadamente largos durante el proceso (VARNERO, 2011, p 90).

Figura 20



Fuente: Modificada de Varnero, 2011

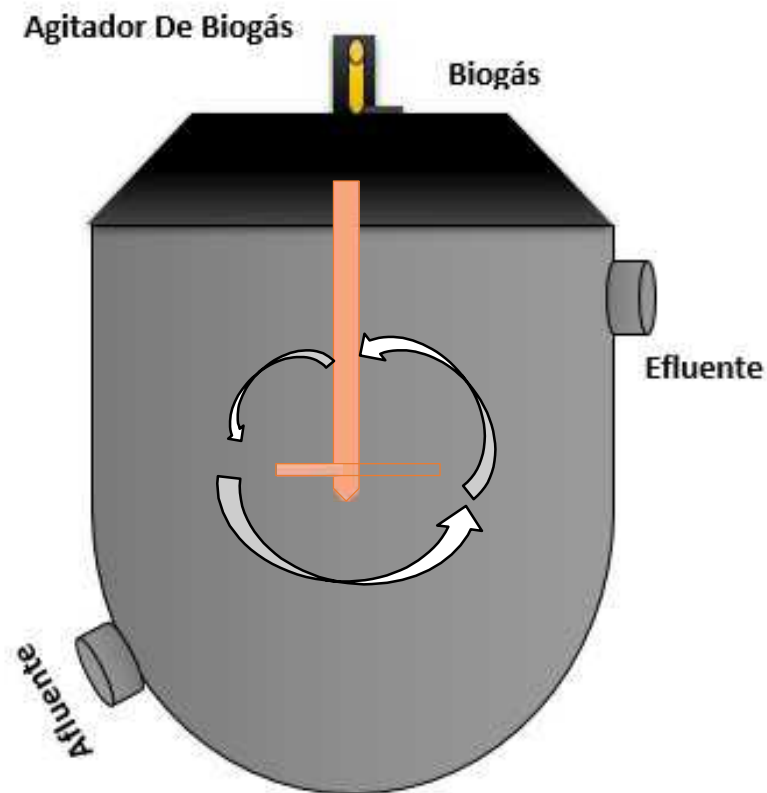
Figura 20: Biorreactor integrado por una membrana dentro de un reactor que facilita la separación sólido-líquido.

f. Digestor de mezcla completa:

Este tipo de digestores se divide en dos grupos:

- ↗ **Digestores de mezcla completa sin recirculación:** Son reactores que para el proceso de digestión anaeróbica requieren de agitación a baja velocidad (manual o mecanizado), esta agitación facilita que la repartición de sustratos y microorganismos sean iguales, es el tipo que más se utiliza para residuos orgánicos comparado a otros tipos de reactores, su tiempo de retención es sumamente alto debido a que la concentración de la materia del reactor es igual a la que se pretende en el afluente. Para obtener una buena velocidad del proceso biológico todo dependerá de la concentración de materia orgánica que se concentre (VARNERO, 2011, p 92).

Figura 21



Fuente: Modificada de Varnero, 2011

Figura 21: Reactor de mezcla completa sin recirculación

- ↗ **Digestor de mezcla completa con recirculación:** Son reactores que requieren agitación de alta velocidad, llamado también reactor anaerobio de contacto y de mucha eficacia para el tratamiento de aguas residuales, se dice que si se regula la recirculación se consigue tiempos de retención hidráulica más bajas que en cualquier otro tipo de reactores de mezcla completa, esto se realiza con la finalidad de aumentar el tiempo de retención de los microorganismos. Este proceso se aplica para la separación de fase sólida y líquida en aguas residuales de altas cargas orgánicas, donde la fase sólida va a quedar transformada en flóculos biológicos y sedimentados al interior, donde pasará por un proceso de desgasificación y seguidamente pasará al decantador para no ser impedida (VARNERO, 2011, p 92-93).

Figura 22

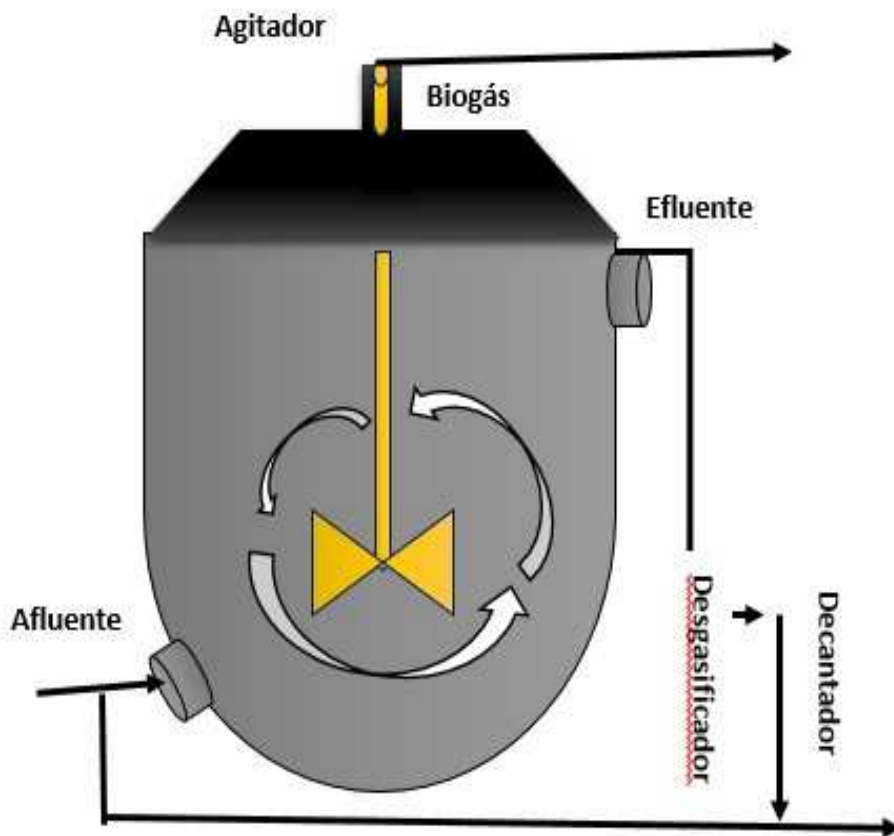


Figura 22: Reactor de mezcla completa con recirculación

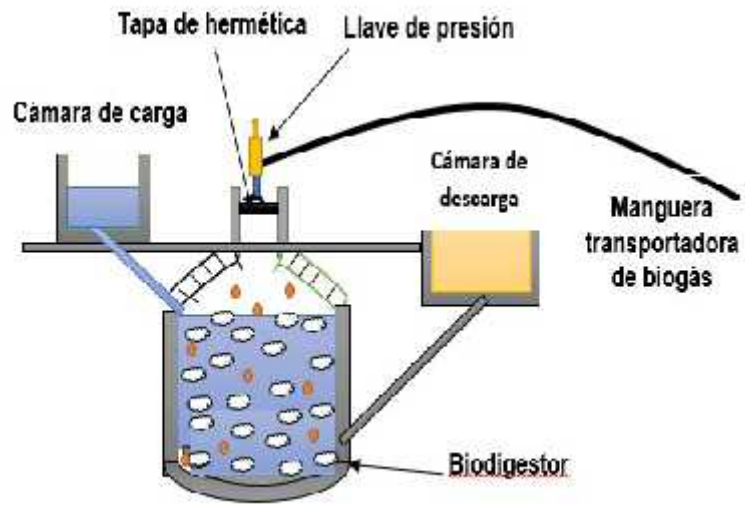
Fuente: Modificada de Varnero, 2011

B.2 Reactores de tipo artesanales.

a. Modelo chino:

Este tipo de reactor tuvo su origen en china, tiene forma cilíndrica y de cúpula fija, enterrando para acelerar la temperatura con cámara de hidropresión. La construcción de la estructura puede ser de hormigón, ladrillo, bloques, adobes y de geomenbrana, en algunos diseños el gasómetro va junto al reactor, la desventaja que presenta es que la presión del gas es variable dependiendo del volumen que se prepara (GUEVARA, 1996, p 33).

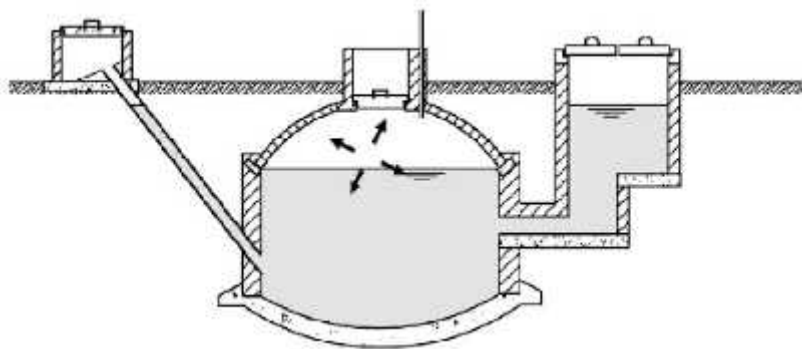
Figura 23



Fuente: Modificado de UCV 1990

Figura 23: Biodigestor modelo chino, capacidad 150 m³

Figura 24



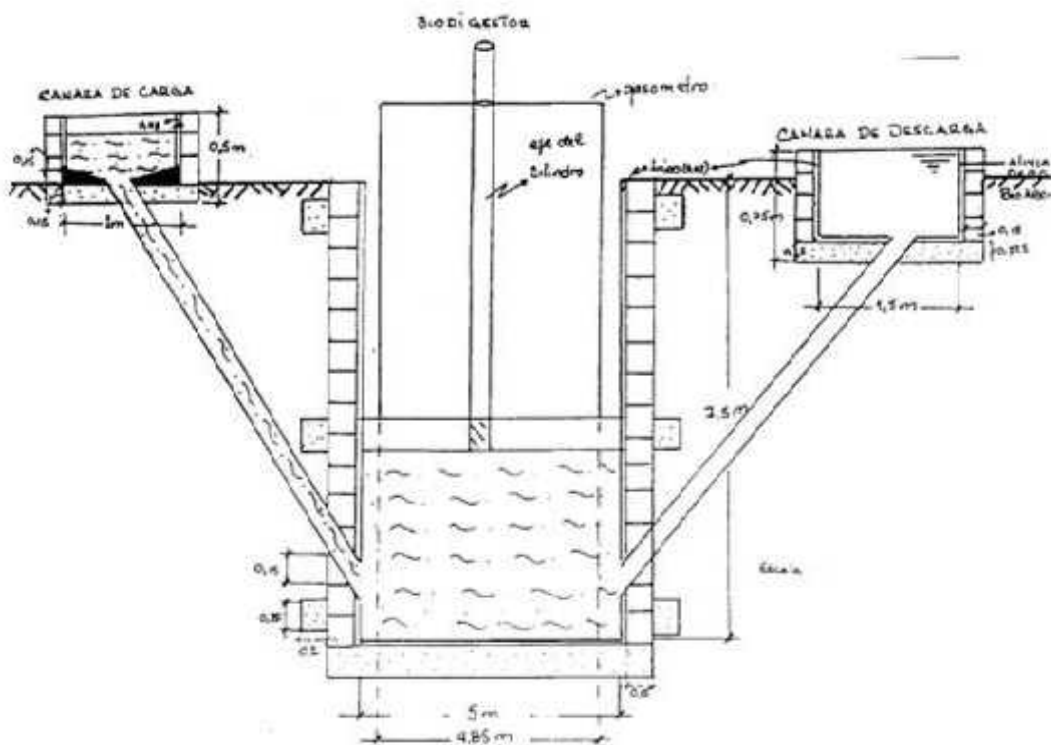
Fuente: Guardado, J. A., 2007

Figura 24: Diseño y construcción de biodigestor modelo chino, Cuba 2007

b. Modelo indio - domo flotante - cúpula móvil:

Este modelo se originó en la India, generalmente los diseños son verticales, el gasómetro va incorporado al biodigestor. Estos biodigestores son de alimentación continua, la construcción es mayormente enterrada con la cúpula sin gas a nivel de la superficie del terreno. Al inicio estos biodigestores fueron tambores de acero inoxidable, posteriormente tambores de vidrio y ahora en la actualidad tambores de plástico este diseño se hace con la finalidad de evitar los problemas de corrosión. El gas presenta una presión variable entre 4 a 8 cm de columna de agua y el reactor recibe una alimentación semi-continua mediante unas tuberías de entrada (Guevara, 1996, p 33). (GUEVARA, 1996, p 33).

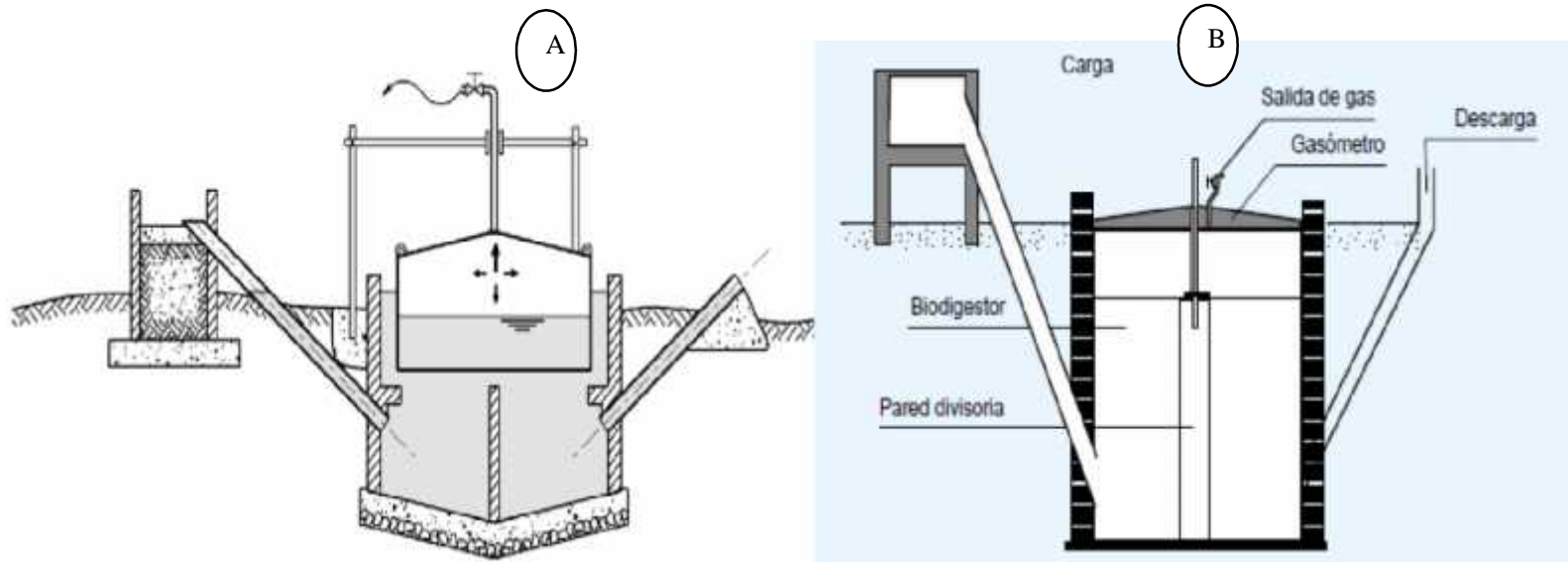
Figura 25



Fuente: UCV 1990

Figura 25: Diseño y construcción de biodigestor modelo indio, capacidad 150 m³

Figura 26



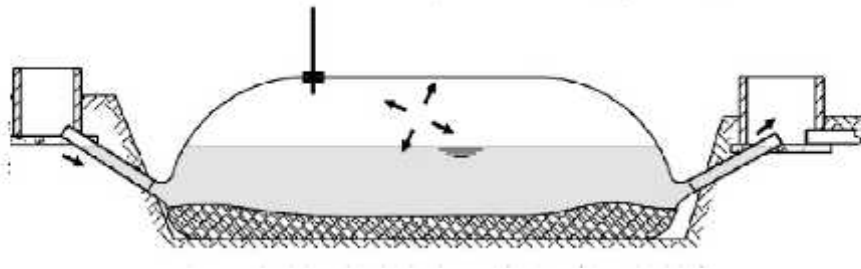
Fuente: Varnero 2011

Figura 26: Planta de biogás de cámara flotante modelo indio

c. Modelo horizontal:

Este modelo tiene la forma horizontal, rectangular o cuadrado y no es tan profundo en el suelo, estos pueden ser de concreto armado debido a la fuerte presión que está sometido, estos biodigestores llevan una pequeña cúpula metálica desmontable, el llenado es de unos 75% para permitir el almacenamiento del metano y se considera dentro de todos el mejor, por motivo que su posición facilita mayores ventajas en la fermentación de las bacterias (GUEVARA, 1996, p 33).

Figura 27



Fuente: Guevara, 1996

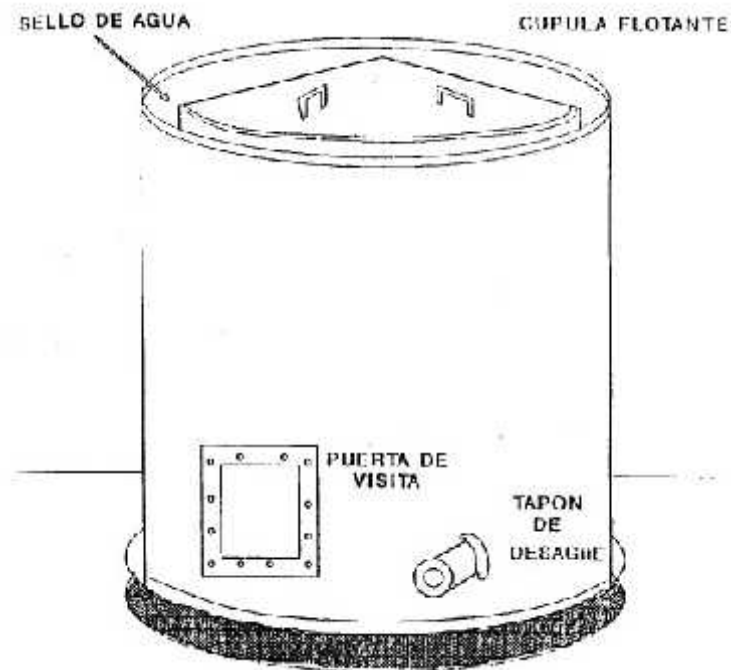
Figura 27: Planta de biogás modelo horizontal de bolsa elástica (tipo balón)

d. Modelo Batch por lodos:

Este tipo de digestor se caracteriza por ser de carga discontinua (se carga una sola vez por proceso), sus construcciones son aéreas con bloques de concreto armado o plástico, además lleva también una cúpula mecánica con sello de agua, el gasómetro a diferencia de los demás tiene que ser construido muy a parte al digestor, esto resulta un poco desventajoso porque es afectado por la temperatura del ambiente; este tipo de digestores degradan materias primas como: desechos sólidos orgánicos y restos vegetales y para tener un buen equilibrio y una buena fermentación es necesario tener una buena inoculación entre 5 a 10% en base al peso. El rendimiento del biogás y biol es superior a cualquier digestor de modelos continuos por su alta concentración de sólidos totales que contiene; este tipo

de método permite un buen tratamiento sanitario de todo desecho orgánico, control de plagas, proliferación de moscas y una buena recuperación eficiente, económica de metano e ingredientes para el uso de fertilizantes (GUEVARA, 1996, p 33).

Figura 28



Fuente: Guevara, 1996

Figura 28: Biodigestor modelo batch con carga semicontinua

C. Marco legal.

Ley N° 27314 Ley General de Residuos Sólidos en el Artículo 9 de las municipalidades provinciales, hace mención que las municipalidades son las responsables por la gestión de los residuos sólidos que se originan en los domicilios, comercio y de todo el ámbito de su jurisdicción.

Ley N° 27314 ley General de Residuos Sólidos en el Artículo 9 Rol de los Gobiernos Regionales menciona que el gobierno regional debe de asumir la responsabilidad de los residuos sólidos en caso que las municipalidades

distritales y provinciales no puedan hacerse cargo, esto debe de hacerse con previa coordinación con las autoridades de salud y el Ministerio del Ambiente.

Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, en el Artículo modificado por el Artículo 1 del Decreto Legislativo N° 1065, publicado el 28 junio 2008, cuyo texto es el siguiente: Artículo 20.- Salud ocupacional menciona que los generadores y los operadores de los residuos sólidos deben de contar con condiciones de trabajo necesarios para salvaguardar su salud y la de terceros durante las actividades que realicen utilizando con todos sus equipos y vestimenta necesaria.

Ley N° 28611 Ley General del Medio Ambiente. Capítulo 3 Calidad Ambiental. 119.1 La gestión de los residuos sólidos de origen doméstico, comercial o que siendo de origen distinto presenten características similares a aquellos, son de responsabilidad de los gobiernos locales. Por ley se establece el régimen de gestión y manejo de los residuos sólidos municipales.

Ley N° 28611 Ley General del Medio Ambiente. Capítulo 3 Calidad Ambiental. Artículo 118.- De la protección de la calidad del aire menciona que las autoridades públicas, en el ejercicio de sus funciones y atribuciones, adoptan medidas para la prevención, vigilancia y control ambiental y epidemiológico, a fin de asegurar la conservación, mejoramiento y recuperación de la calidad del aire.

Ley N° 28611 Ley General del Medio Ambiente. Capítulo 3 Calidad Ambiental. Artículo 117.1 El control de las emisiones se realiza a través de los LMP y demás instrumentos de gestión ambiental establecidos por las autoridades competentes.

Ley N° 28611 Ley General del Medio Ambiente. Capítulo 3 Calidad Ambiental. Artículo 113.- De la calidad ambiental hace mención que: Toda

persona natural o jurídica, pública o privada, tiene el deber de contribuir a prevenir, controlar y recuperar la calidad del ambiente y de sus componentes.

Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos. Artículo 38°.- Zonas de libre acceso para el uso primario menciona que el Estado garantiza el libre acceso a las fuentes naturales y cauces artificiales públicos, sin alterarlos y evitando su contaminación, para satisfacer directamente las necesidades primarias de la población. La Autoridad Nacional fija, cuando sea necesario, lugares o zonas de libre acceso.

Ley N° 26842 Ley General de Salud. En el Capítulo VIII. De la Protección del Ambiente para la Salud. Artículo 104 hace mención que: Toda persona natural o jurídica, está impedida de efectuar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua el aire o el suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente.

Ley N° 26821 Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Artículo 14. Funciones del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre en la letra “d” menciona que se debe Gestionar y promover el uso sostenible, la conservación y la protección de los recursos forestales y de fauna silvestre.

1.4 Formulación del problema.

¿De qué manera se logrará obtener biogás a través del tratamiento de residuos sólidos orgánicos municipales, en el botadero de Cuñacales Alto distrito Bambamarca, 2017?

1.5 Justificación del estudio.

Social.

Este trabajo de investigación se realiza con la finalidad de mitigar la contaminación y los malos olores producido por los residuos sólidos municipales del botadero de Cuñacales Alto, del distrito de Bambamarca, la ciudadanía son los principales expuestos a la contaminación producido por residuos sólidos, como resultado se tiene las enfermedades respiratorias, gastrointestinales, parasitosis, anemias entre otras, que se producen a causa de un mal manejo de estos residuos, el botadero municipal ha generado alarmas con los vecinos de alrededor debido al mal olor que se emana y al aumento de insectos (moscas) que pueden ser portadores de muchas enfermedades afectando principalmente a niños menores entre cero a cinco años de edad.

En este proyecto de “obtención de biogás a través del tratamiento de residuos sólidos orgánicos municipales” se logrará reducir los malos olores producido por los residuos sólidos a través de una digestión anaeróbica, que no permitirán emanar gases contaminantes a la atmosfera ni a producir malestar a la población aledaña; más bien ayudara a fortalecer bienestar con los pobladores.

Con Este tipo de proceso que se realizó la población tomara conciencia de la importancia que se realizaron con los residuos sólidos y pondrán en práctica la implementación de estos biodigestores que beneficiaran a muchas familias de escasos recursos y a vivir en un ambiente libre de enfermedades.

Económico.

Con esta investigación se busca ayudar al consumidor a mantener bajos costos en el poder energético y a poner en práctica el uso de los combustibles renovables muy fáciles de elaborar y de bajos costos económicos, además se busca la manera de reciclar los desechos orgánicos para poner en práctica la digestión anaeróbica y así obtener una fuente de energía limpia y barata para el consumidor.

Debido a la escasez de gas doméstico en familias de la localidad y la contaminación producida por desechos orgánicos que afecta directamente a los trabajadores y al ambiente, se considera importante aplicar nuevas alternativas tecnológicas para tratar a los residuos ganaderos minimizando la contaminación en la comunidad rural. Con la finalidad de reducir los problemas presentes en el botadero y la comunidad, se diseñó una planta piloto (modelo Batsh), del cual se logró obtener volúmenes de biogás, producto del resultado de la descomposición del estiércol, y residuos municipales, siendo este la fuente de energía y combustible para los pobladores de la localidad. Con el proyecto se da seguimiento y manejo a los desechos orgánicos creando una alternativa ambiental de energía renovable, económica y amigable, satisfaciendo las diferentes necesidades de la población beneficiándose de los diferentes productos que se obtienen de los biodigestores. La viabilidad para la ejecución del proyecto es favorable, ya que existen vías de acceso adecuadas para llegar al botadero, se tiene todo el apoyo del propietario para realizar las diversas actividades dentro de la propiedad, además se cuenta con la cantidad necesaria de estiércol vacuno considerada como materia prima para alimentar al biodigestor.

Ambiental.

Ahora mucho se habla de contaminación ambiental producido por residuos sólidos, pero nadie hace nada por mitigar este tipo de contaminación, en este caso se tiene el botadero municipal del distrito de Bambamarca que desde hace 234 años atrás se ha venido produciendo todo tipo de residuos

sólidos orgánicos y no se ha dado un tratamiento correcto a la materia orgánica que se viene produciendo con altas dosis de gas metano al medio ambiente, esto no se puede ver a simple vista pero si se puede presentir por el mal olor que emana al medio ambiente, lo cual esto ha producido malestar con los vecinos de los alrededores y ha generado un conflicto con la sociedad. El gas metano entre otros gases es el principal responsable del efecto invernadero en el mundo el cual debido a altas dosis ha producido alteraciones en todos los ecosistemas del mundo destruyendo la flora y la fauna quienes son las únicas fuentes de subsistencia para el hombre que lo habita.

En este estudio de obtención de biogás a través del tratamiento de residuos sólidos orgánicos municipales, se reducirá al margen la contaminación del botadero, reduciendo el mal olor producido por la misma descomposición y a formar bienestar con muchas familias que son afectadas directamente.

Por otra parte se tiene la contaminación al medio ambiente por parte de los pequeños criadores ganaderos a través de los desechos orgánicos (estiércol de ganado), restos de desechos vegetales agrícolas que son expuestos directamente al medio ambiente, y otros que son utilizados de manera inadecuada por el propio productor como es la recolección de estiércol seco de ganado para uso doméstico como leña durante los meses de verano en la localidad (mayo, junio, julio, agosto y setiembre) que este estiércol al ser quemado expulsa una alta dosis de metano, monóxido de carbono, dióxido de carbono entre otros que son expulsados directamente al medio ambiente. Con este tipo de estudio se proyecta culturizar a la población y poner en práctica el uso de los residuos renovables conocidos como de segunda generación en ventaja y beneficio de la sociedad.

1.6 Hipótesis.

H_i: Si se realiza el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos municipales del botadero de Cuñacales Alto, entonces se logrará obtener Biogás en el distrito de Bambamarca.

H_o: Si no se realiza el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos municipales del botadero de Cuñacales Alto, entonces no se logrará obtener Biogás en el distrito de Bambamarca.

1.7 Objetivos.

Objetivo General.

Obtener biogás a través del tratamiento de residuos sólidos orgánicos municipales, que se generan en el botadero de Cuñacales Alto, Distrito Bambamarca-2017.

Objetivos Específicos.

- a.** Clasificar los porcentajes de materia prima como sustrato para la digestión anaerobia.
- b.** Realizar el diseño de los biodigestores tipo Batch, para el tratamiento de la digestión anaerobia.
- c.** Controlar los parámetros del PH, T° y Presión, de la digestión anaeróbica.
- d.** Cuantificar y caracterizar el biogás obtenido.

II. MÉTODO

2.1 Tipo y Diseño de Investigación

El Tipo de investigación es pre experimental, pues presenta bases sólidas, confiables y estructuradas; las cuales son necesarias para interpretar la información (HERNÁNDEZ, 2008).

El Diseño utilizado es Cuasi Experimental, porque se manipula una sola variable y se controla las variables intervinientes en ella, en esta investigación de obtención de biogás a través del tratamiento de residuos sólidos orgánicos municipales solo se manipula la variable independiente (residuos sólidos orgánicos municipales).

2.2 Variables, Operacionalización.

Variable Independiente.

Residuos sólidos orgánicos municipales.

Variable Dependiente.

Obtención de biogás.

Tabla 7:

Operacionalización de las variables.

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Residuos sólidos orgánicos municipales.	El tratamiento de los RSOM. Es una alternativa de solución, para mitigar los malos olores que se genera en el botadero de Cuñacales Alto, por la descomposición de los RS al hacer contacto con el medio ambiente.	Proceso en lo que se logra la Recolección, Clasificación y cuantificación de la materia orgánica para obtener el resultado	Recolección de M O	-Contenedores -Bolsas -Compactadoras	Razón
			Clasificación MO	-Residuos de animales (estiércol) -Residuos de vegetales (hojas, tallo frutos, semillas).	
			Cuantificación MO	-Pesado en Kg. -Pesada en TM	
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Obtención de biogás	Es el tratamiento que se da a la materia orgánica a través de la digestión anaeróbica, para que el gas metano sea utilizado como energía renovable de uso doméstico.	Cuantificación del Biogas Caracterización del Biogas	Cantidad de Biogas obtenido	Volumen	Razón
			Calidad de Biogas obtenido	CH ₄ CO ₂ O ₂	

Nota: Elaboración propia 2017

2.3 Población y muestra.

Población:

Se consideró los Residuos Sólidos Orgánicos Municipales generados en el botadero de Cuñacales Alto que asciende a 10.694 ton/día.

Muestra:

La muestra para la obtención de biogás en el botadero de Cuñacales Alto se dio en tres partes:

Muestra "A" 28.2 Kg de ROM. (25 Kg estiércol – 3.2 Kg vegetales).

Muestra "B" 28.2 Kg de ROM. (25 Kg estiércol – 3.2 Kg vegetales).

Muestra "C" 24.5 Kg de ROM. (18 Kg estiércol – 6.5 Kg vegetales).

2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

Técnicas:

Observación directa.

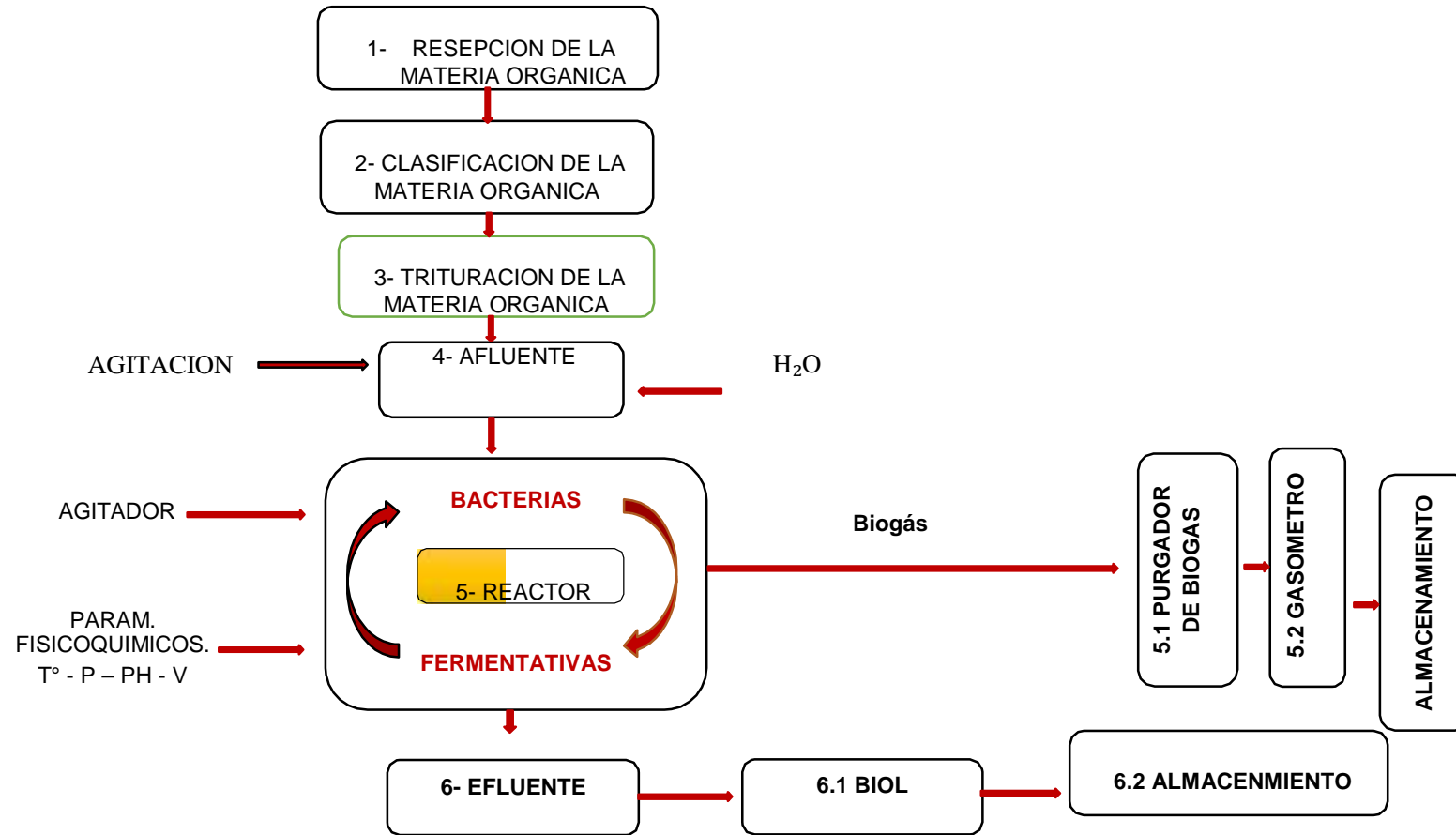
Las pruebas de ensayo que se utilizó fue la observación directa en la zona donde se desarrolló el estudio.

Técnica experimental.

Se presenta el diagrama de proceso experimental desde la recepción de la Materia orgánica hasta el almacenamiento del biogás y el almacenamiento del biol.

Figura 29

Diagrama del proceso de Biogás



Fuente: Elaboración Propia 2017

Figura 29: Diagrama del proceso de biodigestion anaeróbica

Instrumentos:

Ficha de observación.

Se recopila datos de información obtenidos en campo con los diferentes instrumentos de mediciones antes, durante y después del proceso de fermentación anaeróbica.

Instrumentos técnicos:

Peachímetro.

Termómetro.

Manómetro.

Gasómetro.

2.5 Método de análisis de datos.

Partiendo del caso particular para elevar a los conocimientos generales, se realizó análisis de datos estadísticos mediante la prueba de Tukey, para determinar las diferencias significativas entre los tres tratamientos; para ello se utilizó el Software SPSS Versión Windows 22 y para el proceso de análisis de gases (CH₄-CO₂-O₂-BALANCE) se utilizó el equipo analizador de gases modelo GEM 500 DE LANTEC.

2.6 Aspectos éticos.

Confiabilidad:

Este proyecto tendrá la estabilidad o consistencia de los resultados obtenidos, accediendo a mejoras de éxito, respetando derecho de autor, haciendo uso de norma y estilo de redacción (ISO-APA).

Originalidad:

La originalidad de los instrumentos se dio por la aprobación de un especialista en el área de medio ambiente en residuos sólidos, un

especialista en el área de agronomía y un especialista en el área de diseño gráfico de biodigestores.

III. RESULTADOS.

3.1 Materiales y métodos.

A. Obtención de la materia orgánica:

La obtención de la materia orgánica que cumplieron la función de sustratos, se obtuvo de los residuos sólidos del botadero municipal, ubicado en el Caserío de Cuñacales Alto a 2,902 m.s.n.m., Distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc, Región Cajamarca con coordenadas S: 6°41' 35.63" y O: 78°30' 05.72" con climas variados entre verano e invierno (15-5°C), típico de la cordillera de los andes del Perú. Estos Residuos Sólidos fueron provenientes de la segregación de los 23,756 habitantes que viven en la ciudad de Bambamarca. La técnica que se utilizó fue ficha de observación para botadero de residuos sólidos. 2017.

Figura 30



Figura 29: Botadero municipal – Caserío Cuñacales Alto – Bambamarca.

Fuente: Google Earth 2017

Figura 31



Fuente: Google Earth 2017

Figura 30: Diferentes puntos de la ciudad de Bambamarca con mayor cantidad de segregación de Residuos Sólidos

La fuerte generación per capital (GPC) de residuos sólidos de los 23,756 habitantes hacen que se acumulen diariamente 10,694.94 Kg/día entre residuos domiciliarios (7,784.28 Kg/día) y no domiciliarios (2,910.66 Kg/día), esto convertido a toneladas se obtuvo 10.694 ton/día, al multiplicar por 30 días se obtuvo 320.820 ton/mes y al multiplicar por 360 días de obtuvo 3,849.840 ton/año, concluyendo que el volumen total que generó cada persona es de 450 gramos diariamente. El método que se utilizó fue el de recolección y clasificación (orgánicos-inorgánicos) para obtener cantidades apropiadas en los procesos del T₁-T₂-T₃. (PIGARS, 2017).

Tabla 8:

Total, de generación de residuos sólidos comparados con la cantidad de habitantes por kg/día, ton/día, ton/mes y ton/año.

Población (hab)	Generación Per Capital (GPC)		Generación total		
	(kg/hab/día)	(kg/día)	(ton/día)	(ton/mes)	(ton/año)
23,756	0.450	10,694.94	10.694	320.820	3,849.840

Nota: Tabla modificada de PIGARS-2017

De las cantidades de residuos domiciliarios (7784.28 Kg/día) y no domiciliarios (2,910.66 Kg/día) se aplicó el método de la regla de tres simples para obtener el porcentaje.

PGRS: Proporción de Generación de Residuos Sólidos

T. RD: Total de Residuos Domiciliarios. (7784.28)

V.T: Volumen total (10,694.94)

100%: Porcentaje total

A continuación, se muestra la tabla de porcentajes de residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios.

Tabla 9:*Porcentaje total de residuos sólidos según su fuente generadora.*

Tipo	Fuente de generación	Generación (kg/día)	Proporción de generación (%)	% Total
Residuos				
domiciliarios	viviendas	7784.28	72.78	100%
Residuos no domiciliarios	Todo tipo de locales comerciales	2910.66	27.21	
TOTAL RS		10694.94		

Nota: Elaboración propia 2017**B. Caracterización de la materia orgánica:**

Se determinó las cantidades de los residuos orgánicos municipales que se emplearon durante el proceso de digestión anaeróbica (orgánicos-inorgánicos) teniendo como sustratos principales a los de fácil degradación, T₁ se caracterizó un total de 25 Kg estiércol verde equivalente al 36.68% (9 Kg estiércol de cuy = 13.21%, 15 Kg estiércol de vacuno = 22.00% y 1 Kg estiércol Équido =1.47%), y 3.2 Kg de otros residuos equivalente a 4.67% (0.7 Kg de cascaras de alverja =1.02%, 0.5 Kg de verduras = 0.73%, 0.5 Kg de frutas = 0.73%, 0.5 K de hojas de alfalfa = 0.73%, 0.5 Kg de harinas = 0.73% y 0.5 Kg de tubérculos = 0.73%). Como cosustrato (agua) se empleó 40 Kg equivalente a 58.65% con PH de 7.2 y T° 14°C, haciendo un total de carga orgánica de 100%. Se empleó la técnica de ficha de observación para mezclas 2017. Para el T₂ se caracterizó un total de 25 Kg estiércol verde equivalente al 44.31% (2 Kg estiércol de cerdo = 3.54%, 2 Kg estiércol de gallina = 3.54% y 21 Kg estiércol vacuno =37.23%), y 3.2 Kg de otros residuos equivalente a 5.69% (0.7 Kg de cascaras de alverja =1.24%, 0.5 Kg de verduras = 0.89%, 0.5 Kg de frutas = 0.89%, 0.5 K de hojas de alfalfa = 0.89%, 0.5 Kg de harinas = 0.89% y 0.5 Kg de tubérculos = 0.89%). Como cosustrato (agua) se empleó 28.2 Kg equivalente a 50.00% con PH de 7.2 y T° 14°C, haciendo un total de carga orgánica de 100%. Se empleó la técnica de ficha de observación para mezclas 2017. Para el T₃ se caracterizó un

total de 18 Kg estiércol verde equivalente al 33.33. % (16.5 Kg estiércol de vacuno = 30.55%, 1.5 Kg estiércol de cerdo = 2.78%), 6.5 Kg de otros residuos equivalente a 12.03% (5.5 Kg de cascaras de papa =10.18%, 1.0 Kg de grama verde = 1.85%). Como cosustrato (agua) se empleó 29.5 Kg con PH de 7.4 y T° 13°C, equivalente a 54.63% y como acelerador de fermentación se empleó 0.001 kg de levadura equivalente al 0.002% haciendo un total de carga orgánica de 100%. A continuación, se muestra las tablas con sus respectivos volúmenes y porcentajes.

Tabla 10:

Kilogramos más porcentaje del volumen total de estiércol, residuos orgánicos municipales y agua para el T₁

TRATAMIENTO 1 (T ₁)					
MATERIA ORGANICA		VOL.	%	T. Kg VOL.	T.% VOL
ESTIÉRCOL	Cuy	9 kg	13.21	25	36.68
	Vacuno	15 kg	22		
	Equino	01 kg	1.47		
RESIDUOS ORGÁNICOS MUNICIPALES	Cascaras	0.7 kg	1.02	3.2	4.67
	Verduras	0.5 kg	0.73		
	Frutas	0.5 kg	0.73		
	Hojas	0.5 kg	0.73		
	Harinas	0.5 kg	0.73		
	Tubérculos	0.5 kg	0.73		
LIQUIDO	Agua	40 kg	58.65	40	58.65
TOTAL DE CARGA				68.2	100%

Nota: 25 Kg de volumen de estiércol es igual a 36.68%, 3.2 Kg de volumen de Residuos Orgánicos Municipales es igual a 4.67%, 40 Kg de volumen de agua es igual a 58.65% haciendo un total de volumen de MO de 68.2 Kg equivalente al 100% para el tratamiento "1". Autoría propia 2017.

Tabla 11:

Kilogramos más porcentaje del volumen total de estiércol, residuos orgánicos municipales y agua para el T2.

TRATAMIENTO 2 (T ₂)					
MATERIA ORGANICA		VOL.	% VOL.	T. Kg VOL.	T.% VOL
ESTIÉRCOL	Cerdo	2 kg	3.54	25	44.31
	Gallina	2 kg	3.54		
	Vacuno	21 kg	37.23		
RESIDUOS ORGÁNICOS MUNICIPALES	Cascaras	0.7 kg	1.24	3.2	5.69
	Verduras	0.5 kg	0.89		
	Frutas	0.5 kg	0.89		
	Hojas	0.5 kg	0.89		
	Harinas	0.5 kg	0.89		
	Tubérculos	0.5 kg	0.89		
LIQUIDO	Agua	28.2 kg	50.00	28.2	50.00
TOTAL DE CARGA				56.4	100%

Nota: 25 Kg de volumen de estiércol es igual a 44.31%, 3.2 Kg de volumen de Residuos Orgánicos Municipales es igual a 5.69%, 28.2 Kg de volumen de agua es igual a 50.00% haciendo un total de volumen de MO de 56.4.2 Kg equivalente al 100% para el tratamiento “2”. Autoría propia 2017.

Tabla 12:

Kilogramos más porcentaje del volumen total de estiércol, residuos orgánicos municipales y agua para el T3

TRATAMIENTO 3 (T ₃)					
MATERIA ORGANICA		VOL.	% VOL.	T. Kg VOL.	T.% VOL
ESTIÉRCOL	Vacuno	16.5 kg	30.55	18	33.33
	Cerdo	1.5 kg	2.78		
RESIDUOS ORGÁNICOS MUNICIPALES	Cascaras de papa	5.5 kg	10.18	6.5	12.03
	Gramas verde	1.0 kg	1.85		
LIQUIDO	Agua	29.5 kg	54.63	29.5	54.63
ACEL. FERM	Levadura	0.001 kg	0.002	0.001	0.002
TOTAL DE CARGA				54.001	100%

Nota: 18 Kg de volumen de estiércol es igual a 33.33%, 6.5 Kg de volumen de Residuos Orgánicos Municipales es igual a 12.03%, 29.5 Kg de volumen de agua es igual a 54.63%, 0.001 Kg de volumen de levadura es igual a 0.002%, haciendo un total de volumen de MO de 54.001 Kg equivalente al 100% para el tratamiento “3”. Autoría propia 2017.

Para obtener porcentajes de toda la Materia Orgánica se empleó el método de la regla de tres simples en los tres tipos de tratamientos (T_1 , T_2 , T_3).

PAB = Proporciones de Alimentación al Biodigestor

T. RR = Total de Residuos Recolectados (Kg H_2O para el caso H_2O)

T.MO_{Digest} = Total de Materia Orgánica del Digestor.

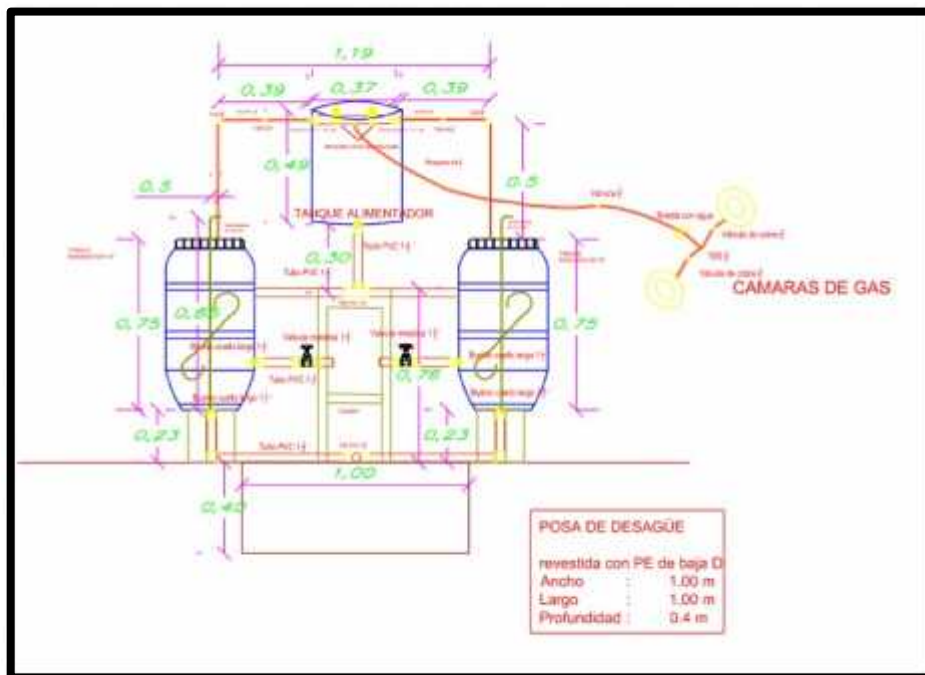
100% = Porcentaje Total.

C. Diseño de los reactores:

Para realizar el diseño de los reactores se utilizó tres bidones de color azul de 85 lts., con tapas rosca color negro, en el T_1 y T_2 se acopló mediante tubos PVC de 1/4" formando un arco de 0.5 mts. alt.*1.15 mts Long., en la parte superior se diseñó una base de soporte para dos (2) manómetros (reducción de tubo 1 1/2" a 1" de 1" a 1/4"), en la misma base de soporte se ensambló una manguera PVC de 1/4" conectado a cámaras para biogás de 40 litros, cada uno que se cambió cada tres días de descarga entre el T_1 y T_2 . Los manómetros que se utilizaron fueron marca Enzo-SF de 14 bares – 200 psi y el de marca SPHYGMOMANOMETER 300 mmHg, en cada tratamiento se dispuso de inicio a fin un termómetro de -10°C a 250°C. Para la preparación de los sustratos de los T_1 y T_2 se diseñó un tanque de alimentación que mediante tuberías PVC de 1 1/2" alimentaron a cada tratamiento regulado por válvulas metálicas 1 1/2". Para la descarga se ensambló en la parte inferior de cada tanque, tuberías PVC de 1 1/2" ensamblados mediante codos PVC 90° 1 1/2", bushin cuello largo 1 1/2", UPR PVC 1 1/2", TEE PVC 1 1/2" y válvulas metálicas 1 1/2" que solo se manipularon durante las purgadas y las descargas finales. Para el control de PH se ensamble en la parte lateral de cada tanque tuberías PVC 1 1/2" ensamblados mediante bushin cuello largo 1 1/2", UPR PVC 1 1/2", TEE PVC 1 1/2" controladas por válvulas metálicas que se abrieron y se cerraron al

momento de extraer el biol, cada tanque llevó en la parte superior una varilla metálica de remoción de 0.85 cm Long $\frac{1}{4}$ " unido de una polea giratoria metálica de 35cm/cu. que permitió dar revoluciones por minuto (rpm) mediante todo el proceso de digestión. T_3 tuvo una función independiente T_1 y T_2 , la carga se llevó directamente al tanque desenbonando la tapa rosca, a una parte lateral del tanque llevó una manguera PVC $\frac{1}{4}$ transparente que permitió observar el volumen durante la carga; para la descarga y toma de PH se adaptó un sistema de tuberías PVC 1 1/2" ensamblados mediante bushin cuello largo 1 1/2", UPR PVC 1 1/2", TEE PVC 1 1/2" y una válvulas metálica que controló los volúmenes de biol al momento de sustraer la muestra, las demás medidas fueron similar a las de T_1 y T_2 . El método utilizado para diseño de los tratamientos es el software AUTOCAD 2013.

Figura 32



Fuente: Elaboración propia 2017

Figura 31: Representación de reactores tipo batch

D. Proceso de sistema de digestión:

Durante el proceso de digestión se realizaron tres tratamientos (T_1 - T_2 - T_3) con proporciones 1/1.41, 1/1 y 1/1.2 con sustratos y cosustratos similares pero con diferentes proporciones, para el T_1 se empleó 25 Kg de estiércol (9Kg de cuy-15Kg de vacuno-1Kg de équido), 3.2 Kg de otros ROM (0.7 Kg de cascara de alverja, 0.5 Kg de verduras, 0.5 Kg de frutas, 0.5 Kg de hojas de alfalfa, 0.5 Kg de harinas, 0.5 Kg de tubérculos) y 40 Kg de agua que ayudo como cosustrato en los diferentes procesos de digestión; en el T_2 se utilizó 25 Kg de estiércol (2Kg de cerdo-2Kg de gallina-21Kg de vacuno), 3.2 Kg de otros ROM (0.7 Kg de cascara de alverja, 0.5 Kg de verduras, 0.5 Kg de frutas, 0.5 Kg de hojas de alfalfa, 0.5 Kg de harinas, 0.5 Kg de tubérculos) y 28.2 Kg de agua que ayudo como cosustrato en los diferentes procesos de digestión; en el caso del T_3 se empleó 18 Kg de estiércol (16.5Kg de vacuno, 1.5 Kg de cerdo), 6.5 Kg de otros ROM (5.5 Kg cáscaras de papa, 1.0 Kg de grama verde), como cosustrato se empleó 29.5Kg de agua y como acelerador de fermentación se empleó 1 gr de levadura. Los tanques de los tres tratamientos fueron de la misma medida cada uno de 74.5 cm alto dividido en tres partes c/u., para el T_1 la 1°y 2° parte se llenó 47.5 cm entre H_2O y MO dejando un espacio de 27 Cm para la acumulación del biogás durante el tiempo de descargas a los respectivo gasómetros, T_2 se llenó las dos primeras partes 46 cm y 28.5cm se dejó espacio vacío para la acumulación de biogás y para el T_3 se llenó las dos primeras partes 49.6cm y se dejó un espacio vacío de 24.9 cm para la acumulación del biogás hasta realizarse la descarga al gasómetro. Para los tres tipos de tratamientos se construyó un invernadero con material polietileno transparente que permitió acelerar la temperatura.

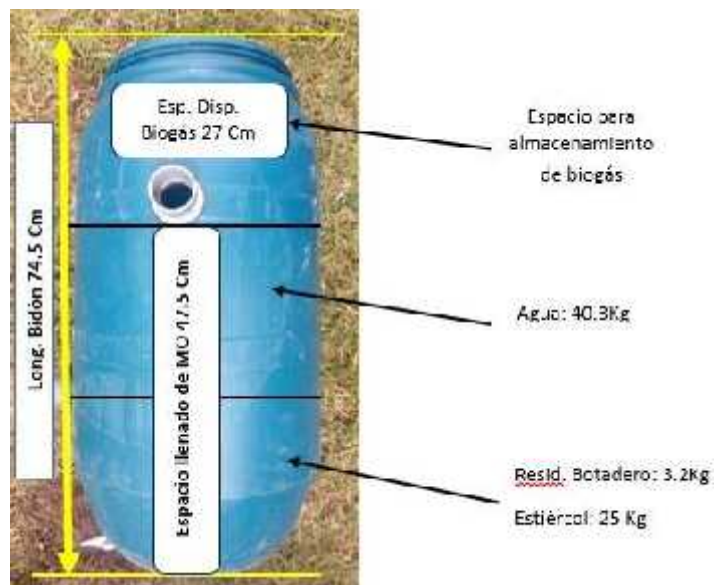
Figura 33



Fuente: Elaboración propia 2017

Figura 32: Proceso del sistema de digestión durante la construcción del invernadero.

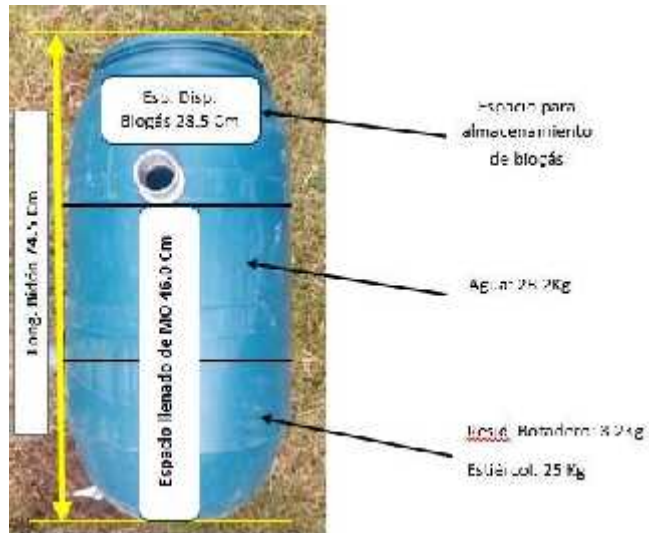
Figura 34



Fuente: Elaboración propia

Figura 33: T1 con espacio de proporciones 1/1.45 (47.5cm Materia Orgánica entre estiércol, otros residuos, agua y 27 cm de espacio vacío para almacenamiento de biogás)

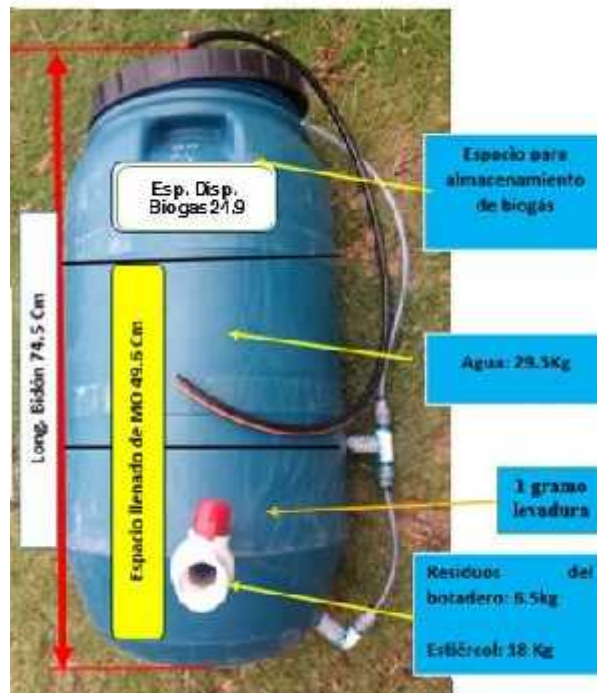
Figura 35



Fuente: Elaboración propia

Figura 34: T2 con espacio de proporciones 1/1 (46cm Materia Orgánica entre estiércol, otros residuos, agua y 28.5 cm de espacio vacío para almacenamiento de biogás

Figura 36



Fuente: Elaboración propia

Figura 35: T3 con espacio de proporciones 1/1.2 (49.6 cm Materia Orgánica entre estiércol, otros residuos, agua y 29.9 cm de espacio vacío para almacenamiento de Biogás.

E. Monitoreo del proceso:

Durante el proceso de la digestión anaeróbica se llevó el monitoreo a los tres tratamientos en estudio durante 84 días (12 semanas), el T₁ inició con rangos de T° psicrófila (<25°C) y rangos de PH metanogénico (6.6) de igual manera ocurrió para el T₂ con rangos de T° psicrófila y rango de PH acidogénico (6.5), T₃ con T° psicrófila y PH metanogénico (6.64) a partir de la cuarta semana (22 días) de monitoreo, al ver que no ascendía la Temperatura de los tres tratamientos se prosiguió a construir un invernadero de 4.00 mts Long x 3.00 mts anch x 2.5 mts altura con material de polietileno transparente; construcción que permitió de inmediato ascender los rangos de T° en los tres tratamientos de psicrófilos a Mesófilos (25°-45°C) y a partir de los 33 días (5 semanas) ascendió a rangos termófilos (>45°C) pero éstos fueron variando de acuerdo a las inclemencias del tiempo entre invierno y verano (Varnero, 2011), pero se notó cambios de caídas de PH en el T₁ y T₃ a partir de la tercera semana no excediendo su rango acidogénico. T₁ osciló el Ph de 5.7-7.5 durante 84 días (12 semanas) y T₃ osciló rangos de 6.0 –7.0 aproximadamente durante los 84 días y el T₂ mostro cambios de caída a partir de la 2° semana, pero tampoco excedió el rango acidogénico, durante los 84 días osciló valores entre 5.8-7.5. Los Ph se manejaron en el T₁ y T₂ a partir de los 71 días (10 semanas) se incorporó una solución lechosa de CaO previa descarga de 3 litros de fermentación de cada tratamiento y se agregó 3 litros de solución lechosa a cada tratamiento con 3gr CaO/litro. Las descargas de biogás en el T₁ se realizaron a partir de la sexta semana cuando contaba con 18.5 mmHg de presión, y en el T₂ y T₃ a partir de la quinta semana cuando el T₂ contaba con 27 mmHg y T₃ con 21 mmHg de presión.

E.1 Instrumentos de monitoreo:

Durante el monitoreo de cada tratamiento se utilizó Termómetros analógicos de -10°C a 250°C, Peachímetro, termómetro BBQ acero inoxidable tipo reloj, peachímetro modelo PH-009(III) con sus respectivas soluciones Buffer,

manómetros marca Enzo-SF de 14 bar - 200 psi, manómetro marca SPHYGMOMANOMETER 300 mmHg, ficha de observación de control de parámetros.

E.2 Caracterización del biogás:

Cada tratamiento contó con un gasómetro (cámara para Biogás) a los 84 días (12 semanas) se envió para análisis al Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNAM), el análisis se analizó con un equipo analizador de gases modelo GEM 500 DE LANTEC.

F. Análisis estadístico

Se llevó a cabo un análisis de varianza de un factor, para encontrar diferencias significativas de los tres tratamientos evaluados (T_1 , T_2 y T_3), en la cuantificación de los parámetros de T° , PH y Presión. Asimismo, se aplicó una prueba múltiple de Tukey para determinar diferencias entre cada tratamiento. Para ello, se utilizó el software SPSS versión para Windows 22.

G. Diseño experimental:

Se manejó un diseño completamente aleatorio de un factor. Cada tratamiento experimental consistió en un tanque de digestión de 85 Lts. se realizó una sola observación por cada tratamiento: un tratamiento experimental contenía estiércol de cuy, vacuno, équido, cascaras, verduras, frutas, hojas, harinas, tubérculos, un tratamiento experimental contenía estiércol de cerdo, gallina, vacuno, cascaras, verduras, frutas, hojas, harinas, tubérculos, y un tratamiento experimental contenía estiércol de vacuno, cerdo, cascaras de papa, grama verde.

3.2 Resultados de laboratorio

A- Parámetros de la codigestión

En la figura 37 muestra la variación del pH para cada tratamiento. Los tres tratamientos inician con valores de pH cercano a 6.60. Partiendo de la primera semana los valores caen hasta la décima semana para el T₁ y T₂ con valores aproximados de 5.80, para el T₃ muestra caídas hasta la séptima semana con valor cercano a 6.10. Los factores que pudieron influenciar fue la temperatura con rangos psicrófilo (< 25°C) durante tres semanas de tratamiento, la excesiva acumulación de Ácidos Grasos Volátiles (AGV) y la carga volumétrica de materia orgánica que durante el proceso acumula gran cantidad de espuma en la cabecera del reactor haciendo que los parámetros se mantengan en rango acidogénico. En la décima semana se observa un cambio acelerado en el T₁ y T₂ con valores de pH aproximados a 7.50 debido que se agregó una solución lechosa de CaO (9gr.CaO a 3Lt. carga H₂O/3Lt. descarga de biol) este valor se mantuvo hasta las doce semanas que duro el proceso. Mientras que para el T₃ termino con valoración 6.20. En la figura se aprecia que para la séptima y décima semana los valores de los tres tratamientos van de 5.8 a 6.10

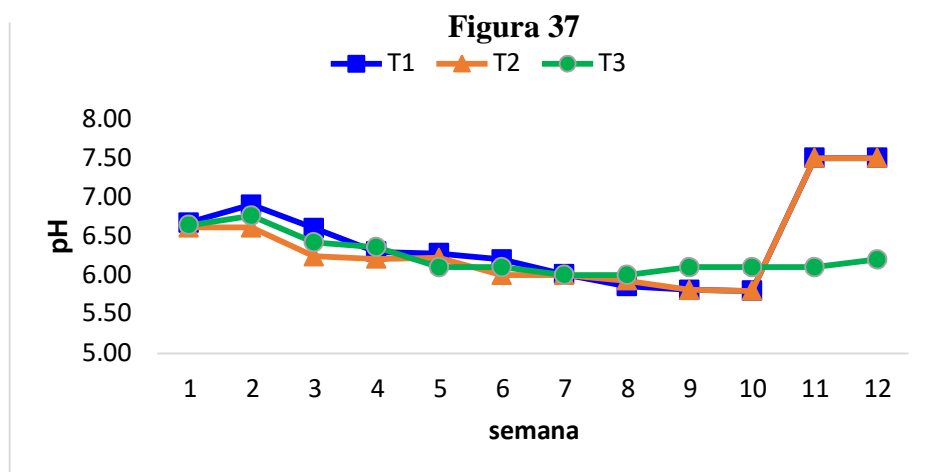


Figura 36: Variación del PH durante 12 semanas de codigestión en el T₁, T₂ y T₃

Fuente: Elaboración propia

En la figura 38 muestra en relación al comportamiento de la temperatura, parámetro del cual influye de manera decisiva en el proceso anaerobio, ya que de él depende mucha las velocidades de reacción con las que se lleva a cabo cualquier proceso biológico; en los tres tratamientos analizados éstos inician con valores entre 16 a 18°C. A partir de la tercera semana la temperatura comenzó a ascender debido a que se construyó un invernadero con material de polietileno transparente, pero esto no fue lo suficiente para alcanzar rango termófilo altos, por lo que se prosiguió a realizar una instalación eléctrica dentro del invernadero con cuatro focos bombillas de 100 Watts que se monitoreo durante los días de caída de temperatura. Entre la semana cuarta hasta la semana novena el comportamiento de la temperatura varía por encima de 40°C, alcanzando un pico en la temperatura para el T₁ y el T₂ de 48.6 y 46.4 durante la sexta semana respectivamente, esto también se debió a las altas temperaturas ambientales que se presentó en la zona. Se aprecia que en la semana 10 hasta la semana 12 los valores decaen por debajo 34.5 °C esto se debe al cambio brusco del tiempo que se presentó (lluvia de heladas) lo que hace que la temperatura descienda a sus rangos más bajos, finalizo con rango de 34.4 °C para el T₁, 33.4 °C para el T₂ y 31.16 °C para el T₃.

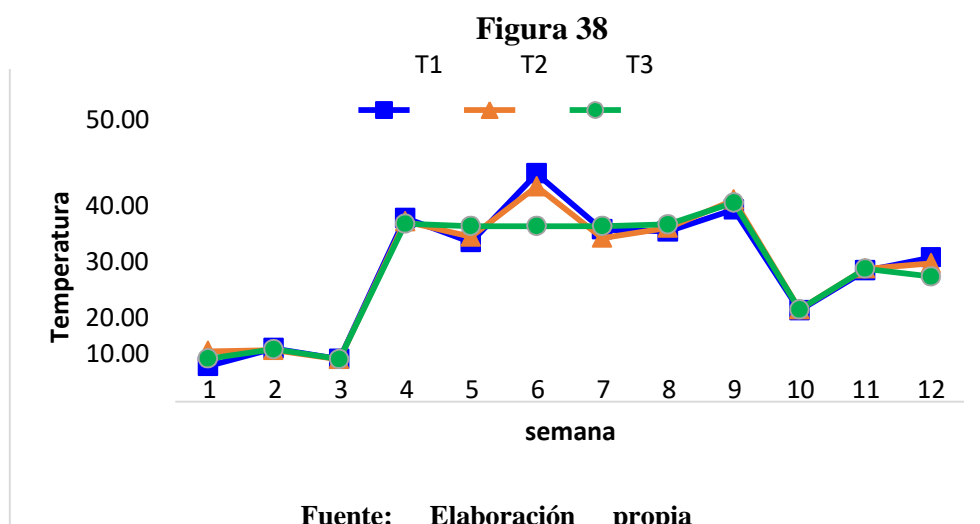
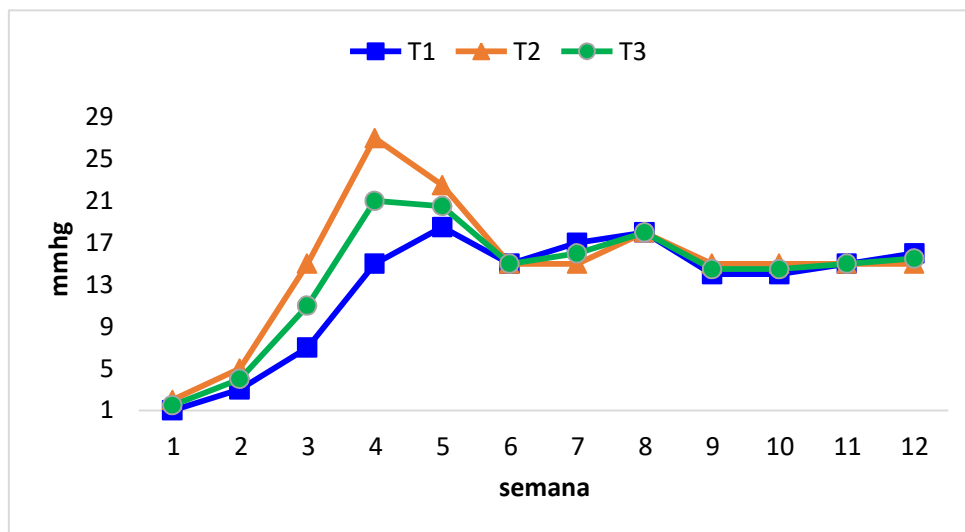


Figura 37: Composición de la temperatura °C durante la codigestión, en T1, T2 y T3

En la figura 39 presente el comportamiento de la presión el cual se tiene que con una mayor presión mayor es la producción de metano, los valores de la presión se muestran ascendentes hasta la semana cuarta; iniciando el T₁ con 1 mmhg, el T₂ con 2 mmhg, y el T₃ con 1.5 mmhg; después de la quinta semana los valores de la presión se mantienen en el rango de 15 a 18 mmhg motivo que se realizan las descargas cada tres días durante todo el proceso de digestión.

Figura 39



Fuente: Elaboración propia

Figura 38: Variación de la presión mmHg durante la codigestion en T1, T2 y T3

B- Cuantificación de los parámetros de la codigestión.

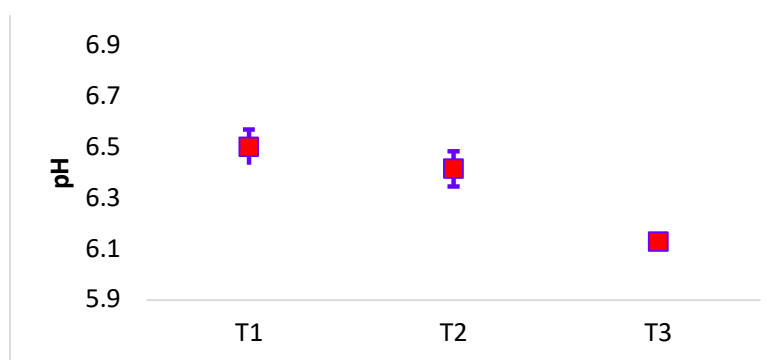
A continuación, se muestra la tabla de cuantificación de los parámetros del proceso de codigestión en el tratamiento 1, 2 y 3

Tabla 13:*Cuantificación de los parámetros de la codigestión*

	Potencial de hidrógeno: pH	Temperatura T ° C	Presión P mmhg
T ₁	6.5014 ± 0.069	32.2111 ± 1.196	12.7917 ± 1.683
T ₂	6.4159 ± 0.069	32.4642 ± 1.169	14.9583 ± 1.903
T ₃	6.1291 ± 0.015	36.9224 ± 0.906	13.8750 ± 1.699
Valor p Análisis de Varianza	p = 0.000**	p = 0.010**	p = 0.689 ns

*Nota: ** Significativo $p < 0.01$; ns No significativo.*

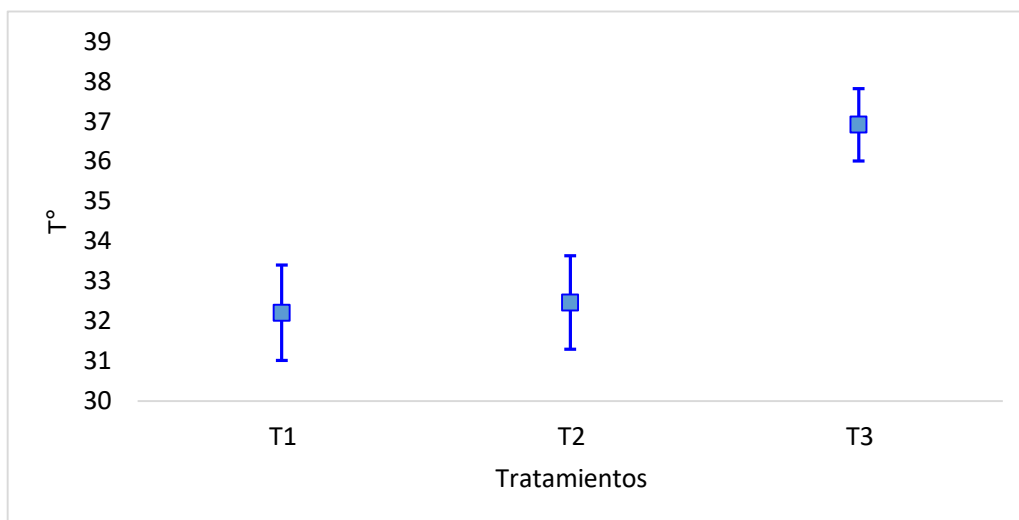
Mediante análisis de varianza de un factor en el control de parámetros de pH y T° mostró que el valor $p = 0.000^{**}$ y $p = 0.010^{**}$ existen diferencias estadísticas significativas para el T₁, T₂ y T₃ y el valor $p = 0.689$ en el control de parámetro de presión no existe diferencia estadística significativa. En la tabla 13 presenta los contenidos promedios de los parámetros pH, Temperatura y presión, en el potencial de hidrógeno observado se muestra que el pH en el T₁ es mayor al pH del T₂ y este a la vez es mayor a los valores de pH del T₃. La temperatura resultó ser mayor en el T₃ y la temperatura del T₁ y T₂ presentaron temperaturas aproximadamente similares. La presión fue relativamente superior en el T₂, la diferencia entre cada tratamiento fue casi de aproximadamente de 1 mmhg.

Figura 40**Figura 39:** Variación promedio del pH en T1, T2 y T3

Fuente: Elaboración propia

Los valores de pH, con el análisis de varianza de un factor, muestra que existe diferencia significativa ($p=0.000$) entre los tres tratamientos. La prueba múltiple de Tukey mostró diferencias estadísticas significativas entre los tres tratamientos evaluados en cuanto a la producción de volumen de biogás, con dicha prueba se obtuvo que el T_1 y el T_2 son diferentes al T_3 . (Figura 40).

Figura 41

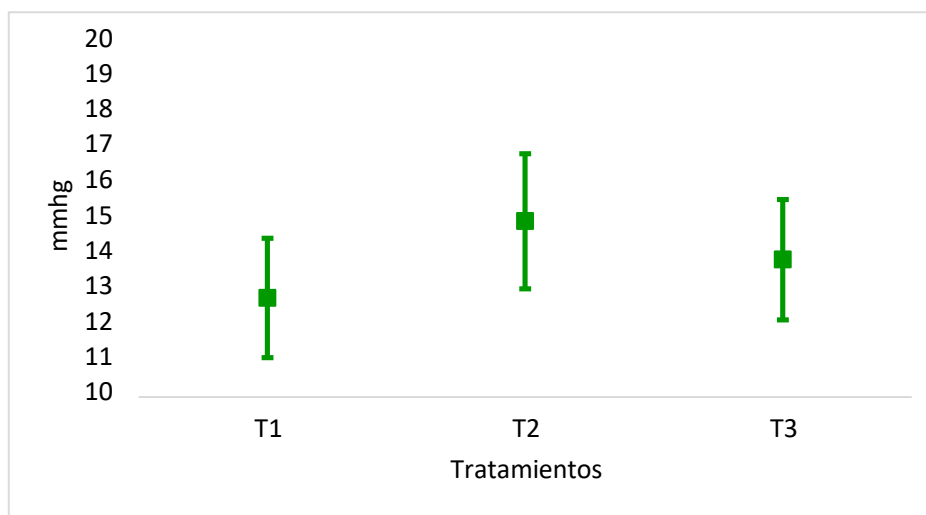


Fuente: Elaboración propia

Figura 40: Variación promedio de la Temperatura en °C para el T1, T2 y T3

Los valores de la temperatura °C, con el análisis de varianza de un factor, muestra que existe diferencia significativa ($p=0.010$) entre los tres tratamientos. La prueba múltiple de Tukey mostró diferencias estadísticas significativas entre los tres tratamientos evaluados en cuanto a la producción de volumen de biogás, con dicha prueba se obtuvo que el T_1 y el T_2 son diferentes al T_3 . (Figura 41).

Figura 42



Fuente: Elaboración propia

Figura 41: Variación promedio de la Presión en mmHg para el T1, T2 y T3

En la figura 42 se muestran los análisis de varianza de un factor para el control de parámetros de presión (mmhg) T1, T₂ y T₃ donde el valor $p=0.689$ de acuerdo con los resultados estadísticos no mostro diferencias significativas para los tres tratamientos debido a que no mostro presión en Bares y PSI motivo que se realizaron las descargas cada tres días y a los parámetros bajos durante las primeras semanas de digestión.

C- Cuantificación y caracterización del Biogás:

En la presenta tabla se representa la cuantificación y caracterización del biogás obtenido mediante análisis de laboratorio que se realizó al finalizar el proceso de digestión.

Tabla 14:*Cuantificación y caracterización del biogás*

Análisis	Metano	Dióxido de Carbono	Oxígeno	Balance %	Total	Volumen Biogás
	CH ₄ %	CO ₂ %	O ₂ %			
T ₁	45.3	17.0	4.0	33.7	100.0	23.8 litros
T ₂	60.8	30.0	1.5	7.7	100.0	33.8 litros
T ₃	61.8	32.0	3.9	2.3	100.0	38.2 litros

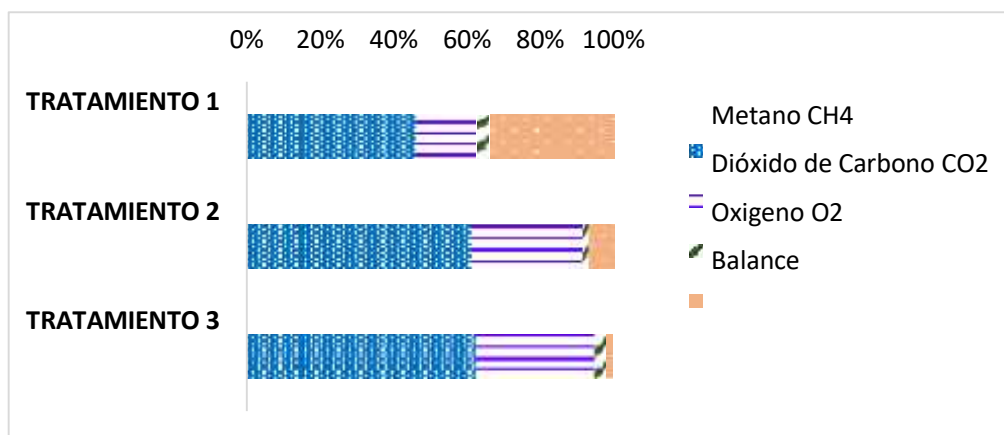
Nota: ** T₁, T₂ y T₃ = Estiércol más otros Residuos Orgánicos Municipales 2017

En la tabla 14 se observa la composición química de los tres tratamientos el cual destaca que el T₂ y T₃ generan más del 60% de metano (CH₄), y en el T₁ el metano es menor al 50%, el dióxido de carbono (CO₂) representa el 30% y 32% en los T₂ y T₃ respectivamente, mientras que en el T₁ el dióxido de carbono CO₂ representa el 17%. La presencia de Oxígeno (O₂) representa el 4% para el T₁ el 1.5% para el T₂ y el 3.9% para el T₃. Entre otras composiciones de gases que el equipo no logra analizar que en esta investigación llamaremos balance se tiene 33.7% para el T₁ 7.7% para el T₂ y 2.3% para el T₃.

En el T₁ la presencia de CH₄ menor del 50% a pesar de las condiciones mesofílicas se debe a la carga volumétrica de sustrato y cosustrato que durante la digestión produjo mayor cantidad de compuestos orgánicos (carbohidratos, lípidos, proteínas), alcoholes, ligninas entre otros lo que hace que las bacterias anaeróbicas retrasen el proceso de digestión (Varnero, 2004). Otro factor que influyó fue la probabilidad de la reacción C/N fue menor de 8:1 lo cual inhibió la actividad bacteriana debido al excesivo contenido de amonio lo que produjo una toxicidad en el proceso (VARNERO, 2004).

El volumen de biogás resulta obtener para el T₃ 38.02 litros, para el T₂ 33.8 litros, y para el T₁ 23.8 litros lo cual se muestra en la tabla 43

Figura 43



Fuente: Elaboración propia

Figura 42: Representación de la composición química en los T1, T2 y T3

C.1.- Variación del (%) metano en el T₁, T₂ y T₃

Las variaciones químicas del CH₄ dependieron del tipo de sustratos y cosustratos que se utilizaron, para el caso del T₁ con proporciones de sustrato y cosustrato (MO/H₂O) 1/1.41 los resultados oscilaron entre 40-50% CH₄, para el T₂ y T₃ con proporciones 1/1 y 1/1.2 (MO/H₂O), los resultados oscilaron entre 55 y 65 % CH₄ respectivamente siendo los dos últimos los que generaron mayor porcentaje de CH₄. Lo cual se observa en la figura 44

Figura 44

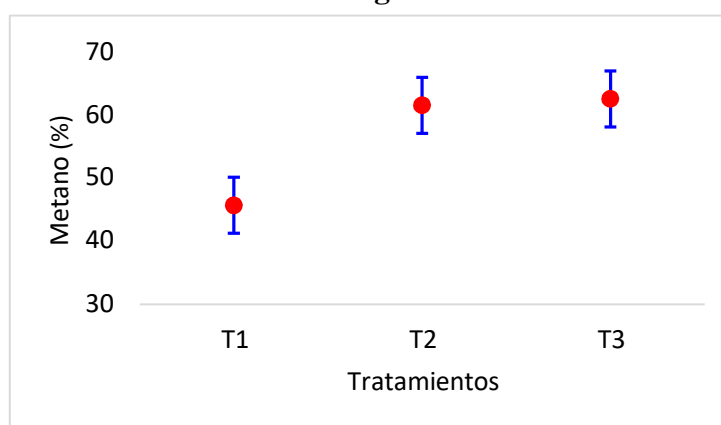
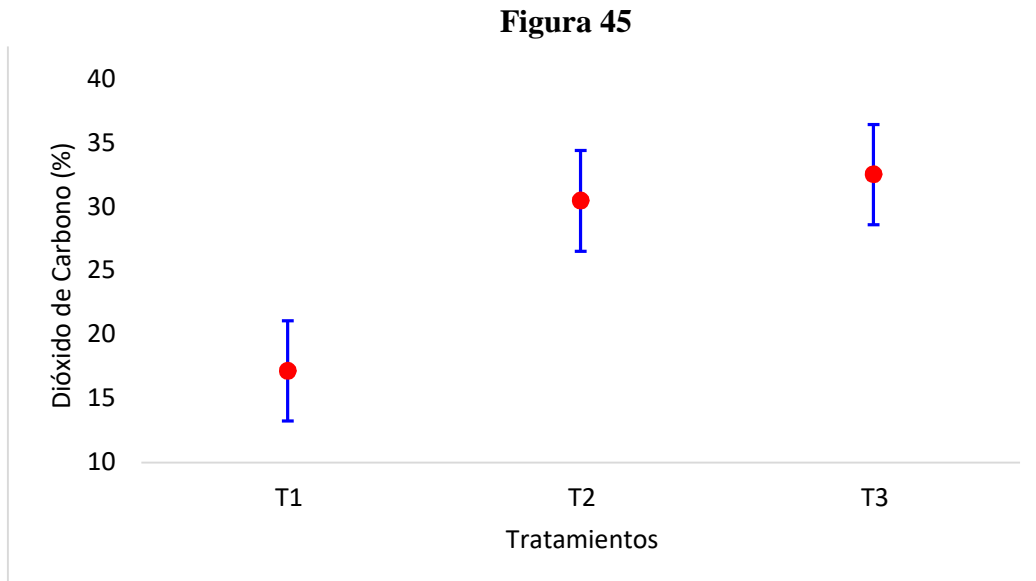


Figura 43: Variación del Metano (%) en los T1, T2 y T3

Fuente: Elaboración propia

C.2.- variación del (%) del Dióxido de Carbono en el T₁. T₂ y T₃

Las variaciones del dióxido de carbono CO₂ van en concordancia con los porcentajes de CH₄ en cada tratamiento. T₁ género menor cantidad de CO₂ (>10% y <25%) con respecto al T₂ y T₃ que genero porcentaje (> 25 % y <40%) respectivamente lo cual se representa en la figura 45.



Fuente: Elaboración propia

Figura 44: Variación del Dióxido de Carbono (%) en los T1, T2 y T3

IV. DISCUSIÓN.

La mezcla más usada como sustrato para los diferentes procesos de digestión son los estiércoles y residuos de cultivos (presentes en los residuos sólidos de botaderos municipales) que al mezclarse en proporciones balanceadas (1/1, 1/2, 1/3, 1/4...) es fuente rica en producción de CH₄ y CO₂ (GONZALES y JURADO, 2017). Resultados indicaron que durante los tratamientos con sustratos y cosustratos proporcionados, a pesar de rangos de temperatura mesofílica (30°C) presentan un tiempo de retención aproximado a las 12 semanas (VARNERO et al., 2014). En reactores tipo Batch la inclusión de cosustratos (agua) en base a los sustratos (estiércol-vegetales), constituye una gran fuente de alimento y aporte para el crecimiento y reproducción microbiano (VARNERO et al., 2014). El inicio del rango de los parámetros físico químicos del PH oscilo entre 6.00 a 6.60 para el T₁, T₂ y T₃ lo cual fue variando durante las 12 semanas de proceso hasta finalizar en rangos cercanos a 7.00 para el T₁ y 7.50 para T₂ y T₃, comparados con los rangos de: Sarabia, et al., (2017), que inicio con rangos de PH 7.50 a 8.00 que durante las primeras semanas presentó rangos acidogénicos y posteriormente finalizo con rangos metanogénicos entre 7.0 a 8.0 durante 14 semanas de proceso. El T₁, T₂ y T₃ inicio con parámetros de temperatura psicofílica (<25°C) con una duración de 12 semanas para los tres tratamientos evidenciando aceleración de parámetros a partir de la tercera semana (mesofíla-termofíla), finalizó con parámetros mesofilos (aproximados 45°C), así como lo indican diversos autores (VARNERO et al., 2014, GONZALE, JURADO, 2017 y SARABIA, et al, 2017). Los procesos de metanogénesis inicio a partir de los 20 días, donde un buen tratamiento de sustratos genera porcentajes promedios entre 60-70% CH₄, 26-40% CO₂ y 3-7% de gases traza o balance afirma VARNERO et al., (2014), durante 12 semanas de tiempo de retención que duro el proceso el T₁ obtuvo parámetros cercanos al 50% de CH₄ y mayores del 60% para el T₁ y T₃ respectivamente, también se observó que el porcentaje de CO₂ fueron menores a los porcentajes de CH₄ lo cual concuerda con los resultados obtenidos de forma teórica, comparados con

(SARABIA, et al., 2017 y VARNERO et al., 2014). Los biodigestores anaeróbicos resuelven el mal olor de los gases tóxicos ($\text{CH}_4\text{-CO}_2$) emitidos a la atmosfera al estar expuestos al interior del ambiente recuperando el gran poder calorífico de las toneladas de residuos sólidos que se exponen, comparados con SARABIA et al., (2012) que construyeron 69 biodigestores obteniendo porcentajes de CH_4 y CO_2 de 60 y 40% en el T_2 y T_3 mediante el cual permitió reducir las emisiones descontroladas de residuos sólidos generados en el botadero. Todo resultado de un tratamiento (biogás) viene cargado de traza de sulfuro de hidrogeno (H_2S) que le convierte en un olor desagradable (clara de huevo) y es corrosivo para los equipos lo cual fue necesario eliminar este tipo de compuesto a través de un filtro relleno con malla de hierro (CEPERO, et al., 2012), el filtro se debe de lavar con ácido clorhídrico 5 % (Hcl) durante 5-10 minutos y enjuagar con hidróxido de sodio o sosa caustica (NaOH) afirma CEPERO, et al., (2012). Mediante análisis de varianza de un factor mostro que existe diferencia significativa ($p=0.000$ y $p=0.010$) para el T_1 , T_2 y T_3 evaluados en los parámetros de PH y T° y ($p=0.689$ ns) para los parámetros de presión en los tres tratamientos no mostro diferencia significativa como se muestra en la tabla N° 13 cuantificación de los parámetros de codigestion (SARABIA, et al 2017). Los porcentajes de los tratamientos realizados permitieron evaluar el potencial metanogénico de los residuos sólidos, así como también evaluar el impacto ambiental por la mitigación de los gases de efecto invernadero volatilización al ambiente lo confirma GONZÁLES, et al., (2014).

V. CONCLUSIÓN

Luego de la recolección de los residuos sólidos, Se realizó la clasificación de los porcentajes de la materia prima con los siguientes datos: T₁ sustratos 41.35%, cosustrato 58.65% (proporción 1/1.41), T₂ sustratos 50.00%, cosustrato 50.00% (proporción 1/1) y T₃ sustrato 45.36%, cosustrato 54.63%, acelerador de fermentación 0.002% (proporción 1/1.2), residuos que permanecieron en digestión anaeróbica durante 12 semanas que duro el proceso, mitigando los gases contaminantes (CH₄-CO₂) y previniendo a las personas de riesgos biológicos.

Se realizó el diseño de tres biodigestores experimentales tipo Batch con cargas semi continuas mediante la aplicación del software Auto CAD 2013 teniendo en cuenta los siguientes parámetros: T₁ volumen total 85 litros, altura cilíndrica 74.5 cm diámetro base superior y base céntrica 0.30 - 0.39 cm, carga de altura volumétrica sustrato y cosustrato 47.5 cm y espacio superior para acumulación de biogás 27 cm. T₂ volumen total 85 litros, altura cilíndrica 74.5 cm diámetro base superior y base céntrica 0.30 - 0.39 cm, carga de altura volumétrica sustrato y cosustrato 46.0 cm y espacio superior para acumulación de biogás 28.5 cm. T₃ volumen total 85 litros, altura cilíndrica 74.5 cm diámetro base superior y base céntrica 0.30 - 0.39 cm, carga de altura volumétrica sustrato y cosustrato 49.6 cm y espacio superior para acumulación de biogás 24.9 cm.

Se controló los parámetros de la digestión anaeróbica para la producción de Biogás, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

T₁ y T₂: T° inicial - T° final (Psicrófila-Mesófila) PH inicial – final (Acidogénico-Metanogénico), Presión final (16 y 15 mmHg), Volumen final (23.8 y 33.8 Lts).

T₃: T° inicial - T° final (Psicrófila-Mesófila) PH inicial – final (Acidogénico-Acidogénico), Presión final (15.5 mmHg) y Volumen final (38.2 Lts).

Se realizó la cuantificación y caracterización del biogás obtenido, mediante el método de análisis de varianza de un factor con la prueba múltiple de Tukey, determinando que si existe diferencia significativa de $p=0.000$ y $p=0.010$ para el T_1 , T_2 y T_3 en el caso de PH y T° y no existe una diferencia significativa de $p=0.689$ para el T_1 , T_2 , T_3 en el caso de la presión. Con porcentajes obtenidos de CH_4 mayor de 60% T_2 , T_3 y menor de 50% para el T_1 .

VI. RECOMENDACIONES

Para posteriores investigaciones realizar análisis de DQO de la materia orgánica antes de realizar el proceso de digestión anaeróbica.

Para próximas investigaciones realizar el diseño de biodigestores de carga continua (Horizontales-chino), para que sea factible manejar los tiempos de cargas, y mantener equilibrado el poder calorífico, con sustratos generados por la población urbana y rural de la zona, amigable con la salud y el medio ambiente.

Durante el proceso de la digestión anaeróbica, tener en cuenta los rangos de los dos parámetros más esenciales de T° y PH, para no tener parámetros psicrófilos ni acidogénicos que retrasan y disminuyen la producción de biogás mientras dura el proceso.

Durante próximas investigaciones, tener más de dos resultados de laboratorio, para que sea factible realizar comparaciones de cuantificación y caracterización del Biogás, mediante el método de análisis de varianza de un factor con la prueba múltiple de Tukey.

Durante la digestión anaerobia a escala experimental en biodigestores de 85 Lts, se recomienda utilizar proporciones 1/1.41, T_1 con 25 Kg estiércol - 3.2 Kg Residuos Orgánicos Municipales y 40 kg de agua. 1/1, T_2 con 25 Kg estiércol - 3.2Kg Residuos Orgánicos Municipales y 40kg de agua. 1/1.2, T_3 con 18 Kg estiércol - 6.5 Kg Residuos Orgánicos Municipales y 29.5 kg de agua.

Se recomienda ampliar las proporciones en escalas mayores en biodigestores de carga semi continua durante la biodigestión anaerobia.

VII. REFERENCIAS

Bibliografía

ARRIETA, Miguel. Diseño de un Biodigestor Doméstico para el Aprovechamiento Energético del Estiércol de Ganado. Tesis (Ingeniero Mecánico – Eléctrico). Piura: Universidad de Piura Facultad de Ingeniería, 2016. Disponible en https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2575/IME_200.pdf?sequence=1

CALDERON Puente, Carlos Vicente. Diseño de un Biodigestor Tubular para Obtener Biogás a partir de Residuos Orgánicos del Ganado Vacuno Generados en la Hacienda Santa Mónica “Guamote”. Tesis (Ingeniero en Biotecnología Ambiental). Riobamba – Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2015. 47pp.

CAMACHO, Ricardo, VILLADA, Héctor S. y HOYOS, José L. Evaluación del Estiércol de Vaca como Inóculo en la Digestión Anaerobia Termófila de Residuos Sólidos Urbanos. Evaluation of Cow Manure as Inoculum in the Thermophilic Anaerobic Digestion of Municipal Solid Waste. [en línea]. Jun 2017, n.º 3. [Fecha de consulta: 09 de octubre de 2017]. Disponible en <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000300004>

CAMPOS, Elena. ELIAS, Xavier. FLOTATS, Xavier. Procesos Biológicos: La Digestión Anaerobia y el Compostaje [en línea]. Madrid, Ediciones Díaz de Santos Albasanz, 2 28037, 2012 [fecha de consulta: 21 de diciembre de 2017]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=sAOTHkOK9CUC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

CARTUCHE, Nathaly Daniela y PANTOJA, Ana Cristina. Análisis comparativo del potencial de biogás obtenido de la fracción orgánica de

residuos sólidos urbanos del mercado de Carapungo del DMQ, mediante diferentes técnicas de digestión anaerobia”. Tesis (Ingeniero Ambiental Grado Académico de Tercer Nivel). Quito: Universidad Central del Ecuador, 2015. 111 pp.

CONTRERAS, Freddy Manuel y DURAN, Jesús Valery. Reciclaje urbano una alternativa de desarrollo sostenible. Revista Apuntes de administración, 1(1): 44-49, 2016. IS ISSN 2539 – 4649.

CORNEJO, Erik. “Producción de Biogás a Nivel de Laboratorio, Utilizando Estiércol de Ganado Vacuno y Residuos Agroindustriales. Tesis (Para Optar el Título Profesional de: Ingeniero Agroindustrial). Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín Tarapoto – Perú, 2012. Disponible en <http://tesis.unsm.edu.pe/jspui/bitstream/11458/367/1/Erik%20Cornejo%20Ram%C3%ADrez.pdf>

DIAZ, Yudith., Clavell, Tania., Guillot, Rosa, L., Araujo, Luis. Determinación del Potencial energético de los Residuos Sólidos Urbanos en tres municipios de la provincia de Luanda [en línea]. Diciembre 2013-mayo 2014. [Fecha de consulta: 8 de noviembre de 2017]. Disponible <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v35n1/rtq06115.pdf>

ELÍAS, Xavier, ALTADILL, Ramón, ANDRÉS, Ana, SOLIVA, Montserrat. [et al.]. Reciclaje de Residuos Industriales [en línea]. 2. a ed. Xavier Elías - España: Díaz de Santos, 2009 [fecha de consulta: 17 de junio de 2017]. Disponible en: <http://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479788353.pdf> ISBN: 978-84-7978-835-3

FERRER, Ivet, UGGETTI, Enrica, POGGIO, Davide [et. a]. Producción de biogás a partir de residuos orgánicos en biodigestores de bajo coste [en línea]. 2015 [fecha de consulta: 25 de diciembre de 2017]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/277061614_Produccio_de_biogas_a_partir_de_residuos_organics_en_biodigestors_de_baix_cost?enrichId=rgre

q-8512f69749721648b0ffa626e15ae897-

XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI3NzA2MTYxNDtBUzoyMzYyODI5MzY4MTk3MTVAMTQzMzM0NTY1MDM0Ng%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf

GENERACIÓN y composición de los residuos sólidos urbanos en américa latina y el caribe 2015-2016 Por Hernández Aguilar Taboada [et al]. México: Universidad Autónoma de Baja California. Calzada Universidad #14418, 32 (Especial Residuos Sólidos) 11-22, 2016. DOI: 10.20937

GÓMEZ, Hugo Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental, fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial [en línea]. 2013-2014 [Fecha de consulta: 12 de junio de 2017]. Disponible en https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13926

GONZALES, Erika Tatiana, JURADO, Paula Catalina y GOMEZ, Luis Fernando. Sustratos y producción de biogás en biodigestores. Una revisión sistemática. *Ingeciencia*, [S.l.]. [en línea]. v.2 n, 1. p. 44-64, agosto 2017. [Fecha de consulta: 06 de diciembre de 2017]. Disponible en http://editorial.ucentral.edu.co/ojs_uc/index.php/Ingeciencia/article/view/2352. ISSN: ISSN: 2500-929X

GONZALES, Yudith, GATO, Tatiana, GIRON, Rosa, L. y PIRES, Luis. Determinación del potencial energético de residuos sólidos urbanos en tres municipios de la provincia de Luanda. Angola. RTQ [en línea]. v.35 n.1. p. 63-72, 2015 [fecha de consulta: 25 de diciembre 2017]. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852015000100006&lng=es&nrm=iso. ISSN 2224-6185.

GUTIERREZ, Guadalupe de Jesús, MONCADA, Iram, MEZA, María Mercedes, FELIZ, Anacleto, BALDERAS, José de Jesús y GORTARES, Pablo. 2012 *Biogás: una alternativa ecológica para la producción de energía*, Ide@S CONCYTEG 7 (85), pp. 881-894, julio 2012. ISSN: 2017-2716,

Disponible en: <https://es.scribd.com/document/229786408/85-1-Gutierrez-Garcia-Et-Al>

IDEA, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Biomasa Digestores Anaerobios [en línea]. Madrid: E-28004-Madrid octubre de 2007 [fecha de consulta: 12 de julio de 2017]. Disponible en: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10737_Biomasa_digestores_07_a996b846.pdf ISBN-13: 978-84-96680-21-0

INFOBAE, tendencias. El atlas de los desperdicios: los países que más basura producen [en línea] [fecha de consulta: el 23 de diciembre 2017]. Disponible en: <https://www.infobae.com/economia/rse/2017/05/01/el-atlas-de-los-desperdicios-los-paises-que-mas-basura-producen/>

INSTITUTO Nacional de Estadística e Informática. Anuario de Estadísticas Ambientales 2014 [en línea]. Enero 2015, [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2017]. Disponible en <http://www.regionlalibertad.gob.pe/ineiestadisticas/libros/libro36/libro.pdf>

MUNIZAGA, Juan Antonio. Prefactibilidad técnica de un vertedero controlado de alta densidad para la ciudad de Antofagasta, Chile [en línea]. 1. a ed. Chile: Universidad Internacional de Andalucía., 2009 Wiley [fecha de consulta: 17 de octubre de 2017]. Disponible en: [file:///C:/Users/usuario/Downloads/2009_antofagasta%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/usuario/Downloads/2009_antofagasta%20(2).pdf) ISBN: 978-84-7993-073-8

NACHWACHSENDE, Fachagentur Guía sobre el biogás desde la producción hasta el uso [en línea]. 5. a ed. Alemania, FNR, Abt. Öffentlichkeitsarbeit, 2010 [fecha de consulta: 05 de abril de 2017]. Disponible en: https://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/g/u/guide_biogas_engl_2012.pdf ISBN: 1-565760

OEFA, La Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos [en línea]. 1. a ed. Perú: febrero de 2014 [fecha de consulta: 17 de julio de 2017]. Disponible en: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=6471

ORGANISMO de Evaluación y Fiscalización Ambiental, OEFA. (26 de agosto de 2014). Rol de la fiscalización ambiental en la mejora de las conductas para solucionar los principales problemas en el manejo de residuos sólidos en el país [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=CW2LyIRccrM>

ORTIZ, María Isabel, MARTINEZ, Manuel David, GARAY, Segundo Rubén. Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos. Diagnóstico de la Gestión y Manejo de Residuos Sólidos en la Provincia de Hualgayoc – Bambamarca 2016 – 191 p.

PARRA, Brayan Alexis. Producción de Metano a Partir de la Digestión Anaerobia de Biorresiduos de Origen Municipal. Tesis (Postgrado en Ingeniería Sanitaria y Ambiental). Cali. Universidad del Valle Facultad de Ingeniería, 2014. Disponible en <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/7645/1/7720-0446398.pdf>

PRODUCCIÓN de biogás y bioabonos a partir de efluentes de biodigestores por Cuba Estación Experimental de Pastos y Forrajes, 35 (2): 219-226, junio 2012. ISSN: 0864-0394. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/2691/269125071009.pdf>

PUERTA, Silvia María [en línea]. Colombia: Corporación Universitaria Lasallista 2004 [fecha de consulta: 24 de abril de 2017]. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/695/69511009.pdf> ISSN: 1794-4449

ROJAS, Sandra Milene [en línea]. n° 2, Colombia: Cucuta, 2016 [fecha de consulta: 05 de setiembre de 2017]. Disponible en

<http://revistas.ufps.edu.co/ojs/index.php/cienciaycuidado/article/viewFile/767/742> ISSN: 1794-9831.

SÁEZ, Alejandrina, URDANETA G., JOHENI A., Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Revista Omnia*, 20(3): 121-135, setiembre-diciembre 2014. ISSN: 1315-8856 disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73737091009>>

SALLO, Pablo Darwin. Producción de biogás a partir de desechos sólidos orgánicos que se generan en el mercado central del cantón arenillas. Tesis (Trabajo de Titulación Previo a la Obtención del Título de Bioquímico Farmacéutico). Machala-Ecuador: Universidad Técnica de Machala-Ecuador, 2014. Disponible en <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2798/3/CD0000-12-TRABAJO%20COMPLETO.pdf>.

SÁNCHEZ, Antonio, ARTOLA, Adriana, BARRENA, Raquel, DIOS, Manuel, GARCÍA, Juan Carlos, LÓPEZ, Rafael, PÉREZ, María Dolores, PUIG, Ignacio, SOTO, Manuel y GEA, teresa. De residuo a Recurso el Cambio hacia la Sostenibilidad [en línea]. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid: aedos, s, a, 2014 [fecha de consulta: 23 de mayo de 2017]. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=N77-CAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA15&dq=libros+de+residuos+solidos+2014&ots=ptAWF77U9D&sig=uVhxQy7qnJoBB6D-P_krtC7CAcM&redir_esc=y#v=onepage&q=libros%20de%20residuos%20solidos%202014&f=true

SARABIA, Marco Antonio, LAINES, José Ramón, SOSA, José Aurelio y ESCALANTE, Erika. Producción de biogás mediante codigestión anaerobia de excretas de borrego y rumen adicionadas con lodos procedentes de una planta de aguas residuales. *Revista internacional de contaminación Ambiental*, 33 (1): febrero 2017. ISSN: 0188-4999

¿SE puede decir “Biogás: ¿Un Combustible Sustentable el caso del Relleno Sanitario y Central Loma los Colorados”? [Mensaje de un blog]. Chile: Sergio, D, (Chile 2009). [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2017]. Recuperado de <http://www.uss.cl/pdf/Biogas%20Combustible%20Sustentable%20-%20Sergio%20Durandean%20-%20Gerente%20General%20KDM%20Energia%207-09-2011%20.pdf>

PIGARS. (2017). Plan Integral de Gestion Ambiental de Residuos Sólidos. Bambamarca.

VARGAS, Rudi Alexis. Estudio Técnico para la Producción de Biogás como Combustible a partir de Estiércol de Cuy, Vaca, Cabra con Chala de Maíz y Desechos Sólidos Urbanos [en línea]. 1. a ed. Lima-Perú: Guzlop Editoras, 2012 [fecha de consulta: 27 de abril de 2017]. Disponible en: https://guzlop-editoras.com/web_des/ener01/biomasa/pld0519.pdf

VARNERO, María. Manual de Biogás [en línea]. Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Chile, 2011 [fecha de consulta: 08 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf> ISBN: 978-95-306892-0

VARNERO, María T, GALLEGUILLOS, Karina [et al]. Santiago-Chile: Producción de Biogás y Enmiendas Orgánicas a Partir del Residuo Olivícola (Alperujo). 25(5): 73-78, mayo 2014. doi: 10.4067/S0718-07642014000500011.

VEGA, Jhon Alexis. Diseño, Construcción y Evaluación de un Biodigestor Semi-continuo para la Generación de Biogás con la Fermentación Anaeróbica del Estiércol de Cuy y de Consejo para la Institución Educativa Privada Cristiana Bereshi. Tesis (Para Optar el Título Profesional de Ingeniero En Energía). Chimbote: Universidad Nacional del Santa, 2015. Disponible en

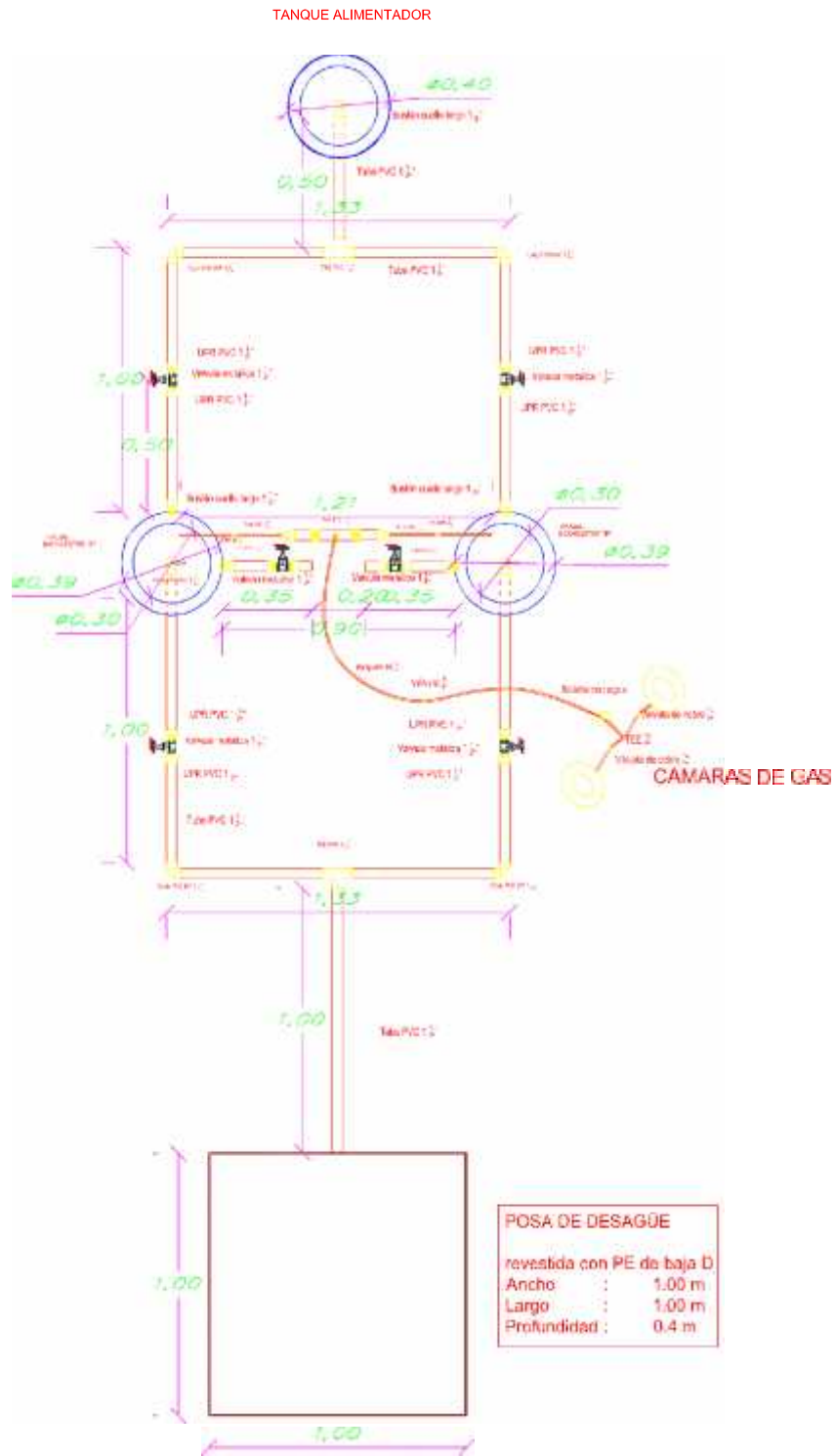
<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2000/30744.pdf?sequence=1&isAllowed=y> ISBN 13: xxx-xx-xxxx-xxx-x

WEBER, Berdd, ROJAS, Marcelo, TORRES, Miguel y PAMPILLON, Liliana [en línea]. 5. a ed. México: Red Mexicana de Bioenergía, A.C, 2012 [fecha de consulta: 22 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://rembio.org.mx/wp-content/uploads/2014/12/CT5.pdf> ISBN: 978-607-96084-1-5

ANEXOS

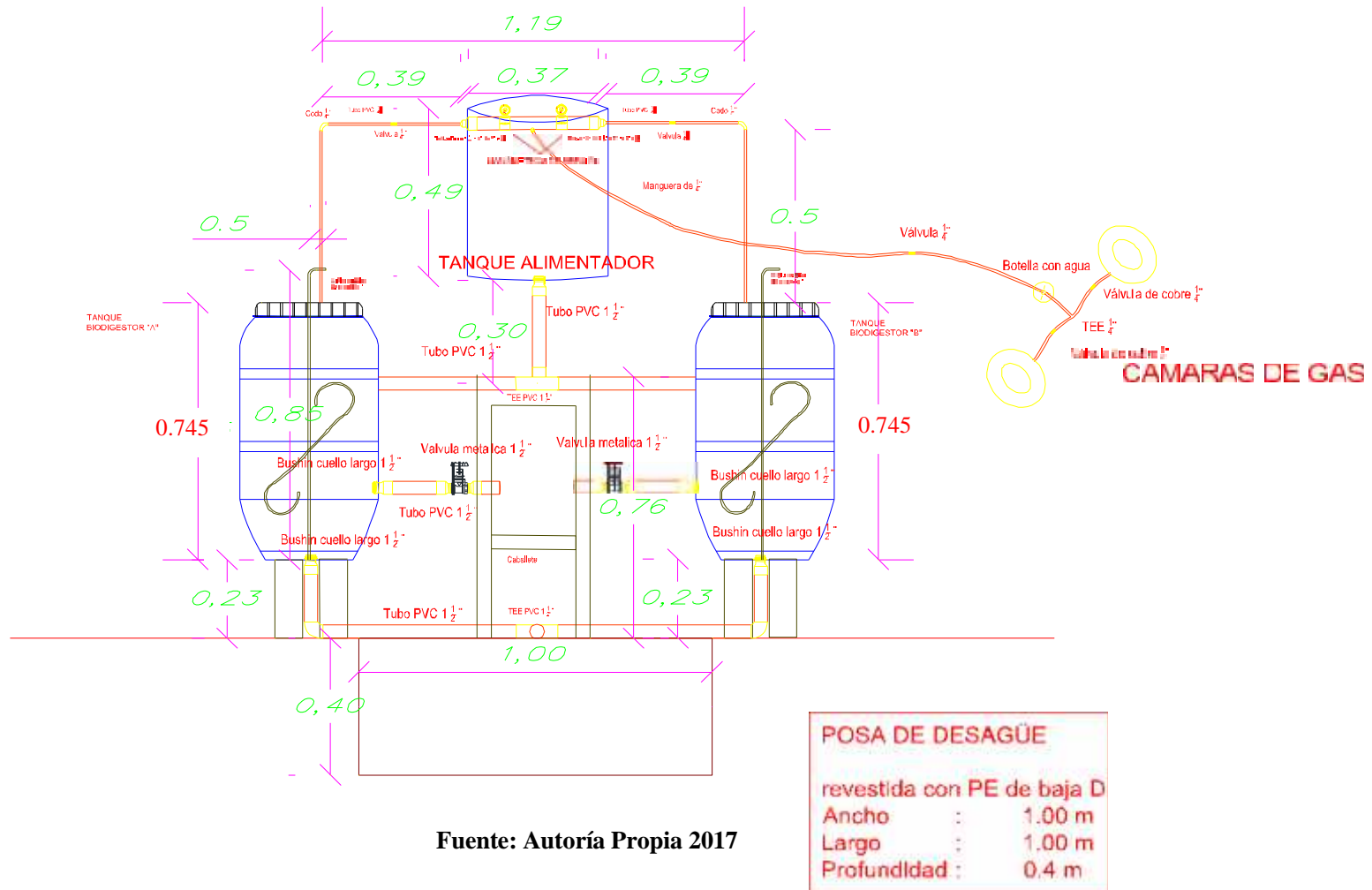
Figura 46

VISTA DE PLANTA



Fuente: Autoría Propia 2017
Figura 45: Vista de planta T1 y T2

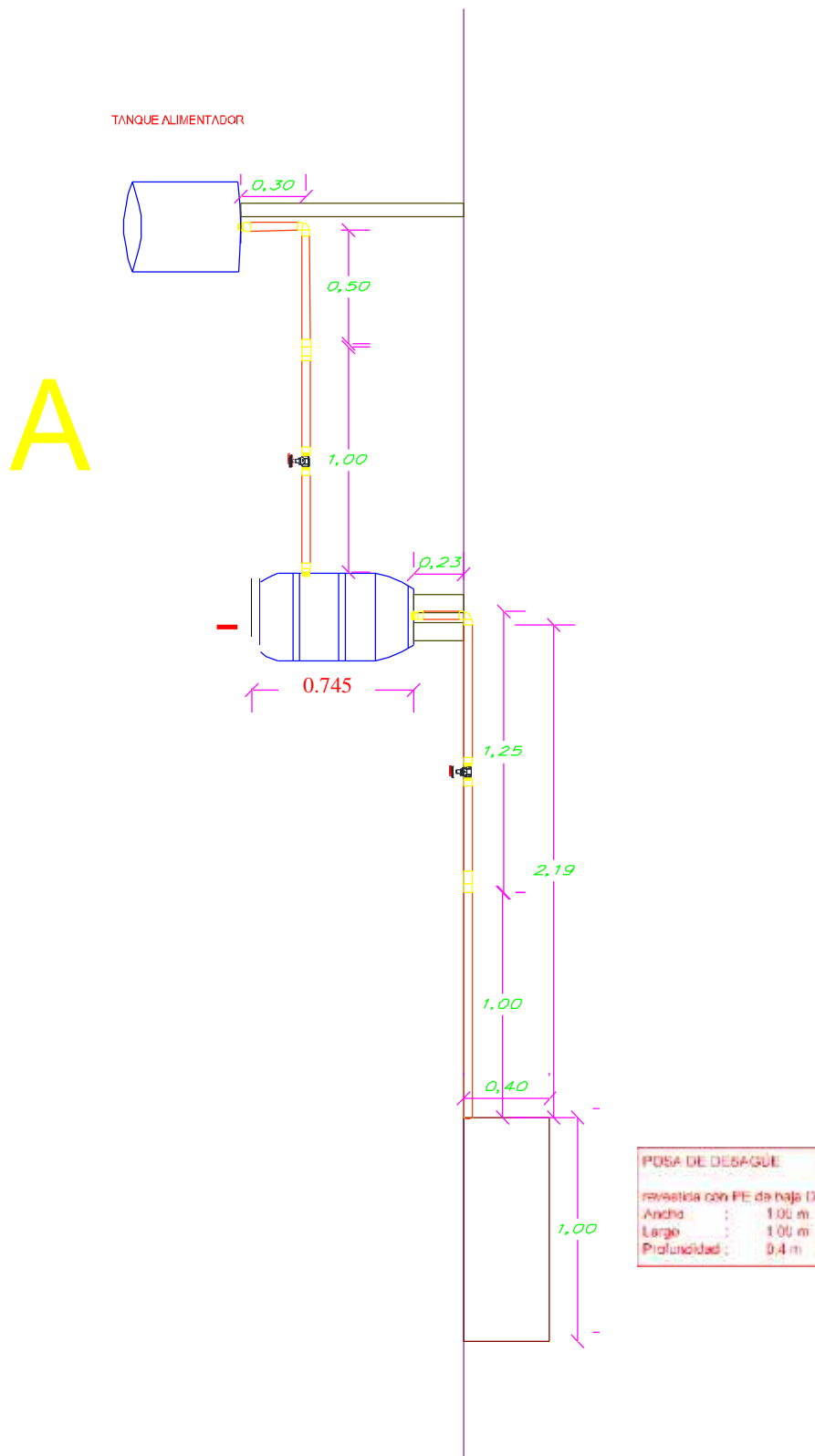
Figura 47



Fuente: Autoría Propia 2017

Figura 46: Corte de vista frontal T1 y T2

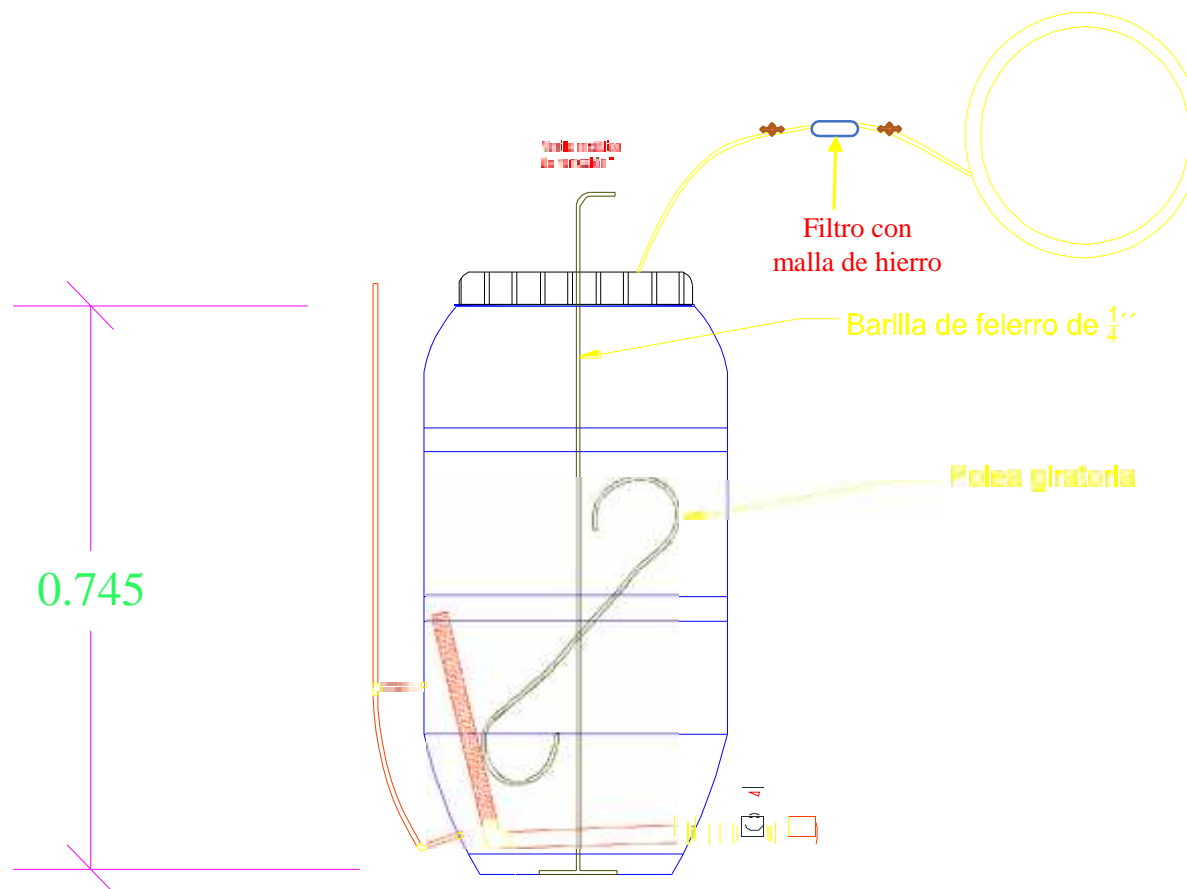
Figura 48



Fuente: Autoría Propia 2017

Figura 47: Bosquejo vista lateral T1 y T2

Figura 49



Fuente: Autoría Propia 2017

Figura 48: Corte lateral T3

Tablas de control de parámetros realizados durante el proceso de digestión.

T₁						
Nº	Días Sem	Fecha	Tº	PH	P	V
1	Lunes	25/09/2017	15	6.6		
2	Martes	26/09/2017	15	6.6		
3	Miércoles	27/09/2017	16	6.6		
4	Jueves	28/09/2017	17	6.6		
5	Viernes	29/09/2017	17	6.6		
6	Sábado	30/09/2017	17	6.8		
7	Domingo	01/10/2017	17	6.9	1 mmhg	
8	Lunes	02/10/2017	18	6.9		
9	Martes	03/10/2017	17	6.9		
10	Miércoles	04/10/2017	17	6.9		
11	Jueves	05/10/2017	19	6.9		
12	Viernes	06/10/2017	22	6.9		
13	Sábado	07/10/2017	20	6.9		
14	Domingo	08/10/2017	20	6.9	3mmhg	
15	Lunes	09/10/2017	15	6.8		
16	Martes	10/10/2017	17	6.8		
17	Miércoles	11/10/2017	16	6.7		
18	Jueves	12/10/2017	16	6.6		
19	Viernes	13/10/2017	17	6.6		
20	Sábado	14/10/2017	20	6.4		
21	Domingo	15/10/2017	20	6.3	7mmhg	
22	Lunes	16/10/2017	42	6.3		
23	Martes	17/10/2017	35.5	6.3		
24	Miércoles	18/10/2017	42.1	6.3		
25	Jueves	19/10/2017	45	6.3		
26	Viernes	20/10/2017	45	6.3		
27	Sábado	21/10/2017	40	6.3		
28	Domingo	22/10/2017	38.5	6.3	15 mmhg	
29	Lunes	23/10/2017	35	6.3		
30	Martes	24/10/2017	32	6.3		
31	Miércoles	25/10/2017	40	6.3		
32	Jueves	26/10/2017	39	6.3		
33	Viernes	27/10/2017	41	6.3		
34	Sábado	28/10/2017	34	6.3		
35	Domingo	29/10/2017	38	6.2	18.5mmhg	
36	Lunes	30/10/2017	52		18.5 mmhg (1º descarga)	
37	Martes	31/10/2017	51	6.2		
38	Miércoles	01/11/2017	55			
39	Jueves	02/11/2017	54	6.2		
40	Viernes	03/11/2017	35			
41	Sábado	04/11/2017	40	6.2		
42	Domingo	05/11/2017	40		15 mmhg	

43	Lunes	06/11/2017	38	6.2	(2° descarga)	
44	Martes	07/11/2017	33			
45	Miércoles	08/11/2017	35	6.0		
46	Jueves	09/11/2017	42			
47	Viernes	10/11/2017	42	6.0		
48	Sábado	11/11/2017	38		17 mmhg (3° descarga)	
49	Domingo	12/11/2017	40	6.0		
50	Lunes	13/11/2017	38			
51	Martes	14/11/2017	35	5.9		
52	Miércoles	15/11/2017	38			
53	Jueves	16/11/2017	35	5.9		
54	Viernes	17/11/2017	35		18 mmhg (4° descarga)	
55	Sábado	18/11/2017	49	5.8		
56	Domingo	19/11/2017	42			
57	Lunes	20/11/2017	40	5.8		
58	Martes	21/11/2017	45	5.7		
59	Miércoles	22/11/2017	40	5.8	14 mmhg (5° descarga)	
60	Jueves	23/11/2017	42	5.8		
61	Viernes	24/11/2017	45	5.9		
62	Sábado	25/11/2017	43	5.9		
63	Domingo	26/11/2017				
64	Lunes	27/11/2017	28	5.8	14 mmhg (6° descarga)	
65	Martes	28/11/2017	25	5.8		
66	Miércoles	29/11/2017	23	5.8		
67	Jueves	30/11/2017	25	5.8		
68	Viernes	01/12/2017	25	5.7		
69	Sábado	02/12/2017	25	5.8		
70	Domingo	03/12/2017	27	5.8	15 mmhg (7° descarga)	
71	Lunes	04/12/2017	30	7.5		
72	Martes	05/12/2017	31	7.5		
73	Miércoles	06/12/2017	34	7.5		
74	Jueves	07/12/2017	35	7.5		
75	Viernes	08/12/2017	35	7.5		
76	Sábado	09/12/2017	28	7.5		
77	Domingo	10/12/2017			16 mmhg (8° descarga)	
78	Lunes	11/12/2017	33	7.5		
79	Martes	12/12/2017	38	7.5		
80	Miércoles	13/12/2017	39	7.5		
81	Jueves	14/12/2017	29	7.5		
82	Viernes	15/12/2017	30	7.5		
83	Sábado	16/12/2017	32	7.5		23.8 Lts
84	Domingo	17/12/2017				

T₂						
N°	Días. Sem	Fecha	T°	PH	P	V
1	Lunes	25/09/2017	18	6.5		
2	Martes	26/09/2017	18	6.5		
3	Miércoles	27/09/2017	18.5	6.5		
4	Jueves	28/09/2017	18.5	6.6		
5	Viernes	29/09/2017	18.5	6.6		
6	Sábado	30/09/2017	19	6.8		
7	Domingo	01/10/2017	19	6.8	2 mmhg	
8	Lunes	02/10/2017	19	6.8		
9	Martes	03/10/2017	19	6.8		
10	Miércoles	04/10/2017	17	6.7		
11	Jueves	05/10/2017	18	6.6		
12	Viernes	06/10/2017	19	6.5		
13	Sábado	07/10/2017	19	6.5		
14	Domingo	08/10/2017	20	6.4	5 mmhg	
15	Lunes	09/10/2017	16	6.3		
16	Martes	10/10/2017	17	6.3		
17	Miércoles	11/10/2017	16	6.3		
18	Jueves	12/10/2017	16	6.2		
19	Viernes	13/10/2017	17	6.2		
20	Sábado	14/10/2017	19	6.2		
21	Domingo	15/10/2017	19	6.2	15 mmhg	
22	Lunes	16/10/2017	40	6.2		
23	Martes	17/10/2017	34.5	6.2		
24	Miércoles	18/10/2017	41.1	6.2		
25	Jueves	19/10/2017	45	6.2		
26	Viernes	20/10/2017	44	6.2		
27	Sábado	21/10/2017	40	6.2		
28	Domingo	22/10/2017	39	6.3		
29	Lunes	23/10/2017	35	6.3	27 mmhg (1° descarga)	
30	Martes	24/10/2017	32	6.3		
31	Miércoles	25/10/2017	40	6.3		
32	Jueves	26/10/2017	39	6.3		
33	Viernes	27/10/2017	40	6.2	22.5 mmhg (2° descarga)	
34	Sábado	28/10/2017	41	6.2		
35	Domingo	29/10/2017	38.5	6.0		
36	Lunes	30/10/2017	50			
37	Martes	31/10/2017	50	6.0		
38	Miércoles	01/11/2017	51			
39	Jueves	02/11/2017	53	6.0	15 mmhg	
40	Viernes	03/11/2017	31		(3°)	

41	Sábado	04/11/2017	45	6.0	descarga)	
42	Domingo	05/11/2017	45			
43	Lunes	06/11/2017	42			
44	Martes	07/11/2017	32	6.0		
45	Miércoles	08/11/2017	34		15 mmhg (4° descarga)	
46	Jueves	09/11/2017	40	6.0		
47	Viernes	10/11/2017	40			
48	Sábado	11/11/2017	38	6.0		
49	Domingo	12/11/2017	38			
50	Lunes	13/11/2017	40	5.9		
51	Martes	14/11/2017	40		18 mmhg (5° descarga)	
52	Miércoles	15/11/2017	38	6		
53	Jueves	16/11/2017	35			
54	Viernes	17/11/2017	36			
55	Sábado	18/11/2017	47	5.9		
56	Domingo	19/11/2017	40			
57	Lunes	20/11/2017	41	5.8	15 mmhg (6° descarga)	
58	Martes	21/11/2017	44	5.8		
59	Miércoles	22/11/2017	49	5.8		
60	Jueves	23/11/2017	43	5.8		
61	Viernes	24/11/2017	45	5.8		
62	Sábado	25/11/2017	43	5.8		
63	Domingo	26/11/2017			15 mmhg (7° descarga)	
64	Lunes	27/11/2017	28	5.8		
65	Martes	28/11/2017	25	5.8		
66	Miércoles	29/11/2017	23	5.8		
67	Jueves	30/11/2017	25	5.8		
68	Viernes	01/12/2017	25	5.8		
69	Sábado	02/12/2017	25	5.8	15 mmhg (8° descarga)	
70	Domingo	03/12/2017	28	5.8		
71	Lunes	04/12/2017	30	7.5		
72	Martes	05/12/2017	31	7.5		
73	Miércoles	06/12/2017	35	7.5		
74	Jueves	07/12/2017	35	7.5		
75	Viernes	08/12/2017	35	7.5	15 mmhg (9° descarga)	
76	Sábado	09/12/2017	29	7.5		
77	Domingo	10/12/2017				
78	Lunes	11/12/2017	29	7.5		
79	Martes	12/12/2017	36	7.5		
80	Miércoles	13/12/2017	38	7.5		
81	Jueves	14/12/2017	29	7.5	15 mmhg (10° descarga)	
82	Viernes	15/12/2017	31	7.5		
83	Sábado	16/12/2017	33	7.5		
84	Domingo	17/12/2017				33.8 Lts

T₃						
N°	Días. Sem	Fecha	T°	PH	P	V
1	Lunes	25/09/2017	17.25	6.64		
2	Martes	26/09/2017				
3	Miércoles	27/09/2017	17.25	6.64		
4	Jueves	28/09/2017				
5	Viernes	29/09/2017	17.25	6.64		
6	Sábado	30/09/2017				
7	Domingo	01/10/2017	17.25	6.64	1.5mmhg	
8	Lunes	02/10/2017				
9	Martes	03/10/2017	18.85	6.76		
10	Miércoles	04/10/2017				
11	Jueves	05/10/2017	18.85	6.76		
12	Viernes	06/10/2017				
13	Sábado	07/10/2017				
14	Domingo	08/10/2017	18.85	6.76	4 mmhg	
15	Lunes	09/10/2017				
16	Martes	10/10/2017	17.17	6.42		
17	Miércoles	11/10/2017				
18	Jueves	12/10/2017				
19	Viernes	13/10/2017	17.17	6.42		
20	Sábado	14/10/2017				
21	Domingo	15/10/2017	17.17	6.42	11 mmhg	
22	Lunes	16/10/2017				
23	Martes	17/10/2017				
24	Miércoles	18/10/2017	32	6.6		
25	Jueves	19/10/2017	45	6.3		
26	Viernes	20/10/2017	45	6.3		
27	Sábado	21/10/2017	40	6.3		
28	Domingo	22/10/2017	38.5	6.3	21 mmhg(1° desc)	
29	Lunes	23/10/2017	40	6.2		
30	Martes	24/10/2017	42	6.2		
31	Miércoles	25/10/2017	45	6.3		
32	Jueves	26/10/2017	35	6.1		
33	Viernes	27/10/2017	48	6.0		
34	Sábado	28/10/2017	33	6.1		
35	Domingo	29/10/2017	35	6.0	20.5 mmhg(2° desc)	
36	Lunes	30/10/2017	40	6.2		
37	Martes	31/10/2017	42	6.2		
38	Miércoles	01/11/2017	45	6.3		
39	Jueves	02/11/2017	35	6.1		

40	Viernes	03/11/2017	48	6.0		
41	Sábado	04/11/2017	33	6.1		
42	Domingo	05/11/2017	35	6.0	15 mmhg (3° desc)	
43	Lunes	06/11/2017	40	6.0		
44	Martes	07/11/2017	42	6.0		
45	Miércoles	08/11/2017	45	6.1		
46	Jueves	09/11/2017	35	6.1		
47	Viernes	10/11/2017	48	6.0		
48	Sábado	11/11/2017	33	6.1		
49	Domingo	12/11/2017	35	6.0	16 mmhg (4° desc)	
50	Lunes	13/11/2017	40	6.0		
51	Martes	14/11/2017	38			
52	Miércoles	15/11/2017	35	6.0		
53	Jueves	16/11/2017	40			
54	Viernes	17/11/2017	40			
55	Sábado	18/11/2017	47	5.9		
56	Domingo	19/11/2017			18 mmhg (5° desc)	
57	Lunes	20/11/2017	41	6.0		
58	Martes	21/11/2017	44	6.1		
59	Miércoles	22/11/2017	49	6.1		
60	Jueves	23/11/2017	43	6.1		
61	Viernes	24/11/2017	45	6.1		
62	Sábado	25/11/2017	43	6.2		
63	Domingo	26/11/2017	41	6.1	14.5mmhg (6° desc)	
64	Lunes	27/11/2017	28	6.1		
65	Martes	28/11/2017	25	6.1		
66	Miércoles	29/11/2017	23	6.1		
67	Jueves	30/11/2017	25	6.1		
68	Viernes	01/12/2017	25	6.1		
69	Sábado	02/12/2017	25	6.1		
70	Domingo	03/12/2017	28	6.1	14.5 mmhg (7° desc)	
71	Lunes	04/12/2017	30	6.1		
72	Martes	05/12/2017	30	6.1		
73	Miércoles	06/12/2017	35	6.1		
74	Jueves	07/12/2017	35	6.1		
75	Viernes	08/12/2017	35	6.1		
76	Sábado	09/12/2017	30	6.1		
77	Domingo	10/12/2017			15 mmhg (8° desc)	
78	Lunes	11/12/2017	30	6.2		

79	Martes	12/12/2017	34	6.2		
80	Miércoles	13/12/2017	34	6.2		
81	Jueves	14/12/2017	28	6.2		
82	Viernes	15/12/2012	29	6.2		
83	Sábado	16/12/2017	32	6.2	15.5 mmhg (9° desc)	38.2 litros

Tablas de Resumen de Parámetros Semanales

84 DIAS									
SEMANAS	T ₁			T ₂			T ₃		
	PH	T°	P	PH	T°	P	PH	T°	P
SEMANA 1	6.67	16.00	1 mmhg	6.61	18.50	2 mmhg	6.64	17.25	1.5 mmhg
SEMANA 2	6.90	19.00	3 mmhg	6.61	18.70	5 mmhg	6.76	18.85	4 mmhg
SEMANA 3	6.60	17.20	7 mmhg	6.24	17.14	15 mmhg	6.42	17.17	11 mmhg
SEMANA 4	6.30	41.10	15 mmhg	6.21	40.50	27 mmhg	6.36	40.10	21 mmhg
SEMANA 5	6.28	37.00	18.5 mmhg	6.22	37.90	22.5 mmhg	6.10	39.70	20.5 mmhg
SEMANA 6	6.20	48.60	15 mmhg	6.00	46.40	15 mmhg	6.10	39.70	15 mmhg
SEMANA 7	6.01	39.10	17 mmhg	6.00	37.70	15 mmhg	6.00	39.70	16 mmhg
SEMANA 8	5.86	38.80	18 mmhg	5.93	39.40	18 mmhg	6.00	40.00	18 mmhg
SEMANA 9	5.81	42.50	14 mmhg	5.81	44.16	15 mmhg	6.10	43.70	14.5 mmhg
SEMANA 10	5.80	25.42	14 mmhg	5.80	25.57	15 mmhg	6.10	25.57	14.5 mmhg
SEMANA 11	7.50	32.16	15 mmhg	7.50	32.50	15 mmhg	6.10	32.5	15 mmhg
SEMANA 12	7.50	34.4	16 mmhg	7.50	33.40	15 mmhg	6.20	31.16	15.5 mmhg

Panel de figuras durante todo el proceso de digestión

Diseño de reactores



Recolección de la Materia Orgánica



Clasificación de la Materia Orgánica





Pesado de la Materia Orgánica



Proporciones y carga de Materia Orgánica



Control de Parámetros



Construcción de invernadero






Prueba de llama



Análisis de biogás (CH₄-CO₂-O₂-OTROS)



VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS.

FICHA DE OBSERVACION PARA BOTADERO DE RS. 2017									
1.- DATOS PERSONALES				FICHA N° 001			FECHA: 25-09-17		
RESPONSABLE				VICTOR LUIS HUAMAN SAAVEDRA					
ESPECIALIDAD				INGENIERIA AMBIENTAL					
INSTITUCION				UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - CEDE CHOTA					
2.- DATOS GENERALES									
TITULO TESIS		"OBTENCION DE BIOGAS A TRAVES DEL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS MUNICIPALES, BOTADERO CUNACALES ALTO DISTRITO BAMBAMARCA, 2017".							
3.1 UBICACION DEL BOTADERO	Departamento	Cajamarca			CROQUIS				
	Provincia	Hualgayoc							
	Distrito	Bambamarca							
	Caserío	Cunacales Alto							
3.2 DATOS DEL BOTADERO	3.2.1 COORD.	Este							
		Oeste							
		Norte							
		Sur							
	Altitud	2.9002 m.s.n.m							
	Distancia	8.200 Km							
	F. Inc. Btd	Noviembre 2016							
	T. Vid. Bot	Diciembre 2017							
	Area Ocp.	3 hectareas							
	3.2.2 CONDIC. BOTADERO	Tonelada	DIA	SEMANA	MES	AÑO			
		10.694	x	320.820	3,849.840				
Pers Obr		7	x	210	2520				
Camión		4	x	120	1,440				
3.3 CONTAMINANTES	3.3.1 VECTORES	IDENTIF	SI	NO	3.3.2 CONTAMINANTES DEL AIRE	IDENT	SI	NO	
		Perros	X			Polvo	X		
		Rodedores		X		Gases	X		
		Aves	X			Humo			X
		Moscas	X			Olor		X	
		Otros		X		Ruido	X		
	3.4.1 CRIADORES DE ANIMALES	IDENTIF	SI	NO	3.4.2 VIVIENDAS	IDENT	SI	NO	T.
Porcinos	X		50 mts	X			4		
Caprinos		X	100 mts	X			4		
Vacunos	X		200 mts	X			3		
Equinos	X		300 mts	X			2		
Ovinos		X	500 mts	X			3		
Aves	X		1000 mts	X			30		
Otros	X								
OBSERVACIONES									
VALIDADO POR:									
 CAROLINA PERALTA BIDOZA INGENIERA AMBIENTAL Reg. CIP N° 169677			 ELMER QUISPE SAMAYOA INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 20375			 Lalo Torres Marin ASESOR ASESORADO			

Fuente: Autoria propia

3.- DATOS DE LOS BIODIGESTORES	
Diseño del reactor	Tipo Batch
Ubicación	Caserío Cuñacales Alto
Altitud	2,902. m.s.n.m
Diámetro	Boca 95.00 Cm Circ.- Cuello 121.00 Cm Circ. – Base 87.00 Cm Circ.
Altura cilíndrica	74.5 cm.
Capacidad	85 Lts
Color	Tanque azul tapa rosca color negra
Marca	PVC
5.- INSTRUMENTOS EMPLEADOS EN EL PROSESO DE DIGESTION ANAEROBICA	
MOMBRE	CANTIDAD
Termómetro	03
Peachimetro	01
Manómetro	02
Balanza de reloj de 5 Kg	
Balanza colgante de 25 kg marca SALTER ENGLAND	
Jarra graduada de 1 Lt marca MLIOZ	
OBSERVACIÓN	
<p>La marca de los equipos son termómetros analógicos de -10°C a 250°C 504250, Pehachimetro, termómetro BBQ acero inoxidable tipo reloj, peachimetro modelo PH-009(III) con sus respectivas soluciones Buffer, manómetros marca enzo-SF de 14 bar - 200 psi, manometro marca SPHYGMOMANOMETER 300 mmHg.</p>	
VALIDADO POR:	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>CAROLINA PERALTA SEIDOVA INGENIERA AMBIENTA Reg. CIP Nº 185677</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ELMER GUZMÁN SARRUFO AGUILÁ INGENIERO CIVIL REG. CIP Nº 18478</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Lalo Torres Marín INGENIERO AGRÓNOMO Registro del Colegio de Ingenieros del Perú Nº 111</p> </div> </div>	

Fuente: Autoría propia.

FICHA DE OBSERVACION PARA MEZCLAS 2017							
						FICHA N° 002	
Fecha	25 de setiembre del 2017						
Universidad	Cesar vallejo						
Título	"Obtención de Biogás a Través del Tratamiento de Residuos Sólidos Orgánicos Municipales, Etcadero Guárcas Alto Distrito Bambamarca, 2017".						
Responsable	Victor Luis Huamán Saavedra						
Lugar	Cuñacales Alto	Dist	Bambamarca	Prov.	Huálgayoc	Depart	Cajam.
MEZCLAS PARA EL DIGESTOR ANAEROBICO							

TRATAMIENTO 1				TRATAMIENTO 2			
MATERIA ORGANICA		VOL.		MATERIA ORGANICA		VOL.	
ESTIERCOL	Cuy	9 kg	ESTIERCOL	Cerdo	2 kg		
	Vacuno	15 kg		Gallina	2 kg		
	Equido	01 kg		vacuno	21 kg		
	TOTAL	25 kg		TOTAL	25 kg		
RESIDUOS ORGANICOS MUNICIPALES	Cascaras de arveja	0.7 kg	RESIDUOS ORGANICOS MUNICIPALES	Cascaras de arveja	0.7 kg		
	Verduras	0.5 kg		Verduras	0.5 kg		
	Frutas	0.5 kg		Frutas	0.5 kg		
	Hojas	0.5 kg		Hojas	0.5 kg		
	Harinas	0.5 kg		Harinas	0.5 kg		
	Tubérculos	0.5 kg		Tubérculos	0.5 kg		
	TOTAL	3.2 kg		TOTAL	3.2 kg		
LIQUIDO	Agua	40 kg	LIQUIDO	Agua	28.2		
	TOTAL	40 kg		TOTAL	28.2		

OBSERVACIONES	<p>Para T1 se agregó proporciones de 1/42 litros de agua por Kilogramo de MO. A diferencia que para el T2 se agregó proporciones de 1/1</p> <p>El agua que se aplico fue agua de consumo humano con PH de 7.4 rango normal aproximado a neutro, y la temperatura fue de 15.0°C. Para ambos procesos.</p>
----------------------	--

VALIDADO POR:

 VICTOR LUIS HUAMÁN SAAVEDRA INGENIERO AMBIENTAL REG. COP N° 18877	 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO HUÁLGAYOC, PERÚ	 Lalo Torres Marín INGENIERO AMBIENTAL
--	---	---

Fuente: Autoría propia

FICHA DE OBSERVACION PARA MEZCLAS 2017							
						FICHA N° 003	
Fecha	25 de setiembre del 2017						
Universidad	Cesar vallejo						
Título	"Obtención de Biogás a Través del Tratamiento de Residuos Sólidos Orgánicos Municipales, Botadero Cuñacales Alto Distrito Bambamarca, 2017".						
Responsable	Víctor Luis Huamán Saavedra						
Lugar	Cuñacales Alto	Dist	Bambamarca	Prov.	Hualgayoc	Depart	Cajam.
MEZCLAS PARA EL DIGESTOR ANAEROBICO							






TRATAMIENTO 3				
MATERIA ORGANICA		VOL.		
ESTIERCOL	Vacuno	18,5 kg	MO	24.5 Kg
	Cerdo	1,5 kg		
	TOTAL	18,0 kg		
RESIDUOS ORGANICOS MUNICIPALES	Cascaras de papa	5,5 kg	DISOLVENTE	29.5 Kg
	Gramina vede	1,0 kg		
	TOTAL	6,5 kg		
LIQUIDO	Agua	29,5 kg	ACELERADOR DE FERMENTACION	0,001 Kg
	TOTAL	29,5 kg		
OTROS	Levadura	0,001 Kg		
	TOTAL	0,001 Kg		

OBSERVACIONES	Para la mezcla "C" se agregó proporciones de 1/20 litros de agua por Kilogramo de MO.
	El agua que se aplico fue agua de consumo humano con PH de 7.4 un poco alcalina debido que en el sistema hubieron modificaciones (cloración del agua), y la temperatura fue de 12.7°C.
VALIDADO POR:	
 CAROLINA PERALTA SOTOCA INGENIERA AMBIENTAL Reg. CIP N° 180677	 ELMER GUZMÁN BARRALOSA INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 18173
 Lalo Torres Marín INGENIERO AGRONOMO	

Fuente: Autoria propia.

FICHA DE OBSERVACION DE CONTROL DE PARAMETROS 2017																					
											FICHA N° 004										
Fecha		25 de setiembre al 01 de octubre del 2017																			
Universidad		Cesar Vallejo																			
Titulo		"Obtención de Biogás a Través del Tratamiento de Residuos Sólidos Orgánicos Municipales, Botadero Cuñacales Alto Distrito Bambamarca, 2017".																			
Responsable		Victor Luis Huamán Saavedra																			
Tipo de Blod		Bioldgestor Tipo Bacht																			
Lugar		Cuñacales Alto		Dist		Bambamarca		Prov		Hualgayoc		Depart		Cajamarca							
ACTIVIDADES TRATAMIENTO 1																					
N°	DIAS DE LA SEMAN	TEMPERATURA °C			POT HIDROG			PREMION			VOLUMEN										
		Med.	1	15	Hr	6:00 PM	1	6.6	Hr	5:10 PM	Med.	1	x	Hr	x	Med.	1	x	Hr	x	
1	Lunes 25/09/17	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x
		Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x
		Med.	1	15	Hr	10:00 PM	1	6.6	Hr	10:10 PM	Med.	1	x	Hr	x	Med.	1	x	Hr	x	
2	Martes 26/09/17	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x
		Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x
		Med.	1	16	Hr	3:00 PM	1	6.6	Hr	3:10 PM	Med.	1	x	Hr	x	Med.	1	x	Hr	x	
3	Mierco. 27/09/17	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x
		Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x
		Med.	1	17	Hr	3:00 PM	1	6.6	Hr	3:10 PM	Med.	1	x	Hr	x	Med.	1	x	Hr	x	
4	Jueves 28/09/17	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x
		Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x
		Med.	1	17	Hr	3:00 PM	1	6.6	Hr	3:10 PM	Med.	1	x	Hr	x	Med.	1	x	Hr	x	
5	Vieme 29/09/17	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x
		Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x
		Med.	1	17	Hr	7:00 PM	1	6.9	Hr	x	Med.	1	x	Hr	x	Med.	1	x	Hr	x	
6	Sabado 30/09/17	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x
		Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x
		Med.	1	17	Hr	3:00 PM	1	6.9	Hr	3:10 PM	Med.	1	x	Hr	x	Med.	1	x	Hr	x	
7	Domi 01/10/17	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x
		Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x
		Med.	1	17	Hr	3:00 PM	1	6.9	Hr	3:10 PM	Med.	1	x	Hr	x	Med.	1	x	Hr	x	
MEDIDAS DEL BIODIGESTOR																				
TIEMPO DE FERMENTACION		En la primera semana del 25 de setiembre al 01 de octubre del 2017 se tuvo siete días de fermentación.																			
OBSERVACIONES		Durante la primera semana se inició con temperatura de 15°C y un PH de 6.6 que se tomó a las 6:00 y 6:10 PM de la tarde después de realizarse la respectiva carga y se concluyó con la última toma de temperatura de la primera semana que ascendió a 17°C y un PH de 6.9 del día domingo 01 de agosto tomado a las 3:00 y 3:10 PM de la tarde.																			

Fuente: Autoria propia.

ACTIVIDADES TRATAMIENTO 1																							
N°	DIAS DE LA SEMAN	TEMPERATURA			POT. HIDROG			PRESION			VOLUMEN												
		Med. 1	2	3	Hr.	Med. 1	2	3	Hr.	Med. 1	2	3	Hr.										
1	Lunes 11/12/17	Med. 1			Hr.					Med. 1			Hr.										
2	Martes 12/12/17	Med. 1			Hr.					Med. 1			Hr.										
3	Mierc. 13/12/17	Med. 1			Hr.					Med. 1			Hr.										
4	Jueves 14/12/17	Med. 1			Hr.					Med. 1			Hr.										
5	Viernes 15/12/17	Med. 1			Hr.					Med. 1			Hr.										
6	Sabado 16/12/17	Med. 1			Hr.					Med. 1			Hr.										
7	Domin 17/12/17	Med. 1			Hr.					Med. 1			Hr.										
MEDIDAS DEL DIODIGESTOR																							
TIEMPO DE FERMENTACION																							
OBSERVACIONES																							
VALIDADO POR:																							
 CARLOS PERALTA INGENIERO AMBIENTAL Reg. CIP N° 185677				 ELMER GUZMÁN BARRIJO AGUILAR INGENIERO CIVIL REG. CO N° 88878				 Lalo Torres Marín INGENIERO AGRONOMO Revista del Colegio de Ingenieros del Perú N° 111															

Fuente: Autoría propia.

FICHA DE OBSERVACION DE CONTROL DE PARAMETROS 2017																
										FICHA N° 005						
Fecha	25 de setiembre al 01 de octubre del 2017															
Univeralidad	Cesar Vallejo															
Titulo	"Obtención de Biogás a Través del Tratamiento de Residuos Sólidos Orgánicos Municipales, Botadero Cuñacales Alto Distrito Bambamarca, 2017".															
Responsable	Victor Luis Huamán Saavedra															
Tipo de Biold	Bioldigestor Tipo Bacht															
Lugar	Cuñacales Alto	Dist	Bambamarca	Prov	Huacagayoc	Depart	Cajamarca									
ACTIVIDADES TRATAMIENTO 2																
N°	DIAS DE LA SEMANA	TEMPERATURA °C			POT. HIDROG			PRESION			VOLUMEN					
		Med.	1	15	Hr	6:00 PM	1	6.6	Hr	6:10 PM	Med.	1	x	Hr	x	
1	Lunes 25/09/17	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x
		Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x
		Med.	1	15	Hr	10:00 PM	1	6.6	Hr	10:10 PM	Med.	1	x	Hr	x	
2	Martes 26/09/17	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x
		Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x
		Med.	1	16	Hr	3:00 PM	1	6.6	Hr	3:10 PM	Med.	1	x	Hr	x	
3	Miérc. 27/09/17	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x
		Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x
		Med.	1	17	Hr	3:00 PM	1	6.6	Hr	3:10 PM	Med.	1	x	Hr	x	
4	Jueves 28/09/17	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x
		Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x
		Med.	1	17	Hr	3:00 PM	1	6.6	Hr	3:10 PM	Med.	1	x	Hr	x	
5	Viernes 29/09/17	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x
		Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x
		Med.	1	17	Hr	7:00 PM	1	6.6	Hr	x	Med.	1	x	Hr	x	
6	Sabado 30/09/17	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x
		Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x
		Med.	1	17	Hr	3:00 PM	1	6.9	Hr	3:10 PM	Med.	1	x	Hr	x	
7	Domingo 01/10/17	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x	Med.	2	x	Hr	x
		Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x	Med.	3	x	Hr	x
MEDIDAS DEL BIODIGESTOR															
TIEMPO DE FERMENTACION		En la primera semana del 25 de setiembre al 01 de octubre del 2017 se tuvo siete días de fermentación.														
OBSERVACIONES		Durante la primera semana se inició con temperatura de 15°C y un PH de 6.6 que se tomó a las 6:00 y 6:10 PM de la tarde después de realizarse la respectiva carga y se concluyó con la última toma de temperatura de la primera semana que ascendió a 17°C y un PH de 6.9 del día domingo 01 de agosto tomado a las 3:00 y 3:10 PM de la tarde.														


Fuente: Autoria propia.

ACTIVIDADES TRATAMIENTO 2													
N°	DIAS DE LA SEMAN	TEMPERATURA			POT. HIDROG			PRESION			VOLUMEN		
		Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.
1		Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.
			2			2			2			2	
			3			3			3			3	
2		Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.
			2			2			2			2	
			3			3			3			3	
3		Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.
			2			2			2			2	
			3			3			3			3	
4		Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.
			2			2			2			2	
			3			3			3			3	
5		Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.
			2			2			2			2	
			3			3			3			3	
6		Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.
			2			2			2			2	
			3			3			3			3	
7		Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.	Med.	1	Hr.
			2			2			2			2	
			3			3			3			3	
MEDIDAS DEL BIODIGESTOR:												
TIEMPO DE FERMENTACION												
OBSERVACIONES												
VALIDADO POR:													
 CAROLINA PERALTA BEIDOVA INGENIERA AMBIENT. Reg. CIP N° 165677				 ELMER GUZMAN BARRUFO AG INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 89478				 Lalo Torres Marin INGENIERO AGRÓNOMO Registro del Colegio de Ingenieros del Perú N° 11111					

Fuente: Autoría propia.

FICHA DE OBSERVACION DE CONTROL DE PARAMETROS 2017																		
										FICHA N° 006								
Fecha		25 de setiembre al 01 de octubre del 2017																
Universidad		Cesar Vallejo																
Titulo		"Obtención de Biogás a Través del Tratamiento de Residuos Sólidos Orgánicos Municipales, Botadero Cuñacales Alto Distrito Bambamarca, 2017".																
Responsable		Victor Luis Huamán Saavedra																
Tipo de Biold		Bioldigestor Tipo Bacht																
Lugar		Cuñacales Alto	Diat	Bambamarca	Prov	Huacapistayoc	Depart	Cajamarca										
ACTIVIDADES TRATAMIENTO 3																		
N°	DIAS DE LA SEMANA	TEMPERATURA °C				POT. HIDROG				PRESION				VOLUMEN				
		Med.	1	15	Hr	Med.	1	6.6	Hr.	Med.	1	x	Hr.	Med.	1	x	Hr.	
1	Lunes 25/09/17	Med.	1	15	8:00 PM	Med.	1	6.6	6:10 PM	Med.	1	x		Med.	1	x		
			2	x	x		2	x	x		2	x	x		2	x	x	
			3	x	x		3	x	x		3	x	x		3	x	x	
2	Martes 26/09/17	Med.	1	15	10:00 PM	Med.	1	6.6	10:10 PM	Med.	1	x		Med.	1	x		
			2	x	x		2	x	x		2	x	x		2	x	x	
			3	x	x		3	x	x		3	x	x		3	x	x	
3	Mierc. 27/09/17	Med.	1	16	3:00 PM	Med.	1	6.6	3:10 PM	Med.	1	x		Med.	1	x		
			2	x	x		2	x	x		2	x	x		2	x	x	
			3	x	x		3	x	x		3	x	x		3	x	x	
4	Jueves 28/09/17	Med.	1	17	3:00 PM	Med.	1	6.6	3:10 PM	Med.	1	x		Med.	1	x		
			2	x	x		2	x	x		2	x	x		2	x	x	
			3	x	x		3	x	x		3	x	x		3	x	x	
5	Viernes 29/09/17	Med.	1	17	3:00 PM	Med.	1	6.6	3:10 PM	Med.	1	x		Med.	1	x		
			2	x	x		2	x	x		2	x	x		2	x	x	
			3	x	x		3	x	x		3	x	x		3	x	x	
6	Sabado 30/09/17	Med.	1	17	7:00 PM	Med.	1	6.8	x	Med.	1	x		Med.	1	x		
			2	x	x		2	x	x		2	x	x		2	x	x	
			3	x	x		3	x	x		3	x	x		3	x	x	
7	Domingo 01/10/17	Med.	1	17	3:00 PM	Med.	1	6.9	3:10 PM	Med.	1	x		Med.	1	x		
			2	x	x		2	x	x		2	x	x		2	x	x	
			3	x	x		3	x	x		3	x	x		3	x	x	
MEDIDAS DEL BIOLDIGESTOR																	
TIEMPO DE FERMENTACION				En la primera semana del 25 de setiembre al 01 de octubre del 2017 se tuvo siete días de fermentación.														
OBSERVACIONES				Durante la primera semana se inició con temperatura de 15°C y un PH de 6.6 que se tomó a las 6:00 y 6:10 PM de la tarde después de realizarse la respectiva carga y se concluyó con la última toma de temperatura de la primera semana que ascendió a 17°C y un PH de 6.9 del día domingo 01 de agosto tomado a las 3:00 y 3:10 PM de la tarde.														

Fuente: Autoria propia.

ACTIVIDADES TRATAMIENTO 3																									
N°	DIAS DE LA SEMAN	TEMPERATURA				POT. HIDROG				PRESION				VOLUMEN											
		Med.	1	2	3	Hr.	Med.	1	2	3	Hr.	Med.	1	2	3	Hr.	Med.	1	2	3	Hr.				
1	Lunes 20/11/17		40																						
2	Martes 21/11/17		45																						
3	Mierc. 22/11/17		40																						
4	Jueves 23/11/17		42																						
5	Vierne 24/12/17		45																						
6	Sabad 25/12/17		43																						
7	Domin 26/12/17																								
MEDIDAS DEL BIODIGESTOR																								
TIEMPO DE FERMENTACION																								
OBSERVACIONES																								
VALIDADO POR:																									
 CAROLINA PERALTA BEIDOVA INGENIERA AMBIENT. Reg. CIP N° 185677						 ELMER GUZMÁN BARRUFO AG INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 88878						 Lalo Torres Marin INGENIERO AGRÓNOMO Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N° 8774													

Fuente: Autoría propia.

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS

LABORATORIO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



ANÁLISIS DE MUESTRA

SOLICITANTE: Víctor Luis Huamán Saavedra

PROCEDENCIA DE MUESTRA:

Dist. Bambamarca Prov. Hualgayoc Dpto.: Cajamarca.


MUESTRA DECLARADA: Muestras de biogás.

FECHA DE COLECCIÓN DE MUESTRA: 18/12/17

FECHA DE RECEPCIÓN: 20 de diciembre de 2017

ANÁLISIS	TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3
CH ₄ %	45,3	60,8	61,8
CO ₂ %	17,0	30,0	32,0
O ₂ %	4,0	1,5	3,9
BALANCE %	33,7	7,7	2,3
TOTAL	100 %	100 %	100 %

La Molina, 20 de diciembre de 2017


Mg. Sc. Víctor MIYASHIRO KIYAN
JEFE DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Dirección: Av. la Molina s/n La Molina
Telf. 614-7800 anexo 394

ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS



RESOLUCIÓN DE VICERRECTORADO ACADÉMICO N° 0011-2016-UCV-VA

ANEXO 1

ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO ACADÉMICO DE LA UCV DE TESIS

Yo, Ing. Celso Nazario Purhuamán Leonardo, docente de la Facultad de Ingeniería de la UCV – Filial Chota, y asesor del trabajo académico (Tesis) titulado: " OBTENCION DE BIOGAS A TRAVES DEL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS MUNICIPALES, BOTADERO CUÑACALES ALTO DISTRITO BAMBAMARCA, 2017" del bachiller de la Escuela profesional de Ingeniería Ambiental:

HUAMAN SAAVEDRA, Victor Luis

Que el citado trabajo académico tiene un índice de similitud 23%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, grado de coincidencias irrelevantes que convierte el trabajo en aceptable y no constituye plagio, en tanto cumple con todas las normas del uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chilayo, 30 de Enero del 2018.

Ing. Celso N. Purhuamán Leonardo
Docente de la Facultad de Ingeniería de UCV

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV

	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : FOS-PI-PR-02.03 Versión : 01 Fecha : 31-03-2017 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo Victor Luis Humari Saavedra, identificado con DNI N° 44169818, egresada de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, autorizo No autorizo la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulada: "ORIENTACIÓN DE BIÓLOGOS A TRAVÉS DEL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS MUNICIPALES, BOTADERO COMUNALES ALTO DISTRITO BAMBAMARCA, 2017."

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de no autorización:



 FIRMA

DNI: 44169818

FECHA: 30 de Noviembre del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------