

NOMBRE DEL TRABAJO

**GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE LA BIOMASA**

AUTOR

**ERICK YORDAN JANCO APAZA**

RECUENTO DE PALABRAS

**14330 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**80932 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**79 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**3.2MB**

FECHA DE ENTREGA

**Dec 20, 2022 8:28 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Dec 20, 2022 8:29 AM GMT-5**

● **9% de similitud general**


El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cros:

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)

  
Roberto Jancos Quispe Sosa  
Cooico. 2003421  
07128997

  
Dr. Julio F. Chuaflán  
Vº Bº  
Sub. Dir. Investigación EPANE.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**  
**ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**ELÉCTRICA**



**“GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE LA  
BIOMASA QUE SE ENCUENTRA EN EL BOTADERO DE  
CHILLA-JULIACA”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**ERICK YORDAN JANCO APAZA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2022**

## DEDICATORIA

A Dios por darme la <sup>18</sup>fortaleza para seguir adelante y guiarme en mi vida, a mis padres Severiano y Margarita por su apoyo incondicional y motivación para ser un gran profesional y siempre ser alguien respetuoso de la sociedad, a mi hermana Maricruz quien fue un pilar importante en mi vida y muy especialmente a mi tía Eduarda Apaza quien es la persona más importante en mi formación personal y profesional.

**Erick Yordan Janco Apaza**

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios por estar presente en cada etapa de mi vida, derramando bendiciones en mi familia. A mis padres Margarita y Severiano por su apoyo incondicional en cada decisión que haya tomado a mi hermana Maricruz por sus consejos y palabras de aliento para salir airoso de esta etapa y muy especialmente a mi tía Eduarda Apaza quien es una segunda madre para mí por todo el apoyo que me brindó en mi etapa de estudiante y actualmente*

<sup>1</sup>*A la Universidad Nacional del Altiplano y a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica en cuyas aulas viví momentos muy importantes en mi vida que me formaron profesionalmente.*

*A mis compañeros de trabajo de la empresa IMCO SERVICIOS SAC quienes me motivaron a seguir adelante capacitándome y ser así un gran profesional.*

**Erick Yordan Janco Apaza**

## **2** INDICE GENERAL

### **DEDICATORIA**

### **AGRADECIMIENTOS**

### **ÍNDICE GENERAL**

### **ÍNDICE DE FIGURAS**

### **ÍNDICE DE TABLAS**

### **ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN** ..... 15

**ABSTRACT** ..... 16

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA** ..... 17

**1.2. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA** ..... 17

**1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN** ..... 18

1.3.1.Delimitación espacial..... 18

**1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN** ..... 18

1.4.1.Objetivo General ..... 18

1.4.2.Objetivos Específicos ..... 19

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1.ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN**..... 20

2.1.1.Antecedentes regionales. .... 20

2.1.2.Antecedentes nacionales..... 22

2.1.3.Antecedentes Internacionales. .... 24

**2.2.CENTRAL TÉRMICA RECKA**..... 28

**2.3.BIOMASA**..... 29

2.3.1.Concepto de biomasa ..... 29

2.3.2. Biomasa natural .....	30
2.3.3. Biomasa residual seca .....	30
2.3.4. Biomasa producida.....	31
2.3.5. Obtención de energía mediante el biogás.....	33
<b>2.4. CONVERSIÓN DE LA BIOMASA.....</b>	<b>35</b>
2.4.1. Ventajas de uso de biogás .....	35

## 1 **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>38</b>
<b>3.2. LUGAR DE ESTUDIO. ....</b>	<b>38</b>
<b>3.3. POBLACIÓN.....</b>	<b>38</b>
3.3.1. Recolección de residuos sólidos para disposición final.....	40
3.3.2. Unidades participes en la recolección de RSU.....	41
3.3.3. Aspectos Económicos 2019.....	41
<b>3.4. BIOGAS.....</b>	<b>42</b>
3.4.1. Consecución del Biogás.....	42
3.4.2. Temperatura .....	44
3.4.3. Toxicidad.....	46
3.4.4. Nutrientes .....	47
3.4.5. Ph .....	47
3.4.6. Analítica de las tecnologías usadas en la construcción de vertederos .....	48
3.4.7. Botaderos para residuos sólidos no segregados .....	51
3.4.8. Vertederos para residuos sólidos urbanos triturados .....	51
3.4.9. Tipos adicionales de botaderos.....	51
3.4.10. Vertedero como unidades de tratamiento integral .....	52
3.4.11. Vertedero diseñado para maximizar producción de gas .....	52

<b>3.5. NORMAS PARA LA INSTALACIÓN DE UN VERTEDERO CONTROLADO.....</b>	<b>52</b>
3.5.1. Contaminación del agua.....	52
3.5.2. Asentamiento.....	53
3.5.3. Producción de gases.....	53
<b>3.6. METODO DE RECUPERACION DEL BOTADERO DE CHILLA.....</b>	<b>53</b>
3.6.1. Aprovechamiento de la energía producida del biogás .....	55
<b>3.7. BIOGAS USADO PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA .....</b>	<b>56</b>
3.7.1. Producción de Energía a partir de FORSU .....	56
3.7.2. Proceso De Desgasificación Del Biogás .....	58
<b>3.8. EQUIPOS.....</b>	<b>61</b>
3.8.1. Red de captación de biogás .....	61
3.8.2. Métodos de producción de electricidad a partir del biogás.....	62
<b>3.9. FORMULAS USADAS EN EL CALCULO DE BIOGAS.....</b>	<b>63</b>

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>4.1. RESULTADOS.....</b>	<b>70</b>
<b>4.2. DISCUSIÓN.....</b>	<b>71</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>72</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>73</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>78</b>

**Área:** Energías Renovables

**Tema:** Biomasa

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 10 de enero de 2023

## ÍNDICE DE FIGURAS.

<b>Figura 1:</b> Ciclo <sup>28</sup> de la Biomasa .....	33
<b>Figura 2:</b> Conversión de la Biomasa .....	35
<b>Figura 3:</b> Proceso de conversión en Gas .....	36
<b>Figura 4:</b> Vista Satelital del Botadero de Chilla .....	40
<b>Figura 5:</b> Tasa de crecimiento de microorganismos .....	45
<b>Figura 6:</b> Producción de Biogás en Función de la Temperatura.....	46
<b>Figura 7:</b> Formación de Biogás.....	48
<b>Figura 8:</b> Vertederos Modernos .....	50
<b>Figura 9:</b> Controles de los Gases .....	53
<b>Figura 10:</b> <sup>1</sup> Recuperación de Botadero Existente .....	54
<b>Figura 11:</b> Esquema de funcionamiento de una central de biomasa .....	55
<b>Figura 12:</b> Uso de Energía del Biogás.....	57
<b>Figura 13:</b> Recuperación del Biogás .....	58
<b>Figura 14:</b> Pozo de extracción de Biogas .....	60
<b>Figura 15:</b> Esquema de Generación eléctrica usando Biomasa .....	63



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Determinación del Rendimiento C.T. con Diésel.....	29
<b>Tabla 2:</b> Componentes del biogás .....	34
<b>Tabla 3:</b> Compuesto de Residuos Sólidos .....	39
<b>Tabla 4:</b> Coordenadas UTM .....	39
<b>Tabla 5:</b> Información General de los vehículos .....	41
<b>Tabla 6:</b> Presupuesto Anual 2018 .....	42
<b>Tabla 7:</b> Composición del Biogás .....	44
<b>Tabla 8:</b> Rango de Temperatura y fermentación.....	45
<b>Tabla 9:</b> Efectos de las Prácticas de Gestión de Residuos.....	49
<b>Tabla 10:</b> Uso Potencial del Biogás .....	58
<b>Tabla 11:</b> Comparación del total de biogás producido.....	70
<b>Tabla 12:</b> Vehículos dedicados al recojo de Residuos .....	79
<b>Tabla 13:</b> Presupuesto Asignado a RSU.....	80

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
KW	Kilo Watt
MW	Mega Watt
KWh	Kilo Watt- hora
KV	Kilo Voltios
m	Metro
W	Watt
CH <sub>4</sub>	Metano
°C	Grado Centígrado
%	Porcentaje
H <sub>2</sub> S	Ácido Sulfhídrico o Sulfuro de hidrogeno
H <sub>2</sub>	Hidrógeno
CO	Monóxido de Carbono
N <sub>2</sub>	Nitrógeno
O <sub>2</sub>	Oxígeno
Kcal/g	Kilo Caloría / gramo
kg/m <sup>3</sup>	Kilogramo / metro
Kg	Kilogramo
m <sup>3</sup>	metro cúbico
Kg/hab/día	Kilogramo / habitante / día
Tn	Tonelada
C	tiempo desde la clausura del vertedero en años

W	energía eléctrica generada
Lo	<sup>2</sup> potencial de generación de CH <sub>4</sub> en m <sup>3</sup> /Tn de RSU vertida.
R	media anual de RSU en Tn/año
K	Ratio de generación de CH <sub>4</sub> en 1/año
MCF	cantidad de CH <sub>4</sub> en el biogás
T	<sup>1</sup> tiempo desde la primera deposición de basura en años
DOC	fracción de carbón orgánico degradable en la basura
DOCf	porción de DOC que se convierte a gas
Qp	ratio de emisión de p, m <sup>3</sup> /año
F	<sup>2</sup> fracción de CH <sub>4</sub> en el gas gestionado
Q <sub>CH4</sub>	caudal de metano
Q <sub>CH2</sub>	caudal de dióxido de carbono
UM <sub>CH4</sub>	emisiones de no controladas del CH <sub>4</sub>
MWp	peso molecular de p
T	<sup>2</sup> temperatura del vertedero
NO <sub>2</sub>	Dióxido de Nitrógeno
CM <sub>CH4</sub>	emisiones controladas del CH <sub>4</sub>
CM <sub>CO2</sub>	emisiones controladas de CO <sub>2</sub>
UM <sub>CO2</sub>	emisiones no controladas de CO <sub>2</sub>
UM <sub>CH4</sub>	emisiones no controladas de CH <sub>4</sub>
m <sup>3</sup> /h	metro cúbico / hora

## RESUMEN

En el presente tema de investigación se plantea aprovechar las emisiones de gases, por la descomposición de residuos sólidos urbanos, del botadero de Chilla usándolo como recurso energético para la generación de energía eléctrica, por tal razón se tiene como objetivo realizar un cálculo a nivel conceptual de la generación de energía eléctrica a partir del Biogas obtenido del procesamiento de la biomasa se desarrollará obteniendo los datos de la Unidad de Residuos Sólidos de la municipalidad de Juliaca, de los reportes existentes del año 2018 del botadero, la estrategia de razonamiento lógico usado fue el deductivo y la metodología a aplicar será del tipo descriptivo y cuantitativo, se usó el proceso de cuantificación de residuos sólidos urbanos disponibles calculamos el Biogás obtenido mediante procedimientos ya establecidos en países europeos, para usar esta guía es necesario saber parámetros tales como el volumen promedio anual de residuos sólidos, la cantidad de años del botadero abierto y cerrado se realizó una estimación del metano producido que es de  $4650.73 \text{ m}^3/\text{año}$  una vez calculado la producción de biogás del botadero chilla se determinó que se puede generar  $13952.19 \text{ Kwh/d}$  mediante el uso de plantas de generación de energía eléctrica a partir del biogás , a su vez se determinó si económicamente es viable la producción de energía eléctrica por este método.

**Palabras clave:** Botadero, energía, metano, relleno, residuos.

## ABSTRACT

In the present research topic is proposed to take advantage of gas emissions, by the decomposition of urban solid waste, from the Chilla dump using it as an energy resource for the generation of electricity, for this reason it aims to perform a calculation at the conceptual level of the generation of electricity from the Biogas obtained from the processing of biomass will be developed by obtaining data from the Solid Waste Unit of the municipality of Juliaca, from the existing reports of the year 2018 of the dump, the logical reasoning strategy used was deductive and the methodology to be applied will be of the descriptive and quantitative type, the process of quantification of available urban solid waste was used we calculated the Biogas obtained through procedures already established in European countries, to use this guide it is necessary to know parameters such as the average annual volume of solid waste, the number of years of the dump open and closed an estimate of the methane produced was made which is  $4650.73 \text{ m}^3/\text{y}$ , once the biogas production of the Chilla landfill was calculated, it was determined that 13952.19 kWh/d can be generated through the use of electric energy generation plants based on biogas, and it was also determined if the production of electric energy by this method is economically viable.

**Key words:** Landfill, energy, methane, landfill, waste.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

Este proyecto de investigación tiene la finalidad de dar una posible alternativa a la problemática actual sobre los residuos sólidos urbanos (RSU) en la ciudad de Juliaca, además el crecimiento desmedido de habitantes da por consecuencia el incremento de residuos sólidos por la inadecuada gestión del gobierno de turno, y a largo plazo podemos tener problemas críticos de salud y ambientales.

Por lo tanto, este proyecto de tesis tiene como finalidad realizar unos cálculos a nivel conceptual de la generación de energía eléctrica a partir del biogás obtenido del procesamiento de biomasa del botadero Chilla – Juliaca.

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El incremento demográfico actual en la ciudad de Juliaca y las principales actividades como el comercio y ganadería comenzó a generar inmensas cantidades de residuos sólidos, sabemos que el gobierno de turno tiene una mala gestión de residuos ya que son vertidos en el botadero de chilla y esto genera una problemática ambiental, socio económica y de salud.

Los residuos del Biogas y los lixiviados requieren de un tratamiento ya que estos en el proceso de descomposición emiten gases contaminantes que son peligrosos para la salud y el medio ambiente, por lo tanto, requieren un tratamiento y aprovechamiento adecuado.

### **1.2. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA**

Somos conscientes de la cantidad de residuos orgánicos que genera diariamente la ciudad de Juliaca, así como de la forma ineficaz en que son tratados; por esta razón, se

realizó un estudio para buscar una solución a los problemas ambientales concentrándose en la generación de biogás en la región Puno, provincia de San Román-Juliaca para generar electricidad limpia, ayudar al medio ambiente y reducir el efecto invernadero y reducir emisiones de gases aprovechando los residuos orgánicos generados en la provincia de San Román Juliaca

### **1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

En este trabajo se ha utilizado la producción de biogás como materia prima para la evaluación de biomasa y cálculos de generación de electricidad, con especial énfasis en los temas de producción, composición y propiedades del biogás, para verificar en qué condiciones es posible utilizar biogás y producir electricidad a partir de biogás.

En este contexto, se alienta al gobierno actual a invertir en tales proyectos municipales de conversión de residuos sólidos de biogás en energía, al tiempo que elimina los vertederos no tratados y no administrados que no son buenos, contaminan el medio ambiente y, al mismo tiempo, brindan alternativas rentables. recolección de residuos sólidos, estos costos son muy altos.

#### **4 1.3.1. Delimitación espacial**

El estudio de esta tesis abarcará el distrito de Juliaca – Chilla por dicha razón se tomará datos obtenidos de la municipalidad de este distrito para calcular y realizar adecuadamente el estudio.

### **25 1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1. Objetivo General**

Realizar un cálculo a nivel conceptual de la generación de energía eléctrica a partir del biogás obtenido del procesamiento de biomasa.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Evaluar los procesos relacionados con la producción de Biogas
- Identificar los principales gases emitidos a la atmósfera por la descomposición de residuos sólidos orgánicos a cielo abierto.
- Evaluar económicamente el costo de producción de electricidad a partir del Biogas.



## REVISIÓN DE LITERATURA

## 2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

## 2.1.1. Antecedentes regionales.

Pacco (2021) en su investigación de tesis titulada “Propuesta de de diseño de una planta de biodigestion para el aprovechamiento energetico de residuos organicos del relleno sanitario Chilla-Juliaca”. este estudio propone un remedio a las prácticas antihigiénicas que se realizan actualmente para la disposición final de los residuos sólidos orgánicos en la ciudad de Chilla - Juliaca. “Con el fin de conocer mejor las características físico químicas de los residuos orgánicos, el contenido de masa seca, el contenido de masa volátil y el tiempo de retención de los residuos dentro del biodigestor, se propone una metodología de investigación descriptiva y cuantitativa en la propuesta de diseño de una planta de biodigestión. para el aprovechamiento energético de los residuos orgánicos generados en el vertedero. Con el uso de una matriz de preselección pudimos determinar que el modelo estructural tipo chino sería el biodigestor ideal para adaptarse a las circunstancias locales. La producción de biogás se estima en 6.039,00 Nm<sup>3</sup>/h por día, y se determina que la planta de biodigestión generaría 9.964,35 kW/h de electricidad por día utilizando un motor cogenerador AQL modelo LSA 49.1 de 550 kW de potencia eléctrica y 670 kW de energía térmica. energía. Dado que la planta podría conectarse a la red eléctrica, este estudio puede utilizarse como referencia para el diseño de plantas de biodigestión”.

Ortiz (2017) en su investigación titulada “Diseño De Una Central Eléctrica De Biomasa Conectado A La Red Eléctrica Puno, En El Cerro De Cancharani - Departamento De Puno”. Esta tesis examina la formación de biogás en un vertedero no

controlado en Cancharani (RSU), así como sus cualidades, beneficios ambientales y aplicación en la producción de energía eléctrica. La investigación sobre la generación de biogás, la recuperación y la posible reubicación del vertedero se llevará a cabo en el Vertedero de Cancharani, el último lugar de descanso de los residuos sólidos municipales de Puno. Para determinar cuánto gas se esperaría recuperar del Vertedero de Cancharani, los investigadores utilizaron la "Guía Técnica para la Medición, Estimación y Cálculo de Emisiones Atmosféricas" (HIOBE - Sociedad Pública de Gestión Ambiental). El número promedio de años que un relleno sanitario ha estado abierto y no acepta residuos sólidos urbanos son dos ejemplos del tipo de información necesaria para poner en práctica este consejo. Después de averiguar cuánto biogás produce el desecho de Cancharani, nos decidimos por la planta de energía de biogás econogas de 65 kW que se puede cambiar entre operación automática y manual y está conectada a la red eléctrica de Puno a media tensión.

Zapana (2021) presentó una tesis titulada "Prototipo De Un Biodigestor Anaeróbico Para La Producción De Biogás A Partir De Los Residuos Sólidos Y Orgánicos, En El Centro Poblado De Chilla - Juliaca 2019". Este estudio presenta la planificación y ejecución del prototipo en Chilla - Núcleo urbano denso de Juliaca. <sup>26</sup> Con el fin de obtener la mayor información posible sobre los procesos de digestión y producción de biogás, la fase de prueba de este estudio duró un mes completo, utilizando una mezcla orgánica hecha a partir de desechos de alimentos. Se creó un controlador escrito en un software de código abierto para recopilar información sobre la presión y la temperatura del proceso de biodigestión a intervalos regulares. El 2 de septiembre de 2020, recolectamos 720 muestras en el transcurso de 30 días a partir de este procedimiento; En el día 16, medimos una temperatura de 13° a 16° y una presión de 3

PSI a 4,5 PSI, lo que nos lleva a concluir que la producción de biogás es más alta en los días con temperaturas ambiente altas.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales.**

Ojeda (2018) en su investigación titulada “Análisis Y Alternativas De Solución Para La Producción De Biogás Con Residuos Sólidos De La Laguna De Oxidación Espinar – Puno, Periodo 2018”. El crecimiento de la ciudad está directamente impactado por los problemas de alcantarillado y basura en la Laguna de Oxidación de Espinar en Puno. En respuesta a que el mal manejo de los residuos sólidos provoca la desaparición de enfermedades, riesgos ambientales a la salud y además contribuirá al saneamiento ambiental, “Para la obtención de biogás con residuos sólidos de la Laguna de Oxidación de Espinar Puno en el año 2018, se realizaron mejoras en la metodología de investigación aplicada y experimental, priorizando los siguientes parámetros: temperatura, presión, volumen, construcción del componente mecánico y dimensiones del biorreactor. El estudio resultó en la creación de un biorreactor con las siguientes especificaciones: un volumen de 40,79 L, una carga de lodos de 9 kg y una presión de 14,76 PSI ejercida por el reactor; una reducción en la densidad del metano a 0.6280 g. /L, con el correspondiente aumento en la producción de gas metano a 3,33 L; la creación de un intercambiador de calor de lecho serpentina para mantener la temperatura a 35 0C; la información fue monitoreada en tiempo real por un controlador lógico programable (PLC). En conclusión, se presenta un estudio para la construcción de una planta de tratamiento de residuos sólidos en la ciudad de Puno, con un sistema automatizado para la generación de cantidades masivas de biogás, utilizando el prototipo desarrollado en el laboratorio de Ingeniería Mecánica Eléctrica”.

Tineo (2020) presentó una tesis titulada “Estudio de factibilidad de una central térmica que aproveche la biomasa residual de Chiclayo”. Cada día se producen más de

400 toneladas de basura en Chiclayo, pero en lugar de ser procesada adecuadamente, se vierte en vertederos a cielo abierto, donde presenta riesgos para la salud de los residentes y peligros ambientales para el área circundante. En respuesta a esta problemática, se propuso un proyecto denominado Estudio de Factibilidad de una Central Térmica que Aprovecha la Biomasa Residual de Chiclayo; Su objetivo es investigar el potencial del uso de residuos sólidos como combustible, disminuyendo así el daño ambiental y brindando un beneficio adicional en forma de generación de electricidad. Se recomendó que este proceso comience con una evaluación del volumen y composición de la basura sólida municipal. Para ello, se estimó la cantidad de energía eléctrica que se puede generar y la cantidad de basura aceptable como residuo, y luego se estableció la distribución básica de la planta y se realizó un análisis económico para determinar la viabilidad de la planta.

Imán (2021) en su investigación titulada, “Potencial energético de la Biomasa Residual Pecuaria en el campus de la UNALM”. Esta investigación fue para estimar la cantidad de biomasa ganadera sobrante producida y su viabilidad para el uso de energía para satisfacer una parte de las necesidades energéticas de la universidad. Los desechos de ganado de aves, vacas, ovejas, cerdos, caballos y animales pequeños produjeron un promedio de 7397 kg/día durante un período de 10 años, con el potencial de generar 745 Mwh/año cuando se convierten en biogás. Este potencial energético equivale al 17.35% del uso de energía de la UNALM en 2018, o s/. 311 891.28. Como resultado, la biometanización de la basura biodegradable del campus de la UNALM tiene el potencial de convertirse en una alternativa viable al manejo convencional de residuos al producir energía renovable, como el biogás, disminuir la cantidad de basura enviada a los rellenos sanitarios y reducir las emisiones de metano.

Cruzado (2019) presentó una tesis titulada “Diseño De Una Planta De Generación De Energía Eléctrica Con Recurso Renovables – Biogás – Para La Empresa Oleaginosa Del Perú S.A – OLPESA – 2018”. El proyecto comenzó como un esfuerzo para construir una planta de energía de recursos renovables (biogás) para la empresa peruana de semillas oleaginosas S.A., con la esperanza de reducir los niveles de contaminación por gas metano en las vías fluviales de la región. Se describieron en profundidad las características técnicas de la planta, se desarrolló una estrategia para la introducción de materias primas, y se incrementó el rendimiento de la energía producida y se hizo más útil para el desarrollo de los trabajos. También damos los criterios que se deben utilizar en la compra de herramientas y equipos. Se elaboraron planes para todo, desde la colocación hasta la distribución, la plomería y la electricidad. El estudio no es un experimento de corte transversal descriptivo porque entra dentro de la categoría de tecnología aplicada.

### **2.1.3. Antecedentes Internacionales.**

Serrato (2016) presentó una tesis titulada “Metodología para el cálculo de energía extraída a partir de la biomasa en el departamento de Cundinamarca”. Para incentivar el uso de la biomasa a nivel departamental en Cundinamarca, esta monografía ideó un método <sup>3</sup> para estimar el potencial energético de la biomasa residual en los sectores agrícolas. Durante el diseño de este método se tuvieron en cuenta conceptos clave, entre ellos, la potencia del poder calorífico inferior (PCI) que posee cada sector, el potencial energético, el tipo de residuo/cosecha, las tecnologías de extracción, los procesos de conversión de energía, etc. Identificando los factores más esenciales <sup>3</sup> y las fórmulas más relevantes que permitan una valoración más aproximada del potencial energético en función del sector, se desarrolló un conjunto de fórmulas para el cálculo de la biomasa contenida en los residuos de los sectores agrícola y animal. Cultivo utilizado para generar

energía en la agricultura; grupo de edad, tipo de ganado o destino final en la industria ganadera. También consideramos la basura que ya estaba allí en la división, observando qué métodos serían los más fáciles de implementar como medio para producir energía.

Duque, (2017) presentó una tesis titulada “Viabilidad en la producción de biomasa microalgas a partir de fotobiorreactores solares en el Valle del Cauca, Colombia”. Las materias primas derivadas de las microalgas se pueden utilizar para fabricar biocombustibles y otros compuestos de alta calidad, lo que satisface una necesidad crítica en el sector de las energías renovables. La producción de biomasa de los cultivos de microalgas se ve afectada negativamente por factores ambientales y climáticos; Sin embargo, las condiciones en la provincia colombiana del Valle del Cauca son ideales debido a la alta cantidad de radiación solar que se ve allí durante todo el año. geográfico. Este artículo examina la capacidad de los fotobiorreactores cerrados debido a su alta transferencia, revisa los elementos <sup>19</sup> que intervienen en el crecimiento de cultivos de microalgas y discute la tecnología necesaria para su explotación, todo ello a la luz del futuro potencial de las microalgas en biofábricas. La masa, el aumento del uso de la radiación solar y la disminución de la creación de contaminación por microbios extraños son vitales en la biomasa de. Estos datos pueden aplicarse a la ingeniería y ayudar a allanar el camino para métodos más avanzados y comercializables de producción de biocombustibles de microalgas en el futuro.

Puerta (2019) presentó una tesis titulada “Estudio de la viabilidad económica de una compañía española de generación con biomasa”. Es un examen de la viabilidad de establecer una empresa de generación de biomasa en España y una previsión del rendimiento económico de la industria a largo plazo. El proyecto comienza con una descripción general de los principios técnicos básicos necesarios para comprender una planta de energía de biomasa, continúa con un examen del entorno del mercado y las

tendencias futuras, y culmina con un estudio de valoración financiera destinado a demostrar que realmente se creó valor. Los desarrollos recientes en Europa han revelado un mercado próspero para la producción de biomasa debido a la creciente ansiedad en torno al agotamiento de los combustibles convencionales y el impacto del cambio climático. Esto conduce naturalmente a la creación de recursos energéticos novedosos o a la mejora de los ya en uso que se consideran más sostenibles, como la producción con biomasa.

Fernández (2022) presentó una tesis titulada “Diseño de una planta de biogás”, La temperatura global está aumentando y, para detenerlo, las emisiones de gases de efecto invernadero del sector energético deben reducirse drásticamente. Esto requiere una descarbonización a gran escala de la industria energética. Esta investigación tiene como objetivo ayudar a crear energía renovable para reemplazar los combustibles fósiles; en concreto, empleará una planta industrial autosustentable para generar biogás a partir de estiércol de caballo mediante digestión anaerobia. Como parte de esto, realizaremos una serie de análisis, incluidas evaluaciones económicas y operativas, para determinar la mejor manera de poner en marcha la planta después de su larga espera para la producción de biogás. Todas las herramientas y materiales necesarios se enumeran a continuación, junto con sus respectivos costos. También se examinan para asegurar su factibilidad permanente la estructura de costos y factores del proyecto, la inversión inicial y el análisis financiero. A la luz de la información recopilada, ahora es posible evaluar la viabilidad económica, social y ambiental de la planta de biogás, lo que abre la puerta a la actualización del proyecto.

González (2022) presentó una tesis titulada. “Estudio de viabilidad para la implantación de una planta de biogás en Cantabria”. El gas metano (CH<sub>4</sub>) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) son componentes del biogás, que se produce a partir de la descomposición

de los desechos orgánicos municipales (CO<sub>2</sub>). Este estudio se realiza en el cantón Urququ de la provincia de Imbabura con el objetivo de reevaluar el potencial energético de los residuos orgánicos destinados a rellenos sanitarios mediante digestión anaerobia y la posterior generación de biogás. El paso inicial del estudio consiste en caracterizar los desechos orgánicos y establecer la proporción de carbono a nitrógeno requerida para que los experimentos continúen. El segundo paso consiste en probar dos combinaciones, donde la única diferencia es el inóculo utilizado para producir biometano, en reactores por lotes a escala de laboratorio.” La productividad fue 9,9 puntos porcentuales mayor con la combinación S/I 2.2 correspondiente a inóculo de estiércol bovino y 10,1 puntos porcentuales mayor con la mezcla S/I 200 de inóculo comercial y reactor de control. El pH inicial del sustrato fue de 7 y la temperatura de operación se mantuvo en un mesófilo de 32 grados Celsius. Los pasos tres y cuatro consistieron en calcular el potencial energético de los residuos orgánicos en el cantón Urququ, elaborar un modelo de proceso de una planta de biogás y escalarlo adecuadamente, y seleccionar los equipos y maquinaria necesarios”. Finalmente, se analizó la viabilidad financiera de la planta bajo tres conjuntos distintos de condiciones.

Guagalango (2021) presentó una tesis titulada. “Evaluación del potencial energético de los residuos orgánicos municipales del cantón Urququí para el escalamiento de una planta de biogás”. El gas metano (CH<sub>4</sub>) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) son componentes del biogás que se produce cuando se incineran los desechos orgánicos municipales (CO<sub>2</sub>). Para reevaluar el valor de los residuos orgánicos que se destinan a los rellenos sanitarios y a su vez evaluar su potencial energético a través de la digestión anaerobia para la generación de biogás, investigadores del cantón Urququ de la provincia de Imbabura realizan este estudio. Como primer paso en el proceso, caracterizamos los desechos orgánicos con los que trabajaremos y calculamos la proporción de carbono a



nitrógeno que necesitaremos para nuestros experimentos. La fase dos implica la construcción de reactores por lotes a pequeña escala para comparar la eficacia de dos tipos de inóculo para maximizar la producción de biometano. La productividad fue 9,9% y 10,1% mayor con la combinación S/I 2.2, que correspondió al inóculo de estiércol bovino, que con la mezcla S/I 200, que correspondió al inóculo comercial y el reactor control. El pH inicial del sustrato fue de 7 y la temperatura de trabajo se mantuvo en un mesófilo de 32 grados centígrados. En las etapas 3 y 4 se calculó el potencial energético de los residuos orgánicos en el cantón Urcuqu, luego de lo cual se elaboró un diagrama de proceso de una planta de biogás, su tamaño adecuado y se seleccionó la maquinaria y equipos necesarios. Finalmente, se analizó la viabilidad financiera de la planta bajo tres condiciones distintas.

## **2.2. CENTRAL TÉRMICA RECKA**

La central termoeléctrica RECKA es de propiedad de la Sociedad Minera Cerro Verde que se encuentra en el departamento de Lambayeque, comenzó a funcionar con diésel, pero actualmente se encuentra funcionando con gas natural

según (OSINEGRMIN) comenzó sus operaciones en el año 2015 con una potencia instalada de 191.2 megavatios(Mw) el monto usado para su construcción es de \$102.5 millones de dólares, se encuentra en la pampa Reque, carretera panamericana norte específicamente en la provincia de Chiclayo perteneciente a la región de Lambayeque, es una central dual que funciona con Diésel Y gas natural, con un ciclo simple, el coste de KWh es de 0.85 soles.

**Tabla 1:** Determinación del Rendimiento C.T. con Diésel

Unidad	Carga	Potencia Efectiva (kW)	Consumo Combustible		Rendimiento		Consumo Especifico de Calor		Eficiencia Térmica (%)
			(m3/h)	(gal/h)	(kWh/m3)	(kWh/gal)	(kJ/kWh)	(Btu/kWh)	
TG1	100%	178 782,55	50,901	13 446,58	3 512,38	13,300	10 336,96	9 797,54	34,83%
	75%	134 498,69	40,779	10 772,65	3 298,25	12,490	11 008,05	10 433,62	32,70%
	50%	88 981,67	32,008	8 455,75	2 779,95	10,520	13 060,43	12 378,90	27,56%
	33%	59 108,77	25,469	6 728,14	2 320,84	8,790	15 644,05	14 827,69	23,01%
	17%	30 443,16	19,422	5 130,68	1 567,48	5,930	23 162,80	21 954,10	15,54%

Poder Calorífico Bajo (LHV): 42 684,36 kJ/kg

Fuente:(COES,2018)

## 2.3. BIOMASA

### 2.3.1. Concepto de biomasa

La biomasa incluye cualquier cosa, desde madera y hojas de árboles hasta cáscaras de nueces y heces de animales, restos de poda y otras formas de desechos agrícolas, en general toda materia orgánica.

<sup>13</sup> Sin embargo, cuando hablamos de biomasa como fuente de energía renovable, nos referimos al acto de convertir esta materia orgánica en energía utilizable. La bioenergía se genera cuando las plantas almacenan la radiación solar y la convierten en energía química a través de la fotosíntesis. Esta es también la energía que se requerirá para convertirlo en combustible utilizable (Obremo, 2017).

La biomasa o bioenergía es una fuente de energía permutable que utiliza sustancias orgánicas e industriales formadas durante ciertos procesos biológicos y/o mecánicos. Se suele extraer de la materia que compone los seres vivos (plantas, animales, etc.) o de sus restos y restos. La energía de la biomasa puede utilizarse directamente a través de la combustión o convertirse en otras sustancias como combustibles o alimentos para su uso posterior (Gonzales, 2004)

Cuando se habla de energía, el término "biomasa" suele entenderse como una fuente de energía renovable que obtiene su energía de la combustión de biocombustibles

derivados de materias primas de biomasa, que pueden definirse como cualquier materia orgánica de origen biológico reciente. Como la energía de la biomasa se deriva del sol y se almacena en las cadenas de moléculas orgánicas a través del proceso de fotosíntesis, se considera un recurso renovable (Gutierrez Martin, 2015)

Desde un punto de vista, también incluye los biomateriales utilizados como biocombustibles, así como las condiciones sociales, económicas, científicas y tecnológicas asociadas al uso de la bioenergía. En general la biomasa es sinónimo de biocombustible (combustible de fuentes biológicas).

Las biomasas se clasifican como recurso energético, en las siguientes categorías:

### **2.3.2. Biomasa natural**

Son los que se desarrolló de forma natural, sin ninguna influencia humana. También se incluyen los desechos forestales, como las ramas y las hojas que quedan después de la tala de árboles. Estos recursos no se pueden usar porque no se administran de manera rentable y el transporte al sitio donde se convertirán en energía es costoso.

### **2.3.3. Biomasa residual seca**

Es la provocada por actos deliberados de humanidad. Hay dos categorías dentro de este grupo de biomasa:

- 1 **Biomasa residual húmeda:** Está elaborado a partir de residuos biodegradables, ya sean aguas residuales urbanas e industriales o residuos ganaderos. A sí mismo la basura orgánica de los hogares y el estiércol agrícola.
- 2 **Biomasa residual seca:** Este material se deriva de prácticas e industrias agrícolas y forestales, como restos de árboles frutales podados, aserrín, cáscaras de nuez y paja.

#### **2.3.4. Biomasa producida**

Se fabrica a partir de cultivos energéticos, que se cultivan específicamente para producir grandes cantidades de materia biodegradable para su aplicación en la industria energética. Para lograr esto, especies de plantas específicas se someten a transformaciones químicas y biológicas para convertirse en combustibles como el metanol o el etanol.

El carbón vegetal, el etanol y el biogás son solo algunos ejemplos de los bienes que se pueden crear a partir de la biomasa, que también se pueden utilizar para generar energía (SANTANDER, 2022)

La combustión directa de calderas, la combustión conjunta de bajo porcentaje, la digestión anaeróbica, la incineración de residuos sólidos urbanos, el gas de vertedero y la cogeneración son métodos populares y económicamente viables para transformar la biomasa en electricidad. La gasificación de biomasa y la pirólisis son dos tecnologías relativamente jóvenes que recién comienzan a tener un uso generalizado en la industria. Además, tecnologías como la biorrefinación y la generación de biohidrógeno se encuentran en la fase de desarrollo de I+D.

El potencial de reducción de costos de la tecnología existente es relativamente pequeño, pero el potencial de reducción de costos a largo plazo de la nueva tecnología sigue siendo bueno dada la tasa de crecimiento anual esperada de los equipos futuros y la capacidad instalada acumulada. Este proceso depende de 3 factores para la producción de electricidad:

- **Materia prima de biomasa**

Existe una variación regional en la materia prima utilizada para generar electricidad de biomasa y las características que resultan del uso de estas diversas materias primas.

- **Conversión de biomasa**

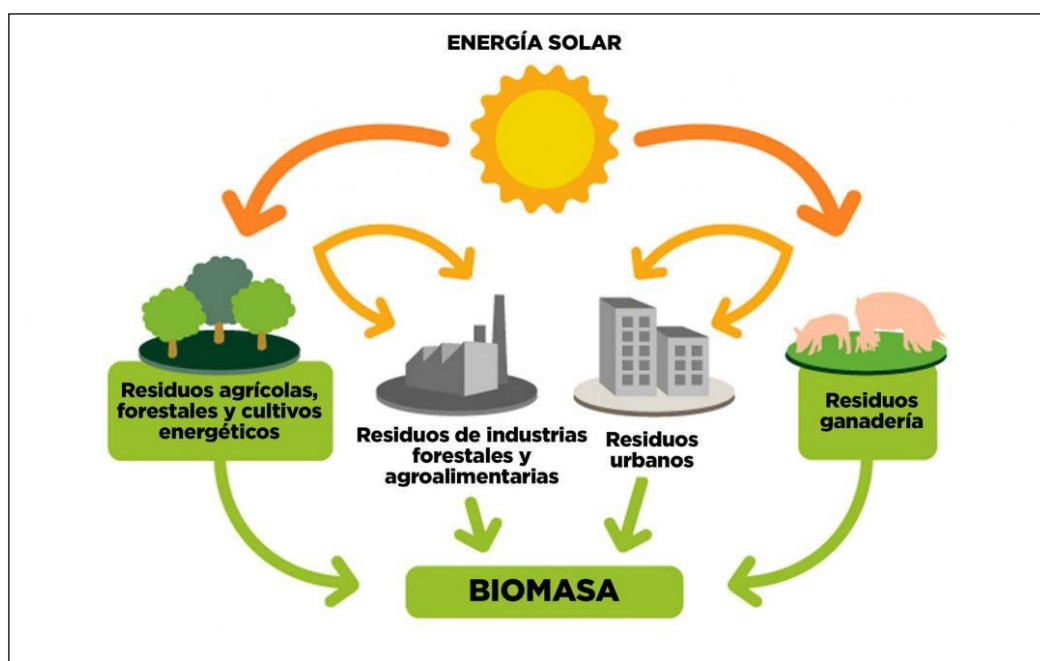
El término "conversión" se refiere a la transformación de biomasa en energía térmica y eléctrica (por ejemplo, gasificación, pirólisis, biogásificación e incineración).

- **Avances en la creación de energía**

Existen algunas innovaciones monetariamente razonables para involucrar la valiosa energía de la biomasa como combustible. Uno de los principales determinantes del progreso financiero de los proyectos de biomasa es la accesibilidad a un suministro de combustible protegido y razonable, por ejemplo, la materia prima para el cambio (Osinergmin, 2017)

La energía solar es la encargada de producir el ciclo de la biomasa. La combustión, la digestión anaeróbica, la gasificación y la pirólisis son los cuatro métodos principales para recuperar biomasa y convertirla en calor y energía utilizables.

**Figura 1:** Ciclo de la Biomasa



Fuente:(Pirenaica, 2018)

### 2.3.5. Obtención de energía mediante el biogás

El biogás es un gas inflamable creado cuando las bacterias y otras criaturas descomponen los materiales orgánicos de forma anaeróbica en ausencia de oxígeno en su entorno natural o con la ayuda de tecnologías especializadas. Es probable que este gas se denomine "gas de pantano" porque se origina a partir de la biodegradación de los depósitos de plantas en los pantanos.

La creación de biogás a través de la fermentación anaeróbica es una opción viable para el tratamiento de desechos biodegradables porque produce un combustible valioso además de las aguas residuales que se pueden reutilizar como fertilizante o enmienda para el suelo.

El resultado es una "mezcla de metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), en la que el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) contiene pequeñas cantidades de otros gases como

hidrógeno (H<sub>2</sub>), nitrógeno (N<sub>2</sub>), oxígeno (O<sub>2</sub>) e hidrógeno. sulfuro (H<sub>2</sub>S). El poder calorífico medio del biogás está entre 18,8 y 23,4 megajulios por metro cúbico (MJ/m<sup>3</sup>)”.

Las turbinas o centrales eléctricas alimentadas con gas, los hornos, hornos, secadores, calderas y otros dispositivos de combustión alimentados con gas pueden utilizar este gas para producir energía (FAO, 2011)

El biogás, también conocido como gas metano, se produce naturalmente en basureros o pozos donde se acumulan desechos orgánicos por la acción de múltiples microorganismos que reaccionan en ausencia de oxígeno (reacción anaeróbica). Estos residuos pueden provenir tanto de animales como de productos orgánicos. Según Hernández, (2015) “El biogás se genera a partir de residuos orgánicos sometidos a un proceso de digestión anaeróbica que ocurre en compartimentos cerrados llamados biodigestores. El biogás tiene un alto contenido de metano, lo que le confiere un valor energético. Además del beneficio energético, el residuo de la digestión es un fertilizante agrícola” (p.4).

En la siguiente tabla se da a conocer los valores medios de composición del biogás

**Tabla 2:** Componentes del biogás

**Componentes del biogás en función del sustrato utilizado.**

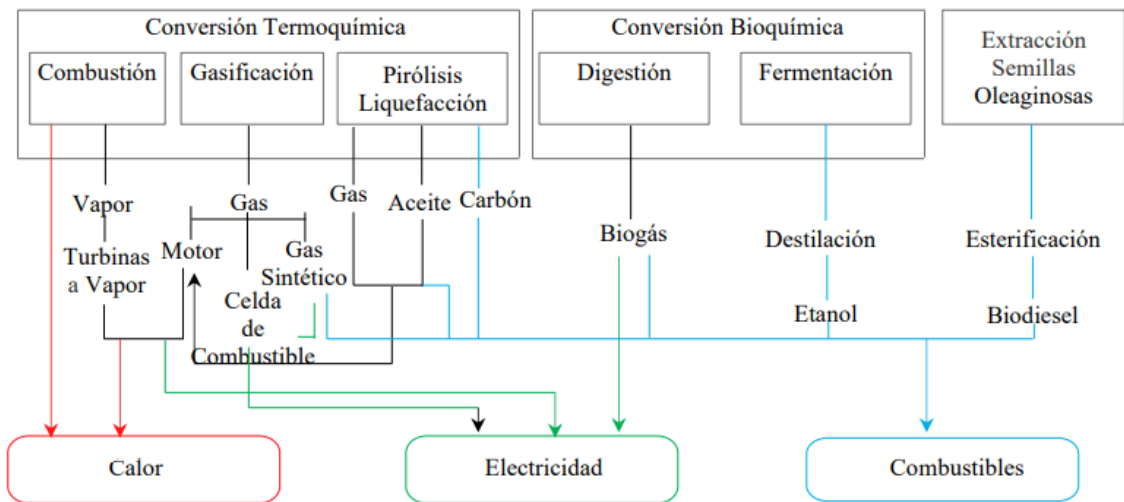
Componente	Residuos agrícolas	Lodos de depuradora	Residuos industriales	Gas de vertedero
Metano	50 - 80%	50 - 80%	50 - 70%	45 - 65%
Dióxido de carbono	30 - 50%	20 - 50%	30 - 50%	34 - 55%
Agua	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado
Hidrógeno	0 - 2%	0 - 5%	0 - 2%	0 - 1%
Sulfuro de hidrógeno	100 - 700 ppm	0 - 1%	0 - 8%	0.5 - 100ppm
Amoníaco	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas
Monóxido de carbono	0 - 1%	0 - 1%	0 - 1%	Trazas
Nitrógeno	0 - 1%	0 - 3%	0 - 1%	0 - 20%
Oxígeno	0 - 1%	0 - 1%	0 - 1%	0 - 5%
Compuestos orgánicos	Trazas	Trazas	Trazas	5 ppm

**Fuente:** Martí Ortega, N. (2006).

## 2.4. CONVERSIÓN DE LA BIOMASA.

Por lo general, el método de conversión se basa en el tipo, la cantidad y las características de la materia prima de biomasa; la forma deseada de energía o requisitos de uso final; condiciones ambientales, condiciones políticas y económicas, y factores exclusivos del proyecto (Adams et al., 2018)

**Figura 2:** Conversión de la Biomasa



**Fuente:** Röder y Welfle (2019)

### 2.4.1. Ventajas de uso de biogás

Según Arzāte (2015), el biogás se puede producir en cualquier lugar, independientemente de que las fábricas estén ubicadas en la ciudad o en el campo. Por lo tanto, se puede producir electricidad y calor donde sea necesario. Dependiendo de la demanda de energía, no hay necesidad de grandes centrales eléctricas convencionales o nucleares. El uso de bacterias para producir combustibles de alta calidad es un enorme beneficio económico atractivo no solo para los países industrializados sino también para los países en desarrollo.

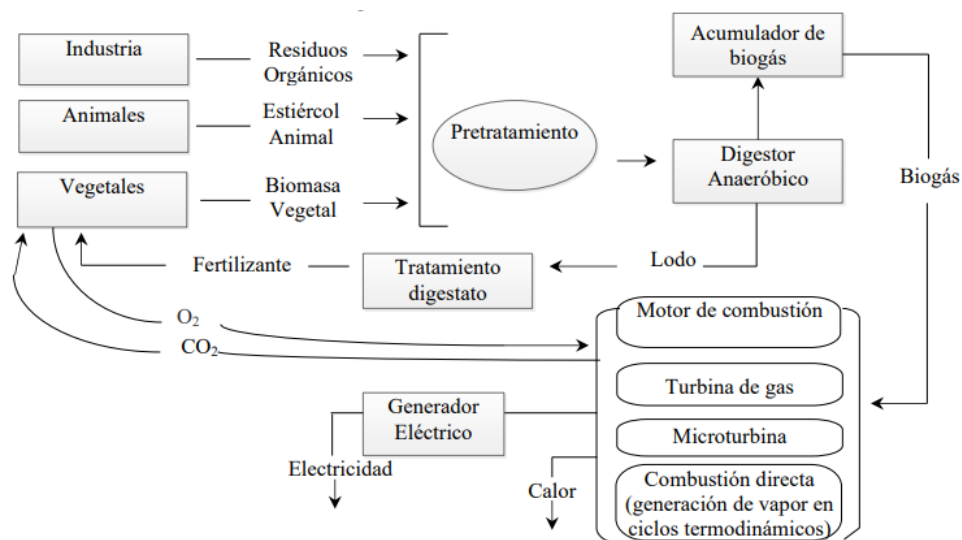
A la luz de este análisis, podemos identificar como efectos positivos del biogás los siguientes:



- Recuperación de los residuos orgánico.
- Disminución del uso de los fósiles y la dependencia energética.
- Reducción de emisión de gases de efecto invernadero.
- Contribución a la descarbonización del modelo energético.
- Reducción significativa de malos olores.
- La creación de puestos de trabajo en el sector agrícola.

Los restos, también conocidos como biofertilizante, son altamente absorbibles por las plantas y constituyen un gran suministro de nitrógeno. Un aumento en la concentración de nitrógeno del 0,5% al inicio del procedimiento al 2,5% después de 16 días de fermentación anaeróbica. Los patógenos (bacterias y hongos) que pueden ser dañinos para la salud humana están presentes en el biofertilizante producido en condiciones anaeróbicas, incluso si la fermentación anaeróbica de entrada se lleva a cabo a una temperatura alta de 70°C. Este calor en realidad logra la pasteurización natural, eliminando patógenos. (Ossingaming, 2017)

**Figura 3:** Proceso de conversión en Gas



**Fuente:** Fardin (2018)

Según Escalante (2011) La creación de energía a partir de productos de desecho de una variedad de industrias puede lograrse mediante el uso de una fuente de energía renovable conocida como biomasa. En muchos casos, no se explota en todo su potencial y, en consecuencia, se desperdicia. La utilización de biomasa puede traer consigo una variedad de beneficios, siendo el principal que puede <sup>3</sup> reemplazar a los combustibles fósiles. A continuación, se detallan algunas de ellas:

- Posibilidad de utilización de tierras de rastrojo con cultivos energéticos.
- <sup>17</sup> Disminución de las emisiones de azufre.
- Emisiones reducidas de compuestos contaminantes (CO, HC, NOX).
- Control de producción y emisión de CO<sub>2</sub>, sin contribución al efecto invernadero.
- Electrificación de las Zonas No Interconectadas (ZNI).
- Mejora socioeconómica de las áreas rurales.
- Aprovechamiento de residuos agrícolas, pecuarios y forestales.
- Autonomía ante las fluctuaciones del precio del petróleo.

Estos beneficios innegables de la biomasa la convierten en un serio competidor para la generación de energía y la creación de empleo en el futuro, sin mencionar un importante contribuyente al equilibrio territorial, particularmente en las áreas rurales. La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) es una de esas agencias estatales que actualmente propone Planes de Electrificación Rural Sustentable (PERS), realiza análisis de elementos pertinentes relacionados con la energía, la productividad y el emprendimiento, y sigue rutas predeterminadas <sup>3</sup> para identificar, formular y estructurar proyectos. para el desarrollo y crecimiento de las zonas rurales.

## 16 **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Este estudio tiene un enfoque cuantitativo, con información recopilada sobre la cantidad de materia orgánica generada por los habitantes de la ciudad de Juliaca utilizando fuentes como PIGARS y SIGERSOL.

El tipo de investigación usado en este proyecto de tesis es del tipo analítica descriptiva ya que usaremos una base de datos para posteriormente dar un análisis de mismo y la estrategia de razonamiento lógico usado fue el deductivo

#### **3.2. LUGAR DE ESTUDIO.**

Dado que es de conocimiento que el basurero no controlado de la localidad de Chilla se encuentra actualmente en estado de abandono por parte del Municipio de San Román, el presente estudio se realizará en el departamento de Puno, Provincia de San Román, y específicamente en la Distrito de Juliaca.

#### **3.3. POBLACIÓN.**

En la ciudad de Juliaca la municipalidad aprobó un estudio de generación y caracterización de residuos sólidos domiciliarios en el año de 2010 (PIGARS) la población de Juliaca es de 338.020 habitantes INEI (2017).

La basura promedio diaria producida por los habitantes de una ciudad es de 0,53 kg. La basura sin compactar tiene una densidad promedio de 121,18 kg/m<sup>3</sup>, mientras que la basura compactada tiene una densidad de 0,00 kg/m<sup>3</sup>. Generación total de residuos sólidos domiciliarios anuales es: 44.994,73 t/año el contenido de humedad de los residuos sólidos es de 49.09%, la composición de los residuos sólidos domésticos se utiliza:

**Tabla 3:** Compuesto de Residuos Sólidos

Residuos orgánicos	55.19%
Papel	2.6%
Cartón	3.34%
Vidrio	2.51%
Plástico	7.29%
Metales	1.95%
Residuos no aprovechables	25.59%
Residuos inorgánicos	1.53%

Fuente:(SIGERSOL,2018)

### 3.3.1. Ubicación de botadero no controlado

El relleno sanitario no regulado se encuentra a una altura de 3824 m.s.n.m<sup>23</sup> en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román, departamento de PUNO. En las coordenadas entre 13°00'66"00" y 17°17'30" al sur y 86,71°06'57" y 68°54'846" al oeste del meridiano de Greenwich.

**Tabla 4:** Coordenadas UTM

Puntos	Este x	Norte Y
punto 1	381566	1713688
Punto 2	381563	1713959
Punto 3	381860	1713970
Punto 4	381865	1713806

Elaboración Propia

en la ilustración número 4 podemos observar la ubicación del botadero de Chilla gracias al uso de Google Earth.

**Figura 4:** Vista Satelital del Botadero de Chilla



Elaboracion Propia

### 3.3.1. Recolección de residuos sólidos para disposición final

La frecuencia de recojo de residuos es de 2 veces 1 día en diferentes áreas de la ciudad.

- Cantidad de residuos provenientes del barrido: 1.394,30 t/año
- Cantidad de residuos provenientes del almacenamiento: 6.842,93 t/año
- Cantidad de residuos municipales recolectados: 64.512,00 t/año
- Total, recolectado para disposición final: 72.749,23 t/año

Se realiza el recojo de residuos sólidos en un 79% en el sector urbano y un 10% en el sector rural, y se tiene un total de 47 hombres en la recolección de residuos sólidos

usando los camiones compactadores de residuos. A su vez un total de 138 trabajadores entre varones y mujeres encargados de barrido de calles. SIGERSOL (2019).

### 3.3.2. Unidades participes en la recolección de RSU.

La siguiente tabla enumera las diversas unidades involucrados en este procedimiento de la recolección.

**Tabla 5:** Información General de los vehículos

Datos de los vehículos				
Placa	Recorrido anual	Tipo de vehículo	A. Fabricación	Capacidad
EAA115	83950	Camiones compactadores	2015	6
EGZ747	10950	Camiones barandas	2015	4
EGZ762	83950	Camiones compactadores	2015	6
EGZ769	83950	Camiones compactadores	2015	6
EGZ791	10950	Camiones barandas	2015	4
EGZ798	83950	Camiones compactadores	2015	6
EGZ799	83950	Camiones compactadores	2015	6
EGZ820	10950	Camiones barandas	2015	4
EGZ821	83950	Camiones compactadores	2015	6
EGZ830	83950	Camiones compactadores	2015	6
EGZ834	83950	Camiones compactadores	2015	6
EGZ834	83950	Camiones compactadores	2015	6

**Fuente:** (SIGERSOL, 2018)

### 3.3.3. Aspectos Económicos 2019

La cobertura de recolección de residuos sólidos en la Provincia de San Román es 89%, es por esta razón que los residuos no recolectados se almacenan en las vías y espacios públicos.

Los servicios de limpieza pública de la ciudad de Juliaca son financiados por el Fondo De Compensación Municipal (FONCOMUN) y los recursos de recaudación directa (RDR) y otros impuestos municipales con los siguientes presupuestos.

**Tabla 6:** Presupuesto Anual 2018

Presupuesto 2018	
FONCOMUN	S/36,104.156
Impuesto Predial	S/14,980.033

**Fuente:** (Plan SOL, 2020)

El presupuesto asignado en este 2018 para el manejo de residuos sólidos Urbanos es de S/10,315.747 Nuevo soles equivalentes al 20,19% del total del presupuesto entre el FONCOMUN y el impuesto predial, mientras el gasto total en el manejo de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) es de S/4,470.023 nuevos soles equivalente al 44.33% de presupuesto asignado.

### **3.4. BIOGAS.**

#### **3.4.1. Consecución del Biogás.**

El biogás de vertedero consiste en una mezcla de gases definidos como subproductos de la descomposición anaeróbica del Componente Natural de los Residuos Civiles Urbanos (FORSU). El biogás se considera una fuente de combustible y forma parte del conjunto de la biomasa. (Pérez, 2006).

La cantidad y composición de los gases producidos en los rellenos sanitarios (también conocidos como rellenos controlados) se ven afectados por la naturaleza de los residuos orgánicos allí depositados, el estado de descomposición en el que se encuentren y la presencia o ausencia de factores ambientales que puedan acelerar o ralentizar el proceso de descomposición.

En el proceso de descomposición interviene estos tipos de bacterias, ellos son:

- a) **Productos de hidrólisis** que produzcan <sup>4</sup>ácido acético compuestos monocarbonatados, ácidos grasos orgánicos y otros compuestos policarbonatos.
- b) **Acetógeno**, productor de salmuera.
- c) **Homoacetógeno**, que puede convertir una gran cantidad de compuestos monocarbonados o multicarbonados en ácido acético.
- d) **Metanógenos**, productores de gas metano, componentes mayoritarios del biogás, 40% a 70% metano (CH<sub>4</sub>) y 30% a 60% dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

En los vertederos controlados, la descomposición de la materia orgánica por acción microbiana anaerobia produce diversos subproductos, incluido <sup>1</sup>el biogás.

Por tanto, las condiciones ambientales propicias para la supervivencia de los microorganismos anaerobios pueden formarse en el rango de temperatura de 10 a 60 °C, y su temperatura óptima de desarrollo es el rango mesófilo de 30 a 40 °C o el rango termófilo de 50 a 60 °C. El valor de pH de 6,5 a 8,5 asegura un buen desarrollo 39 de los microorganismos, y en la zona mesófila su óptimo desarrollo es de 7 a 7,2. (Guerra, 1989)

<sup>10</sup>El metano (CH<sub>4</sub>) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) constituyen la mayor parte del biogás, por lo general más del 97 %.

Dado que estos gases son incoloros e inodoros, los gases adicionales como el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) y el amoníaco (NH<sub>3</sub>) son los que le dan al biogás sus características distintivas como su olor característico y pueden detectarse por el olfato, como afirma Pérez (2006).



**Tabla 7:** Composición del Biogás

Componente	Porcentaje Aproximando (%)
Metano (CH <sub>4</sub> )	45 a 60
Dióxido de Carbono(CO <sub>2</sub> )	40 a 60
Nitrógeno(N <sub>2</sub> )	2 a 5
Oxígeno (O <sub>2</sub> )	0.1 a 1.0
Sulfuro de Hidrogeno(H <sub>2</sub> S)	0 a 1.0
Amoniaco(NH <sub>3</sub> )	0.1 a 1.0
Hidrogeno(H <sub>2</sub> )	0 a 0.2
Monóxido de Carbono(CO)	0 a 0.2
Constituyentes en cantidades Traza	0.01 a 0.6

**Fuente:** (Perez,2006)

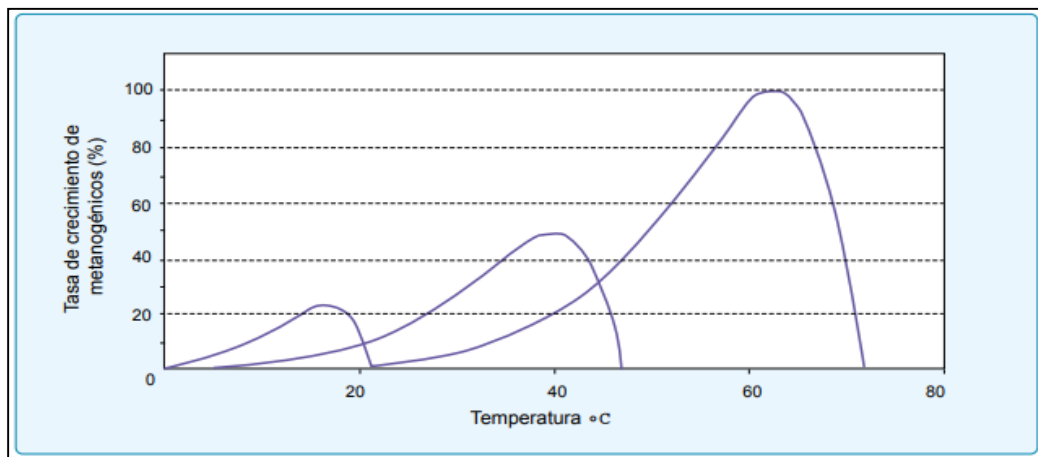
Las cualidades visuales, los niveles de concentración, la volatilidad y otras propiedades cuantitativas, como los sólidos volátiles (VS), el % de sólidos totales (TS) y la demanda química de oxígeno, se pueden usar para clasificar los sustratos en cuatro clases (COD). Esto se puede ver fácil de ver.

### 3.4.2. Temperatura

Al igual que otros marcos naturales, los ciclos anaeróbicos están excepcionalmente supeditados a la temperatura. El ritmo de respuesta de un ciclo orgánico depende del ritmo de desarrollo de los microorganismos en cuestión, que a su vez depende de la temperatura. A medida que la temperatura aumenta, el ritmo de desarrollo de los microorganismos se incrementa y el ciclo de absorción se acelera, provocando un aumento en la creación de biogás.

Según Fao (2001) la bacteria anaerobia puede funcionar en uno de tres rangos de temperatura, dependiendo de la especie específica: psicrófila (por debajo de 25 °C), mesófila (entre 25 °C y 45 °C) o termófila (entre 45 °C y 65 °C), con la tasa de desarrollo explícita más extrema ( $\mu_{max}$ ) que se expande a medida que aumenta el rango de temperatura. Hay una ventana de tiempo dentro de cada rango de temperatura donde esta restricción es más estricta y determina la temperatura de funcionamiento óptima para ese rango.

**Figura 5:** Tasa de crecimiento de microorganismos



**Fuente:** Speece (1996)

**Tabla 8:** Rango de Temperatura y fermentación

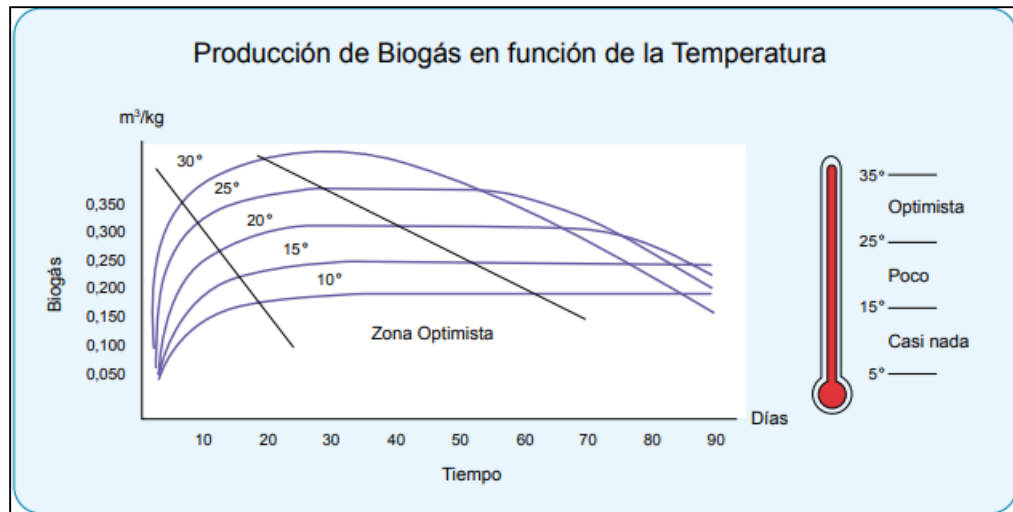
5 Fermentación	Mínimo	Optimo	Máximo	Tiempo de fermentación
Psychrophilica	4-10°C	15-18°C	20-25°C	Sobre 100 días
Mesophilica	15-20°C	25-35°C	35-45°C	30-60 días
Thermophilica	25-45°C	50-60°C	75-80°C	10-15 días

**Fuente:** (Lagrange,1979)

Hasta ahora, la gama psicrófila se ha examinado mínimamente y en su mayor parte se considera inviable debido al enorme tamaño del reactor necesario.

El sistema de trabajo mesófilo es el más utilizado, aunque en la actualidad se está llevando a cabo progresivamente la gama termófila para lograr una mayor velocidad de ciclo, lo que sugiere, simultáneamente, una expansión en el fin de las criaturas patógenas. (Lagrange, 1979).

**Figura 6:** Producción de Biogás en Función de la Temperatura



**Fuente:** (Varneo,1991)

### 3.4.3. Toxicidad

Los Metanógenos generalmente se consideran los grupos de microbios más virulentos en la fermentación anaeróbica. Sin embargo, puede ocurrir adaptación o reversibilidad de algunos efectos tóxicos. La alcalinidad, el sulfuro de hidrógeno y la imprevisibilidad de las grasas no saturadas en FORSU son factores que contribuyen a sus efectos secundarios típicos. El pH de la combinación es el principal determinante de su toxicidad. Los metanógenos son extremadamente sensibles al oxígeno. Debido a que estos microorganismos toman oxígeno rápidamente, los cultivos en biorreactores anaeróbicos también incluyen bacterias anaeróbicas con hidrólisis facultativa y características de generación de ácido (Conferencia, 1996).

#### **3.4.4. Nutrientes**

En el tratamiento anaeróbico de mezclas de CSN o aguas residuales, se puede suponer que la cantidad de nutrientes y oligoelementos requeridos es infinita. La degradación puede verse limitada por la disponibilidad de nutrientes en el manejo de ciertos desechos o ciertas aguas residuales (Conferencia, 1996)

#### **3.4.5. Ph**

Es la acidez o alcalinidad de una solución se puede cuantificar por su nivel de pH. La cantidad de iones de hidrógeno en una solución se mide en términos de su pH. Esta abreviatura se refiere a la fuerza electromotriz entre los átomos de hidrógeno (Hanusovsky et al., 2018). La Fundación Carlsberg sugiere que la p en "pH" se refiere al "poder del hidrógeno", mientras que se debate el significado preciso de esto. La p también podría representar las palabras latinas pondus hydrogenii ("cantidad de hidrógeno") o potentia hydrogenii ("potencial de hidrógeno") (capacidad de hidrógeno). Hay un estrecho rango de pH donde prospera cada tipo de microbio fermentador anaeróbico. El pH óptimo para los acetógenos y los metanógenos es 7, mientras que para los acidógenos es 6. Además de ser un regulador importante del sistema, el pH afecta una serie de equilibrios químicos, lo que hace que algunos de ellos se inclinen hacia la creación de un componente 49 particular. que modula el proceso. Ejemplo: el amoníaco libre, un potente inhibidor de la fase metanogénica, se forma cuando el nivel de pH es alto (Hanusovsky et al., 2018).

Según Moncayo (2015) Los microorganismos metanogénicos son extremadamente sensibles a los cambios de pH, lo que los convierte en uno de los parámetros de control más cruciales en la operación de biodigestores.

La gestión cuidadosa de la planta de biogás debería dar como resultado una producción de biogás constante con fluctuaciones mínimas en la fracción de metano. Esto

se puede lograr probando varios parámetros operativos y de control, como tasas de carga y mezcla, umbrales de temperatura y pH, y composición del biogás para determinar su configuración óptima.

**Figura 7: Formación de Biogás**



Fuente: (Cotecnica,2002)

### 3.4.6. Analítica de las tecnologías usadas en la construcción de vertederos

Un aspecto importante de la gestión de los RSU implica comprender el impacto ambiental de varias prácticas de gestión existentes; Puno ha crecido en los últimos años en cuanto a la cantidad de residuos generados en el país, lo que significa que las actividades de producción y consumo incrementan la cantidad de materiales que anualmente son devueltos al medio ambiente en forma degradada, lo que puede amenazar la integridad de un entorno sostenible y desconectado. - Fuentes de energía renovable. - Recursos renovables. La gestión descontrolada del CSN tiene un

impacto de gran alcance en el medio ambiente ya que el papel de los procesos naturales es la distribución de contaminantes y materiales peligrosos en el medio ambiente, dependiendo del método de <sup>1</sup> disposición final de los residuos.

**Tabla 9:** Efectos de las Prácticas de Gestión de Residuos

	Aire	Agua	Suelo	Paisaje	Ecosistemas	Áreas urbanas
Vertido sin control	Emisiones de CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> ; olores	Lixiviado de sales, metales pesados, compuestos orgánicos persistentes y biodegradables en el agua subterránea	Acumulación de sustancias peligrosas en el suelo	Ocupación del suelo; restricciones para otros usos	Contaminación y acumulación de sustancias tóxicas en la cadena alimentaria	Exposición a sustancias peligrosas

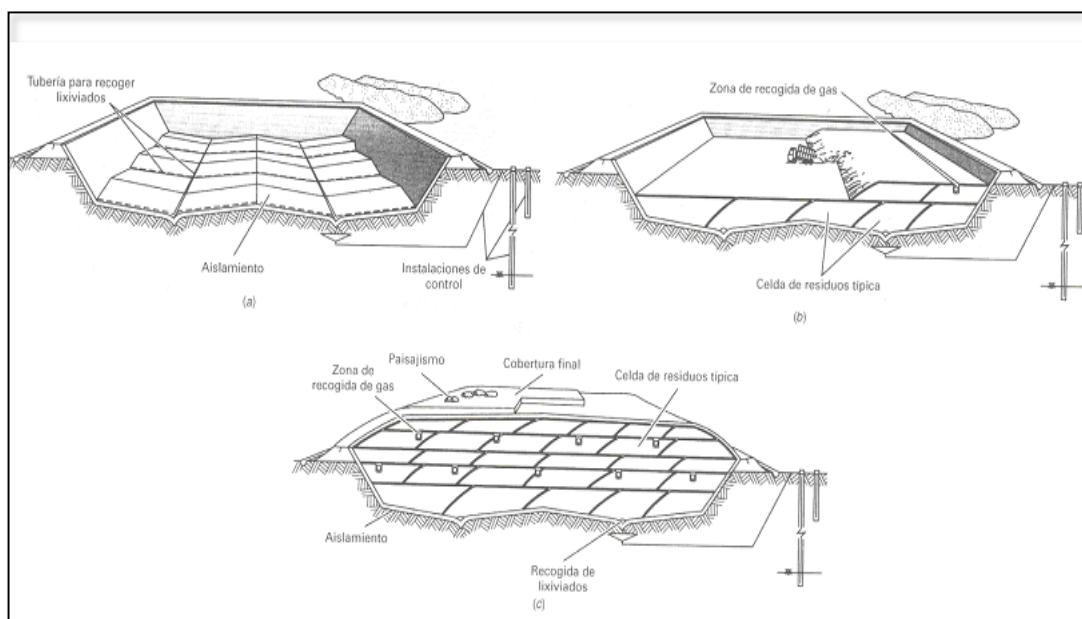
**Fuente:** (departamento de ordenamiento del territorio y medio ambiente, 2004)

La lixiviación de desechos puede contaminar el suelo y las aguas subterráneas en vertederos no regulados con elementos como metales pesados, compuestos de nitrógeno, compuestos de cloro y otros compuestos orgánicos como los hidrocarburos.

Las altas concentraciones de amonio en los lixiviados orgánicos de los vertederos pueden contaminar gravemente <sup>1</sup> las fuentes de agua potable y contaminar las aguas superficiales en las áreas circundantes.

Los rellenos sanitarios modernos tienen varios usos, principalmente para la eliminación de desechos, también se fomenta el uso de la parte orgánica de los vertederos para diversos fines, principalmente como fuente de residuos. Convertirlo en electricidad o calor (Luw Wildschut, 2008)

**Figura 8: Vertederos Modernos**



**Fuente:** (Louw Wildschut, 2008)

Los vertederos modernos funcionan de la siguiente manera:

Los desechos se esparcen y compactan en capas en un área determinada, formando las llamadas células o estructuras de suelo. Estas unidades forman una terraza y por lo general, un vertedero controlado consta de varias terrazas apiladas una encima de la otra.

Si bien la capacidad de almacenamiento diario de RSU determina el tamaño de estas unidades, se recomienda compactar los RSU a una densidad de 500 kg/m<sup>3</sup> diarios para reducir la carga sobre el material de cobertura.

Según Botamino (2009) Los rellenos sanitarios controlados modernos también necesitan instalaciones que puedan procesar desechos sólidos municipales, almacenar materiales de revestimiento y realizar el mantenimiento de rutina. El volumen diario de RSU procesadas financió la maquinaria necesaria. Como se señaló anteriormente, los primeros datos de los vertederos pueden tener una densidad estimada de al menos 500 kg/m<sup>3</sup>.

Los tipos de vertederos son:

#### **3.4.7. Botaderos para residuos sólidos no segregados**

Según Botamico (2009) Se trata de vertederos regulares destinados al limo de los RSU, a pesar de que los residuos modernos no peligrosos y el limo de las aguas residuales del 51% de las plantas de tratamiento de aguas residuales también se desechan habitualmente. El suelo normal o la tierra se utiliza en muchos casos como un último o medio material de la capa exterior de la carretera, mientras que en realidad cumple con su capacidad. Esta idea se utiliza a partir de ahora en Guatemala, sin embargo, no se ha seguido ninguna técnica de cobertura, por lo que se podría decir que son vertederos abiertos.

#### **3.4.8. Vertederos para residuos sólidos urbanos triturados**

La trituración de los residuos sólidos municipales (MSW) antes de su eliminación permite más espacio en el vertedero, lo que generalmente aumenta la capacidad de almacenamiento en un 35 por ciento en comparación con el uso de RSU sin triturar. El manejo de RSU de esta manera requiere una instalación de trituración y la necesidad de operar un vertedero tradicional sin trituración. El método de trituración de RSU se puede utilizar en áreas con poca capacidad de relleno porque se requiere menos material de cobertura para lograr una mayor compactación después de la trituración. (Botamino, 2009).

#### **3.4.9. Tipos adicionales de botaderos**

Actualmente el concepto de vertedero ha dado lugar al uso y construcción del vertedero, por lo que se ha creado el concepto de uso en varios sentidos, así el vertedero se construye después del tratamiento final del vertedero, y el vertedero es la materia prima para producción. (Botamino, 2009)



#### **3.4.10. Vertedero como unidades de tratamiento integral**

Aquí están los compuestos orgánicos se separan y depositan en un vertedero separado aumentando el contenido de humedad de los residuos, lixiviando o sembrando lodos reciclados de las plantas de tratamiento, o utilizando estiércol animal para mejorar la tasa de biodegradación. Los materiales descompuestos se reciclan y se utilizan como material de cobertura para las áreas recién rellenadas, y las unidades excavadas se rellenan con desechos nuevos. (Botamino, 2009).

#### **3.4.11. Vertedero diseñado para maximizar producción de gas**

Según Botamino (2009), Este tipo de vertedero aumenta la utilización del gas suministrado utilizando los datos retratados hacia el inicio de esta parte a través del procesamiento anaeróbico, que recupera la parte natural de los RSU. Para este tipo de vertedero, se ejecutan centros separados y profundamente cubiertos, donde los residuos se mantienen sin una capa transitoria de material de cobertura y los lixiviados se obtienen para fortalecer el sistema de envejecimiento y obtener biogás para algún tiempo en el futuro.

### **3.5. NORMAS PARA LA INSTALACIÓN DE UN VERTEDERO CONTROLADO**

Las normas básicas que deben adoptarse:

#### **3.5.1. Contaminación del agua**

Antes de iniciar la operación del relleno sanitario, es necesario prever la selección de un lugar geológicamente adecuado, el drenaje de todos los líquidos que circulan en el relleno sanitario y el drenaje o evacuación de los lixiviados.

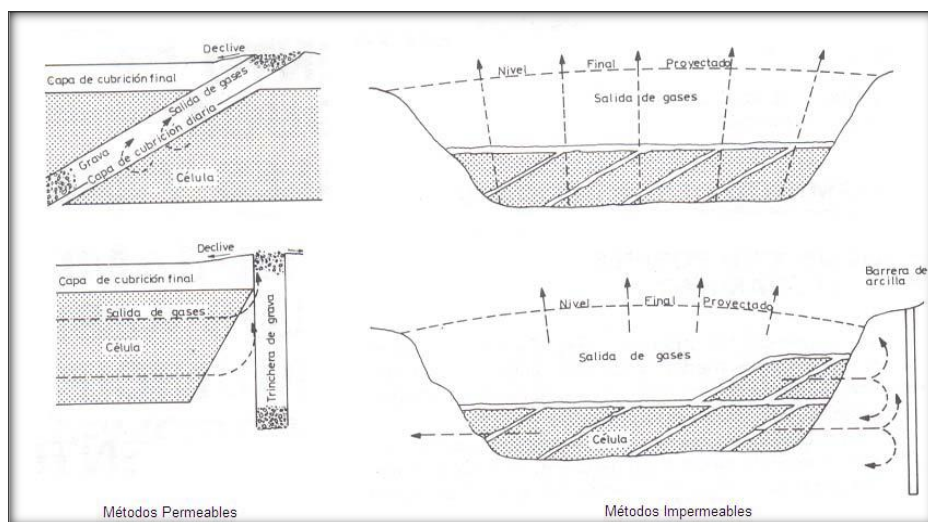
### 3.5.2. Asentamiento

La fermentación de RSU disminuye significativamente su volumen, lo que se traduce en una reducción de la superficie del vertedero. La cantidad de precipitación depende del tipo de residuo, el grado de compactación y el tipo de fermentación.

### 3.5.3. Producción de gases

Según Botamino (2009) La viabilidad del relleno sanitario depende del control del movimiento y dispersión del gas producido, el cual actualmente es controlado por tuberías o pozos que extraen el biogás para su uso posterior, así como drenajes permeables o barreras impermeables, como se muestra en la Figura 10.

**Figura 9:** Controles de los Gases



**Fuente:** (Técnicas energéticas especiales, 1989)

### 3.6. METODO DE RECUPERACION DEL BOTADERO DE CHILLA.

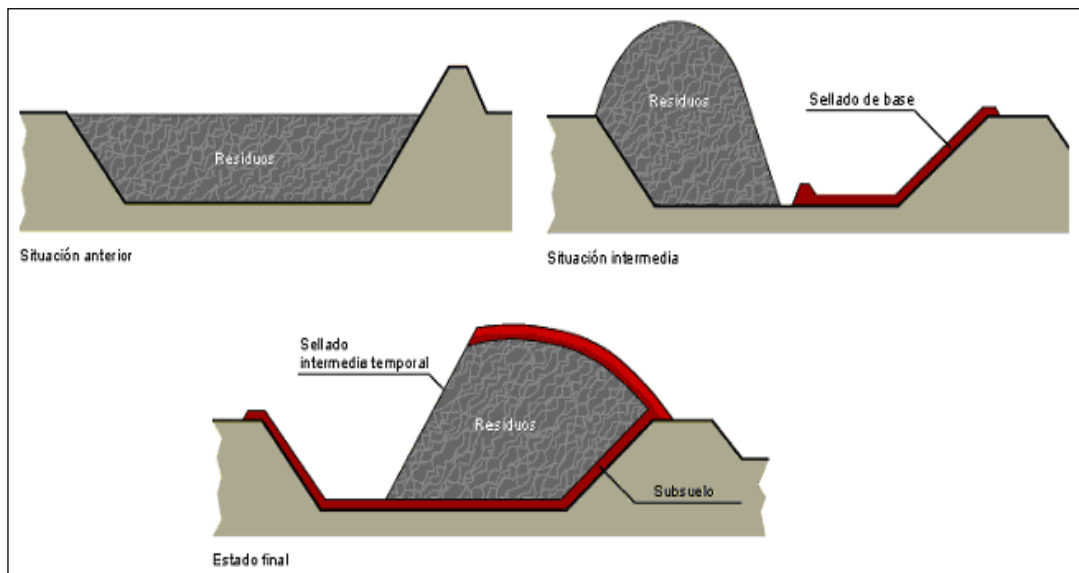
Tomemos como ejemplo la tecnología de reciclaje de residuos de pimienta utilizada en la ciudad de Guatemala: la especificidad del vertedero principal de Guatemala es la característica más común a nivel nacional y en la región centroamericana. Abierto al cielo. El agua de lluvia juega un papel importante ya que afecta las aguas subterráneas al infiltrarse en la escorrentía y disolver los contaminantes. Esta es una de las razones por

las que la superficie y el fondo de todos los vertederos de RSU actuales deben sellarse de forma eficaz.

Más bien, será una misión en el terreno que no cumple con las regulaciones de remediación de emisiones actualmente administradas por Guatemala.

Para el reciclaje, la mayor parte de la descarga del vertedero existente debe desviarse a una parte del antiguo vertedero para que aún se pueda recolectar CSN durante la fase de reorganización instalando sellos de fondo cónico y recuperando el lixiviado a través de un solo pozo (Botamino, 2009)

**Figura 10: Recuperación de Botadero Existente**



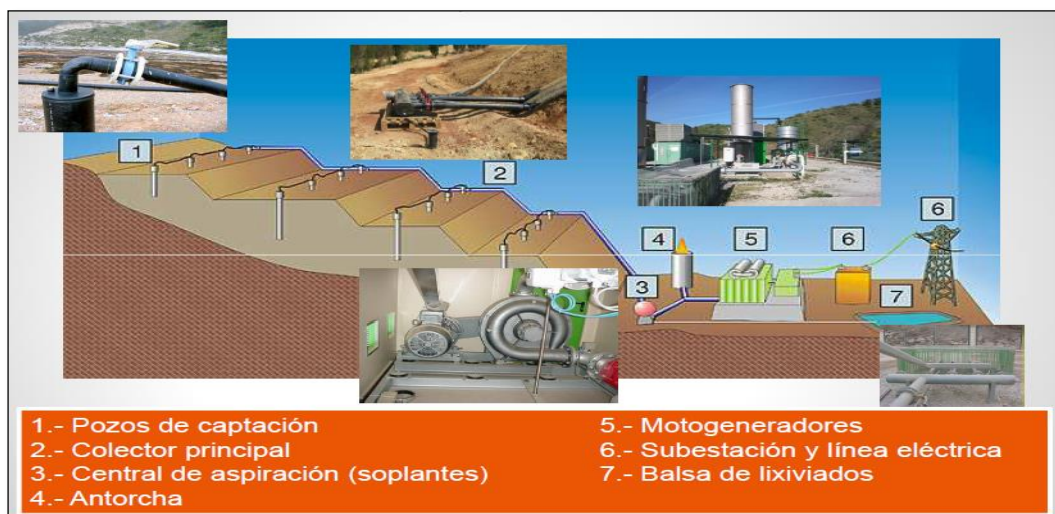
**Fuente:** (Gonzales, 1997)

El primer paso es instalar un sello de cimentación, después de lo cual toda la escorrentía se desvía hacia el área del sello, creando un montículo cubierto con un sistema de sellado de superficie. Se instaló un relleno temporal en la pendiente que da al área de operaciones actual.

Para reducir la formación de lixiviados se ha desarrollado un sistema de urbanización especial, en el que se protegen las partes activas del vertedero de la

infiltración de agua de lluvia con un sellado temporal y un sistema de recogida de agua de lluvia, minimizando así los costes de eliminación de lixiviados. La eliminación de la basura en los vertederos debe producirse después del desarrollo de la planta de biogás, donde los residuos se tratan previamente destruyéndolos hasta aproximadamente 7 a 15 cm, los materiales inorgánicos, por ejemplo, los metales se aíslan mediante separadores atractivos, mientras que los metales y el vidrio se aíslan mediante tamices. Primero, el material se envía a través de un clasificador de aire para separar el componente natural más liviano para su recuperación, y luego el material se envía a través de un intercambiador de intensidad para separar el componente natural más pesado para su recuperación (Botamino, 2009)

**Figura 11:** Esquema de funcionamiento de una central de biomasa



**Fuente:** (García, 2013)

### 3.6.1. Aprovechamiento de la energía producida del biogás

Las emisiones de RSU de los vertederos deben controlarse para maximizar los beneficios y contribuir a su consumo de energía. Mientras que los residuos se depositan en vertederos, el biogás producido se puede extraer. El tiempo de degradación en un vertedero se ve afectado por una serie de variables, incluido el tipo de material de

cobertura utilizado (tierra, por ejemplo), la profundidad del vertedero, el contenido de humedad de los desechos, el grado de degradación y el grado de compactación de los desechos. Como se muestra en la Figura 13.14, los residuos sólidos municipales (RSU) se pueden quemar en plantas de cogeneración para la producción de energía. (Botamino, 2009)

### 3.7. BIOGAS USADO PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

#### 3.7.1. Producción de Energía a partir de FORSU

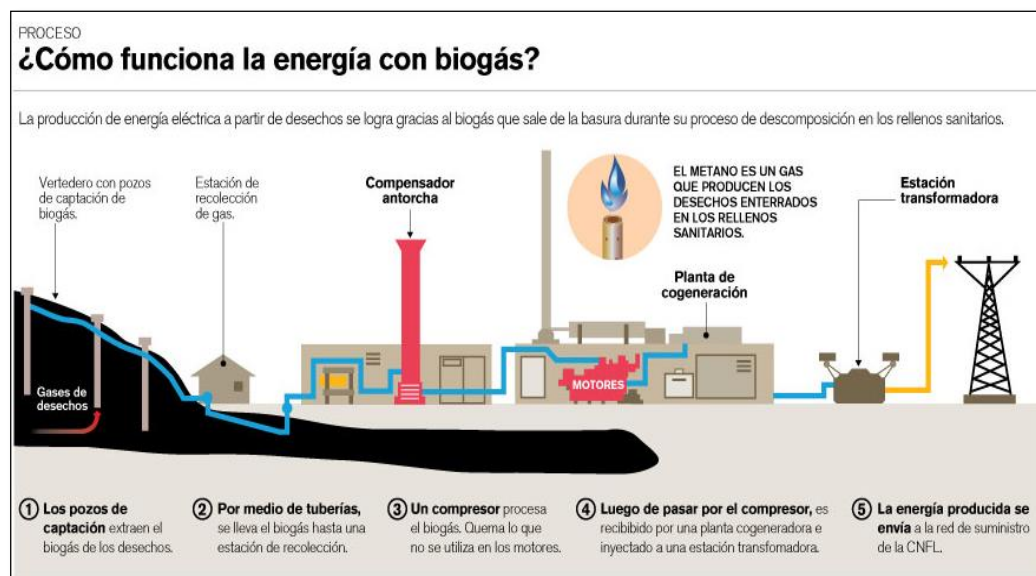
Parte de la biomasa orgánica del CSN (parte) se puede utilizar para producir biogás, que se puede utilizar para la generación de electricidad y/u otros fines.

- **Calor y vapor:** pueden ser el producto principal en aplicaciones de calefacción y cocina o un subproducto de la producción combinada de electricidad y vapor.
- **Combustible gaseoso:** El biogás producido se puede utilizar para la generación de energía con motores de combustión interna (ICM), calefacción y aire acondicionado en los sectores privado, comercial e institucional, así como para la modernización de vehículos.
- **Producción de energía eléctrica:** La energía eléctrica producida por FORSU se puede vender bajo el nombre de Energía Verde, ya que se considera dentro del grupo "Energía renovable".

El biogás tiene una amplia variedad de usos, que incluyen, pero no se limitan a: cocinar (cuando se quema directamente en estufas básicas), calefacción e iluminación y generación de energía (cuando se usa en motores de combustión interna para reemplazar aceites reciclados como gasolina y diésel).

El biogás, debido a su composición química y otras cualidades, es un gran combustible para impulsar turbinas o motores de combustión interna, como se discutió en el capítulo anterior. El biogás se produce mediante la perforación de pozos verticales en vertederos gestionados como primer paso en la generación de electricidad. Una red de tuberías sobre el suelo (Figura 14) dirige el biogás a una estación donde se eliminan la humedad y otras sustancias no deseadas como el H<sub>2</sub>S. Cuando este compuesto reacciona con el agua, se convierte en ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), que es altamente corrosivo y puede causar daños graves a los sistemas mecánicos de los motores de combustión interna (ICE). Esto se hace mediante un sistema de tratamiento de gas que utiliza cal viva, limaduras de hierro o un tipo de tierra rica en hierro (llamada stophematita o limonita). Todo esto se hace para purificar el biogás y quemarlo de manera limpia y eficiente, mientras cuidamos nuestro sistema de generación de electricidad. (Pérez, 2006).

**Figura 12: Uso de Energía del Biogás**



**Fuente:** (Gonzales, 1997)

Las diferentes instalaciones de la planta se alimentan con biogás producido in situ.

La siguiente tabla detalla algunas aplicaciones alternativas para el biogás.

**Tabla 10:** <sup>6</sup> Uso Potencial del Biogás

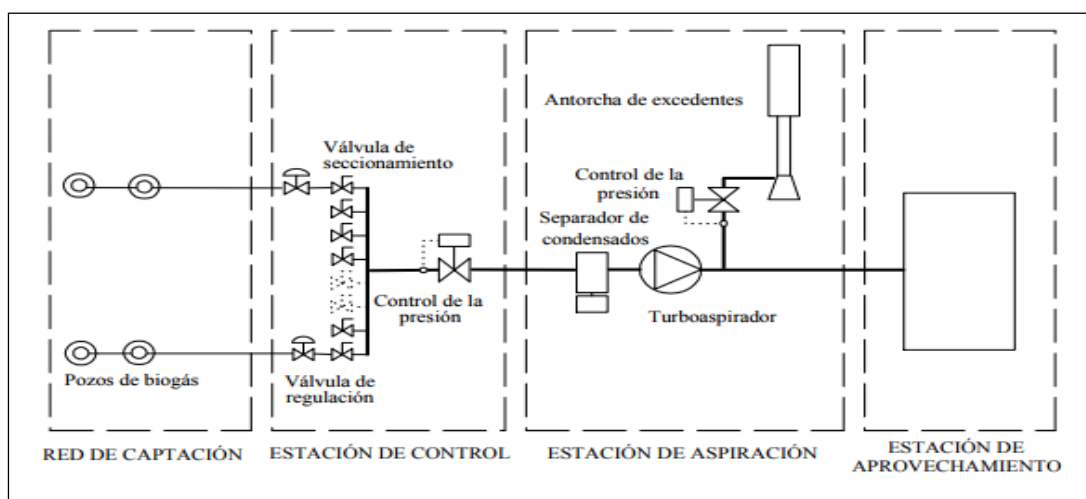
Alternativa	Aplicación
Generación Eléctrica	líneas de distribución MT, BT
Combustión Directa	Cocinas, Iluminación, etc
Calderas/hornos	Para usos Especiales
Refrigeración	Enfriamiento

**Fuente:** (Elaboración Propia)

### <sup>1</sup> 3.7.2. Proceso De Desgasificación Del Biogás

Se debe tener mucho cuidado al manipular el biogás en vertederos controlados, y se debe regular y controlar la recolección para evitar situaciones peligrosas durante el uso y la recolección. El uso de biogás requiere recolección y entrega en las condiciones de presión, temperatura, composición y humedad necesarias para su uso en diversas plantas, motores y generadores. (González, 1997)

**Figura 13:** Recuperación del Biogás



**Fuente:** (Gonzales, 1997)

Para evitar que entre aire en el tanque mientras se recolecta la mayor cantidad posible de biogás, necesitará un sistema que consiste en pozos de recolección de biogás,

perforaciones hechas con sondas calibradas, tubería de polietileno perforada y materiales impermeabilizantes (González, 1997)

El diseño y operación de los pozos de recolección depende del radio, sello circundante y profundidad debido a la depresión de cada pozo, lo cual depende de las características de la altura de los relaves acumulados en el punto de perforación y de la masa a perforar. Se requieren tuberías de polietileno de alta densidad con paredes ciegas para transportar el biogás recolectado.

El grosor de estas tuberías normalmente impide que se utilicen para mejorar la seguridad de la instalación. A pesar de que el biogás se transporta o entrega en milibares, este tipo de instalación a menudo emplea tuberías PN6 (presión operativa de 6 bar).

Debido a que el biogás debe recolectarse en cada muestra de gas de la línea A, y debido a que las características de este gas deben analizarse y, potencialmente, aspirarse en cada línea, es imperativo que cada pozo esté conectado a una línea separada y que cada línea sea conectada a dos pozos.

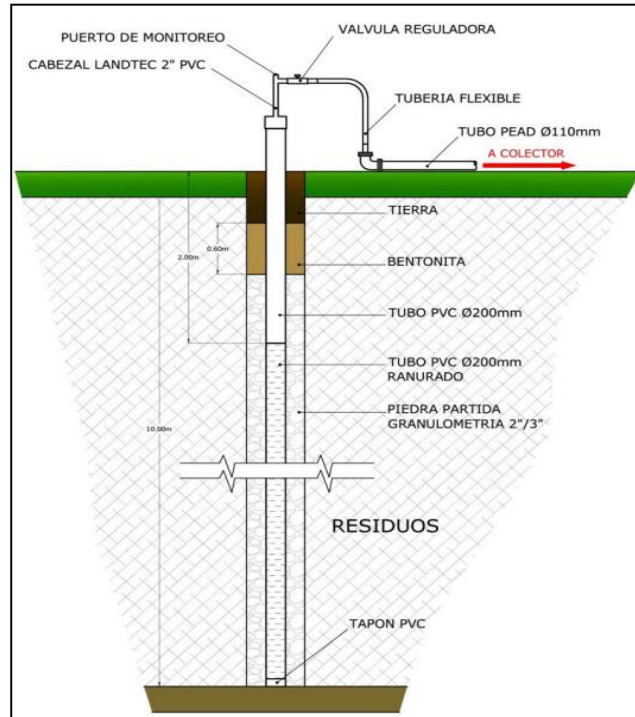
El final de esta conexión se encuentra frente a la entrada de la estación de acondicionamiento y medición. La función de la estación de control de recolección de biogás es la siguiente:

- Cuando la concentración de metano-CH<sub>4</sub> en el biogás recolectado en el pozo es menor que la concentración requerida, la válvula de control correspondiente se cierra parcialmente para reducir la depresión del pozo y reducir la caudal del biogás



capturado. Si el biogás recogido contiene un porcentaje superior al deseado, se incrementa la recogida del pozo.

**Figura 14:** Pozo de extracción de Biogas



**Fuente:** (López, 2010)

En la estación de acondicionamiento se muestrea y mide el biogás recolectado, a partir del cual se analiza la concentración de oxígeno en el gas para detectar posibles fugas de aire en sellos o líneas.

La estación de acondicionamiento está conectada a la estación de extracción, donde los ventiladores están dispuestos para recorrer toda la red de recolección de biogás, que a su vez lo dirige a la unidad motogeneradora.

Evite cambios repentinos en el sistema de flujo de aire descargado al generador y asegure la combustión adecuada del biogás capturado; usar dos sistemas al mismo tiempo:

1. **Un gasómetro**, No solo actúa como amortiguador entre los picos de producción y consumo, sino que también almacena el biogás.

2. **Una antorcha**, que quema el biogás recolectado en exceso de lo que puede usarse en los generadores o almacenarse en el tanque de gas en ese momento.

Es importante que el quemador sea flexible en el caudal permitido y permita operar a caudales muy bajos, ya que tiene que trabajar más rápido que el tanque de gas, actuando como amortiguador del flujo de gas. Si la corriente de la antorcha se extiende durante un período de tiempo, el sistema debe reducir la corriente recolectada del vertedero para que parte de ella pueda usarse como tanque de almacenamiento de gas.

Una vez que el biogás se recolecta y extrae de manera controlada, se utiliza como combustible para los grupos electrógenos del motor que se utilizan para producir electricidad. (Pérez, 2006).

### **3.8. EQUIPOS**

Los siguientes artículos se pueden encontrar en las instalaciones de un generador de biogás a electricidad.

#### **3.8.1. Red de captación de biogás**

Responsable de la recolección y entrega de biogás a las estaciones de acondicionamiento y medición que consisten en pozos de recolección y administradores de pozos de recolección.

**1.-Estación de Control:** El biogás se puede recolectar de esta instalación, que consta de las siguientes partes, controlando la cantidad de presión aplicada a cada línea.

- **1** Equipos de control y medida.
- Equipos Mecánicos.
- Equipos auxiliares.

**2.-Central de Extracción y/o Aspiración:** Se cuentan con varios componentes en esta instalación:

- **Colector General:** La conducción se encarga de entregar el biogás desde la instalación de extracción hasta las instalaciones de consumo. Esta compone una tubería de gas.
- **Central de Extracción:** Su trabajo es rebajar los factores antes mencionados y canalizar el biogás a la zona de recuperación. Compuesto por partes electromecánicas, opera a través de una serie de impulsos eléctricos.
- **Central de Control:** Consta de un Control y Potencia y un Centro de Análisis, y procesa las distintas muestras en un orden predeterminado para poder interpretar los resultados.
- **Antorcha:** Para la combustión del excedente de biogás que no se consume en los motores, generadores.

**3.-Estación de Aprovechamiento:** Aquí tenemos la maquinaria para convertir el biogás en electricidad.

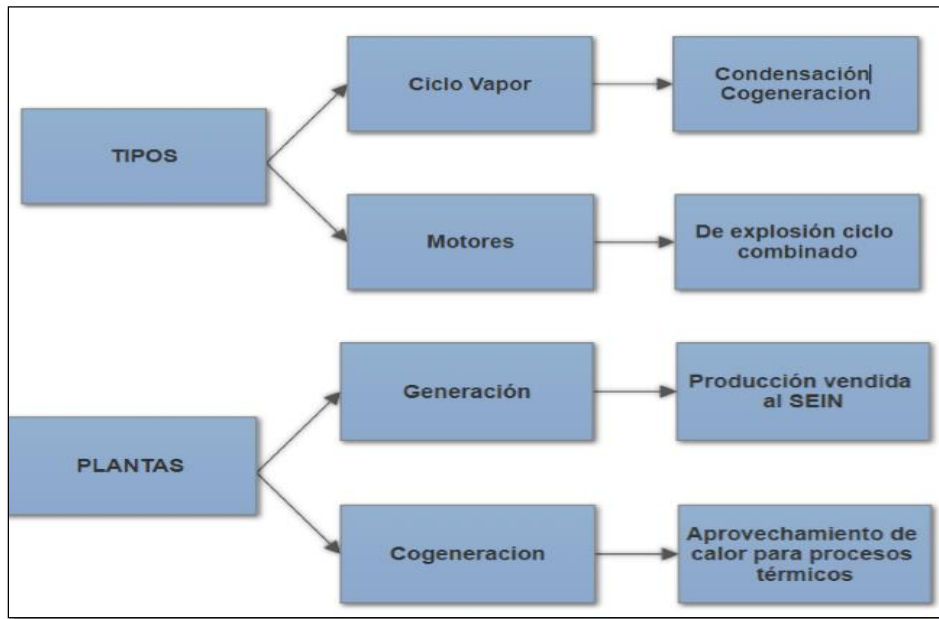
### **3.8.2. Métodos de producción de electricidad a partir del biogás.**

Hay dos formas principales en que la biomasa se puede convertir en electricidad:

La biomasa quemada da como resultado un vapor (vapor), que luego se puede usar para hacer girar turbinas y generar energía mecánica.

La conversión de biomasa en combustible para MCI o diferentes turbinas de gas se puede lograr a través de procesos bioquímicos, biogás o termoquímicos (pirólisis, gasificación).

**Figura 15:** Esquema de Generación eléctrica usando Biomasa



Elaboración Propia

La producción de electricidad se puede realizar en instalaciones especialmente diseñadas, como plantas de energía nuclear o de carbón, o en plantas de cogeneración que forman parte de industrias más grandes que consumen mucha energía.

### 3.9. FÓRMULAS USADAS EN EL CÁLCULO DE BIOGAS

Según (HIOBE 2005), usaremos las fórmulas del ejemplo práctico que sirve de guía técnica para la medición, Estimación y Calculo de las Emisiones al Aire.

A continuación, con la Ecuación 1, calculamos el biogás generado en el botadero

$$QCH_4 = Lo * R(e^{-k*c} - e^{-k*t}) \dots \dots \dots (Ec. 1)$$

En donde:

**R** = Media anual de RSU en Toneladas/año

**Lo** = Potencial de generación de Metano en (m<sup>3</sup>/Toneladas de RSU vertidos).

**C** = Tiempo desde la clausura del botadero en años

**K** = Ratio de generación de Metano (1/año)

**T** = Tiempo desde la primera deposición de basura en años

### Ahora Calculamos de Lo:

Para la aproximación del potencial de generación de CH<sub>4</sub> usaremos la siguiente ecuación.

$$Lo = DOC * DOCf * \frac{16}{12} * F * MCF \dots \dots \dots (Ec. 2)$$

En donde:

**DOC** = Fracción de carbono orgánico degradable en la basura, usaremos la siguiente ecuación

$$DOC = 0.4 * (\% \text{ papel y textiles}) + 0.17 \\ * (\% \text{ Orgánicos procedentes de jardines}) + 0.15 \\ * (\% \text{ Orgánicos de comida general}) + 0.38 \\ * (\% \text{ madera}) \dots \dots \dots (Ec. 3)$$

**DOCf** = porción de **DOC** que se convierte a gas, según la siguiente ecuación .

$$DOCf = 0.014 * T + 0.28 \dots \dots \dots (Ec. 4)$$

Donde:

- **F** = fracción de CH<sub>4</sub> en el gas gestionado, considerado como 0.5.
- **T** = la temperatura en la zona anaeróbica que se considera como 35°C.

**MCF** = cantidad de CH<sub>4</sub> en el biogás, teniéndose los siguientes valores:

- Para botaderos no gestionados de profundidad menor de 5m se considera con valor = 0.4
- Para vertederos gestionados se considera con valor = 1
- Para botaderos no gestionados y más profundos se considera el valor = 0.8

### Hallando *R*:

Para calcular la media anual de RSU vertida, usaremos la siguiente ecuación

$$R = \frac{\text{Capacidad del Vertedero}}{\# \text{ Años de funcionamiento}} \dots \dots \dots (Ec. 5)$$

### Cálculo de *K*:

“El ratio de generación de CH<sub>4</sub> depende de la humedad, pH, temperatura, entre otros factores medioambientales, así como de la operación del vertedero”.

Los valores k de la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA), ajustados a las condiciones climáticas locales, se utilizarán para determinar las emisiones de gas.

- 0.02<sup>8</sup> para áreas de tiempo seco (menos de 635 l de agua/m<sup>2</sup> al año)
- 0.04 para áreas de tiempo lluvioso (más de 635 l de agua/m<sup>2</sup> al año)

### Calculamos *C*:

- Se tiene que considerar el tiempo de clausura en años.

### Calculamos *T*:

Se deberá tomarse en años desde la primera deposición de los RSU.

### Estimación de CO<sub>2</sub>

Después de estimar<sup>1</sup> la emisión de CH<sub>4</sub>, la emisión de CO<sub>2</sub> se puede calcular teniendo en cuenta la composición química del biogás.

$$Q_{CO_2} = Q_{CH_4} * \frac{40}{55} \dots \dots \dots (EC. 7)$$

La siguiente fórmula se puede usar para estimar la tasa anual de pérdida de masa debido a las emisiones no controladas del compuesto "p" de un vertedero en kilogramos.

$$UMp = \frac{QP * MWp * 1atm}{(8.205 * 10^{-5} m^3 atm/gmol \text{ } ^\circ k) (1000g/kg)(273 + T^\circ K)} \dots \dots \dots (Ec. 8)$$

En donde:

- $UMp$  = emisión del contaminante p no controlado, kg/año
- $Qp$  = rato de emisión de p, m3/año.
- $MWp$  = peso molecular de p, g/mol.
- $T$  = temperatura del vertedero, °C (si se desconoce, se considera  $T = 25^\circ C$ )

# CAPÍTULO IV

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### CÁLCULO DE EMISIONES DE CH4 EN EL BOTADERO DE CHILLA – JULIACA.

Usando los datos obtenidos de PIGARS, SIGERSOL y las formulas ya mencionadas anteriormente de IHOBE calcularemos la producción de Biogás de Botadero, en los anexos de adjuntaran las tablas y datos usados en estos cálculos

Usando la Formula 1:

$$QCH_4 = Lo * R(e^{-k*c} - e^{-k*t}) \dots \dots \dots (Ec. 1)$$

$R = 44.994,73$  toneladas de basura / año

$K = 0,04$  (1/año) – Para climas lluviosos.

$C = 0$  años desde su clausura.

$T = 35$  años desde la primera deposicion de basura.

$MCF = 0,8$  (Para vertederos no gestionados)

Determinamos el potencial de generación del Metano.

$$Lo = DOC * DOCf * \frac{16}{12} * F * MCF \dots \dots \dots (Ec. 2)$$

Para realizar los cálculos usando esta fórmula tendremos que hallar cada uno de sus variables

$$DOC = 0.4 * (\% \text{ papel y textiles}) + 0.17 * (\% \text{Orgánicos procedentes de jardines}) + 0.15 * (\% \text{Orgánicos de comida general}) + 0.38 * (\% \text{madera}) \dots \dots \dots (Ec.3)$$



$$DOC = 0.4 * (5,94\%) + 0.17 * (2,35\%) + 0.15 * (52,84\%) + 0.38 * (30,1\%)$$

$$DOC = 0.221$$

Calculamos  $DOCf$  que es la porción de  $DOC$  que se vuelve en Gas

$$DOCf = 0.014 * T + 0.28 \dots \dots \dots (Ec. 4)$$

$$DOCf = 0.014 * 35^\circ + 0.28$$

$$DOCf = 0.77$$

Una vez encontrada todas las variables desarrollamos la ecuación 2:

Consideramos  $F = 0.5$  como la fracción de metano

$$Lo = DOC * DOCf * \frac{16}{12} * F * MCF \dots \dots \dots (Ec. 2)$$

$$Lo = 0.22 * 0.77 * \frac{16}{12} * 0.5 * 0.8$$

$$Lo = 0.090 \frac{tn \text{ Ch4}}{tn \text{ basura}}$$

Volvemos a la ecuación 1 para poder calcular el ratio de metano

$$UmCH_4 = Lo * R(e^{-k*c} - e^{-k*t}) \dots \dots \dots (Ec. 1)$$

$$UmCH_4 = 0.090 * 44.994,73(e^{-0.04*3} - e^{-0.04*35})$$

$$UmCH_4 = 3050.92 \frac{Ch4}{año}$$

Ahora calcularemos en la emisión de metano en  $m^3$ :

$$Q_{CH_4} = \frac{Um_{CH_4} * \left(8,205 * 10^{-5} m^3 \frac{atm}{g \cdot mol \cdot ^\circ K}\right) * \left(1000 \frac{g}{kg}\right) * (273 + T^\circ K)}{MW_{CH_4} * 1 atm}$$

$$Q_{CH_4} = \frac{3050.92 * \left(8,205 * 10^{-5} m^3 \frac{atm}{g \cdot mol \cdot ^\circ K}\right) * \left(1000 \frac{g}{kg}\right) * (273 + 25^\circ K)}{16.04 * 1}$$

$$Q_{CH_4} = 4650.73 \frac{m^3}{a\tilde{n}o}$$

• Una vez hallada la cantidad de metano podemos calcular las emisiones de  $CO_2$  producida por el botadero

$$Q_{CO_2} = Q_{CH_4} * \frac{40}{55} \dots \dots \dots (EC. 7)$$

$$Q_{CO_2} = 4650.73 * \frac{40}{55}$$

$$Q_{CO_2} = 3382.34$$

Calcularemos las emisiones no controladas de Monóxido de Carbono  $CO_2$

$$Um_{CO_2} = \frac{Q_{CO_2} * (MW_{CO_2} * 1 atm)}{\left(8,205 * 10^{-5} m^3 \frac{atm}{g \cdot mol \cdot ^\circ K}\right) * \left(1000 \frac{g}{kg}\right) * (273 + T^\circ K)}$$

$$Um_{CO_2} = \frac{3382.34 * (44.01 * 1)}{\left(8,205 * 10^{-5} m^3 \frac{atm}{g \cdot mol \cdot ^\circ K}\right) * \left(1000 \frac{g}{kg}\right) * (273 + 25^\circ K)}$$

$$Um_{CO_2} = 6088.00 \frac{kg}{a\tilde{n}o}$$

Las emisiones no controladas de metano ( $CH_4$ ) y Dióxido ( $CO_2$ ) de carbono son :

•  $(CH_4) = 4650.73 \frac{m^3}{a\tilde{n}o}$

•  $(CO_2) = 6088.00 \frac{m^3}{a\tilde{n}o}$

Según Naturgy(2022) cada  $m^3$  de gas equivale a 11,70Kwh

Por lo tanto, tendríamos:

- 54,413.54KWh generación de energía a partir del biogás
- 54.41MWh generación de energía a partir del biogás

#### 4.1. RESULTADOS

Las emisiones de metano ( $CH_4$ ) anuales producidas en el botadero de chilla son:

- $(CH_4) = 4650.73 \frac{m^3}{año}$

Las emisiones de monóxido de carbono ( $CO_2$ ) son:

- $(CO_2) = 6088.00 \frac{m^3}{año}$

La energía producida por esta cantidad de metano es

- 54,413.54KWh generación de energía a partir del biogás
- 54.41MWh generación de energía a partir del biogás

el presupuesto asignado para el recojo de RSU es de S/10,315.747 de los cuales se gasta solo el 44.33% del presupuesto asignado.

Realizamos una comparación de resultados con la tesis de <sup>9</sup> Jorge Paul Ortiz Núñez 2017 diseño de una central eléctrica de biomasa conectado a la red eléctrica puno, en el cerro de Cancharani - departamento de Puno tenemos los siguientes resultados.

**Tabla 11:** Comparación del total de biogás producido

Puno (Botadero Cancharani)		Juliaca (Botadero Chilla)	
Capacidad del Botadero	3,027.00	Capacidad del Botadero	796,961.69

R(tn/año)	252,250.00	R(tn/año)	44,994.73
QCH4	76,179m3/h	QCH4	53,090m3/h
QCO2	55,383m3/h	QCO2	69,497m3/h
Biogás Total	131,560m3/h	Biogás Total	122,58m3/h

**Fuente:** (Elaboración propia)

Los resultados obtenidos son contrastados como se muestra en la tabla 11 de donde podemos deducir que al tener un vertedero controlado se puede obtener mayor cantidad de Biogas que en uno no controlado a su vez se incrementa su la obtención de metano y que puede ser usado de muchas formas.

#### 4.2. DISCUSIÓN

Al realizar una comparación con la central térmica de RECKA que produce 191.2 megavatios(Mw) a 0.85kwh que se mencionó en la revisión de literatura dato obtenido del SEIN podemos deducir que instalando una central de Biogas en la ciudad de Juliaca se podría generar 54.41MWh a un costo menor que seria 0.47kwh.

Es un costo bastante reducido ya que la central térmica de RECKA funciona con gas natural y la que se instalaría seria de Biogas.

A lo largo de nuestro estudio se hizo evidente que sorprendentemente, existe poca literatura sobre el tema de la producción de biogás a partir de desechos sólidos. El cálculo del biogás generado por el relleno sanitario de Cancharani y su probable reubicación (Ortiz, 2017) encontró que la cantidad de biogás recibido fue de QCH4 = 76,179 m3/h, pero nuestro estudio encontró que la cantidad fue de QCH4 = 53,090m3/h.

Se llegó a un consenso de que la cantidad de biogás obtenida varía dependiendo de la capacidad de botadero o si es que se tiene un vertedero controlado.

## V. CONCLUSIONES

**Primero:** Para un proceso de biodigestión adecuado es necesario tener en cuenta que por cada kilogramo de residuo orgánico se agrega 3 litros de agua, a su vez deben ser reducidos por debajo de los 4cm para el proceso de almacenado es imprescindible instalar una válvula de alivio de presión y un sistema de medición vortex si es que la cubierta es de membrana para así evitar presiones por encima de los 3Mbar, finalmente para la extracción es necesario instalar un filtro para el ácido sulfhídrico ya que es un gas altamente corrosivo.

**Segundo:** Se determinó que el metano y el dióxido de carbono son los principales gases del efecto invernadero el volumen emitido a la atmósfera terrestre es de 10738 m<sup>3</sup>/año.

**Tercero:** a partir de la evaluación de la generación para este sistema se determinó que el costo de kWh es de 3.4 soles este monto es elevado comparado con los sistemas de generación de energía eléctrica convencional.

## VI. RECOMENDACIONES

**PRIMERO:** Para el cálculo del biogás se utilizó el botadero Chilla - Juliaca, que es un botadero no controlado. Se recomienda implementar un vertedero controlado, gestionado ya que es una necesidad ambiental, que además potencia la producción de biogás.

**SEGUNDO:** La URS de Juliaca se encuentra en una situación precaria ya que no hay dónde depositar los residuos. Sin embargo, esta posición precaria presenta una oportunidad para instalar una planta de energía de biogás, adquiriendo equipos que funciones con Biogas tales como la marca MOPESA que tienen plantas generadoras de una potencia nominal de 70kwh y cuyas ventajas potenciales son sustanciales.

- a) reducción de emisión de gases de efecto invernadero a la atmosfera terrestre
- b) Contaminación ambiental controlada.

**TERCERO:** Aprovechar los residuos de la biodigestión para usarlos como abonos gracias al compostaje, el compost puede ser usado y generar beneficios ambientales en los jardines de la ciudad de Juliaca.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Cruzado, J. M. (2019). Diseño de una planta de generación de energía eléctrica con recurso renovables – Bio Gás – para la empresa Oleaginosa del Perú S.A – Olpesa - 2018 [Tesis de Grado, Universidad Nacional Emilio Valdizán]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.13080/5422>
- Duque, J. L. (2017). Viabilidad en la producción de biomasa microalgal a partir de fotobioreactores solares en el Valle del Cauca, Colombia. *Revista de Investigacion Agraria y Ambiental*. Colombia. doi:<https://doi.org/10.22490/21456453.2039>
- Fernández, A. M. (2022). Diseño de una planta de biogas [Tesis de Pregrado, Universidad Europea]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12880/2071>
- González, U. (2022). Estudio de viabilidad para la implantación de una planta de biogás en Cantabria [ Tesis de Pregrado, Universidad de Cantabria]. Repositorio Universitario. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10902/24058>
- Guagalango, J. A. (2021). Evaluar el potencial energético de los residuos orgánicos municipales del Cantón Urcuquí para escalamiento de una planta de biogás. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Institucional, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11104>
- Gutierrez, F. D. (2015). Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energética [Universidad Politecnica de Madrid]. Obtenido de [https://books.google.com.pe/books?id=k9ISCgAAQBAJ&dq=biomasa&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=k9ISCgAAQBAJ&dq=biomasa&hl=es&source=gbs_navlinks_s)

- IHOBE. (2005). Guia Técnica para la Medición, Estimación y calculo de las Emisiones de Aire. Gobierno Vasco . Obtenido de <https://www.ihobe.eus/inicio>
- Imán, I. A. (2021). Potencial energético de la biomasa residual pecuaria en el Campus de la UNALM [*Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria de la Molina*]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4692>
- Moreno, M. T. (2011). Manual de Biogas . Obtenido de <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>
- Obremo, S. (2017). *Que realmente es la Biomasa*. Obtenido de <https://www.obremo.es/biomasa/>
- Ojeda, L. (2018). Análisis y alternativas de solución para la producción de biogás con residuos sólidos de la laguna de Oxidación Espinar – Puno, periodo 2018 [*Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano*]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/12672>
- Ortiz, J. P. (2017). Diseño de una central eléctrica de biomasa conectado a la red eléctrica Puno, en el cerro de Cancharani - departamento de Puno [*Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano* ]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/5777>
- Osinergmin. (2017). Energías Renovables , Experiencias y perspectivas en las rutas del Perú hacia la transición energetica. Obtenido de [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos).
- Pacco, C. O. (2021). Propuesta de diseño de una planta de biodigestión para el aprovechamiento energético de residuos orgánicos del relleno sanitario de Chilla



- Juliaca <sup>12</sup> [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/16729>

Pirenaica, B. (2018). Ciclo de la Biomasa. Obtenido de <https://biomassenergetic.com/es/asi-es-el-ciclo-de-la-biomasa/>

Puerta, J. (2019). Estudio de la viabilidad energética y financiera de una compañía productora de energía con biomasa [Grado de Maestría, Comillas Universidad Pontificia]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11531/36878>

SANTANDER. (2022). Que es la Biomasa y como se obtiene Energia [Santander Universidades]. Obtenido de <https://www.becas-santander.com/es/blog/biomasa.html>

Serrato, C. C. (2016). Metodología para el Cálculo de Energía Extraída a Partir de Biomasa en el Departamento de Cundinamarca [Tesis de Pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11349/3687>

SIGERSOL. (2019). Consulta de Datos Sigersol Municipal 2008-2018. Obtenido de <https://sigersolreporte.minam.gob.pe/sigersolreporte/>

Tineo, J. D. (2020). Estudio de factibilidad de una central térmica que aproveche la biomasa residual de Chiclayo [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8198>

- Zapana, R. V. (2021). Prototipo de un biodigestor anaeróbico para la producción de biogás a partir de los residuos sólidos y orgánicos, en el Centro Poblado de Chilla - Juliaca 2019 [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/16398>
- Huamani, C., Tudela, J. W., & Huaman , A. (2020). Gestión de residuos sólidos de la ciudad de Juliaca - Puno -Perú. *Journal of High Andean Research*, 22(1), 49–56. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.541>
- Röder, M., & Welfle, A. (2019). 12 - Bioenergy (T. M. B. T.-M. G. W. Letcher (Ed.); pp. 379–398). *Academic Press*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814104-5.00012-0>
- Fardin, J. F., de Barros, O., & Dias, A. P. F. (2018). 1 - Biomass: Some Basics and Biogas (I. B. T.-A. in R. E. and P. T. Yahyaoui (Ed.); pp. 1–37). *Elsevier*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813185-5.00001-2>
- Escalante, H, et al. Generalidades en: ORDUZ PRADA, Janneth et al. *Atlas de potencial energético de la biomasa residual en Colombia, Bogotá D.C: UPME, 2011. Pp. 27-35.*

## ANEXOS

### Anexo A:

Composición de los residuos Sólidos de la ciudad de Juliaca

**Tabla A.1** Composición de RSU

Composición de residuos sólidos domiciliarios	
<b>Residuos Orgánicos</b>	<b>Porcentaje de los residuos sólidos</b>
Residuos de alimentos	52,84 %
Residuos de maleza, poda y madera	1,11 %
Otros residuos orgánicos	1,24 %
<b>Papel</b>	<b>Porcentaje de los residuos sólidos</b>
Blanco	1,81 %
Periódico	0,71 %
Mixto	0,08 %
<b>Cartón</b>	<b>Porcentaje de los residuos sólidos</b>
Blanco (liso y cartulina)	1,41 %
Marrón (Corrugado)	1,46 %
Mixto	0,47 %
<b>Vidrio</b>	<b>Porcentaje de los residuos sólidos</b>
Transparente	1,80 %
Otros colores (marrón - ámbar, verde, azul, entre otros)	0,63 %
Otros (vidrio de ventana)	0,08 %
<b>Plástico</b>	<b>Porcentaje de los residuos sólidos</b>

**Fuente:**(SIGERSOL, 2019)

**Anexo B:**

**Tabla A.2** Origen de Residuos Solidos

Origen de residuos no domiciliarios	Cantidad (Kg/dia)
Instituciones Educativas	5145.96
Restaurantes	6853.56
Barrido	7481.38
Establecimientos comerciales	1470.65
Instituciones públicas y privadas	220
Mercados	13071.31
Hoteles	535.65

**Fuente:**(SIGERSOL, 2019)

**Tabla 12:** Vehículos dedicados al recojo de Residuos

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN - JULIACA				
Año: 2019				
Placa	Recorrido anual (Km)	Tipo de vehículo	Año fabricación	Capacidad
EGZ798	83950	Camiones compactadores	2015	6
EGZ799	83950	Camiones compactadores	2015	6
EGZ820	10950	Camiones barandas	2015	4
EGZ821	83950	Camiones compactadores	2015	6
EGZ830	83950	Camiones compactadores	2015	6
EGZ834	83950	Camiones compactadores	2015	6
EGZ988	83950	Camiones compactadores	2015	6
Datos del vehículo				
Placa	Recorrido anual (Km)	Tipo de vehículo	Año fabricación	Capacidad
EAA115	83950	Camiones compactadores	2015	6
EGZ747	10950	Camiones barandas	2015	4
EGZ762	83950	Camiones compactadores	2015	6
EGZ769	83950	Camiones compactadores	2015	6
EGZ791	10950	Camiones barandas	2015	4

**Fuente:**(SIGERSOL, 2019)

**ANEXO C:**

**Tabla 13: Presupuesto Asignado a RSU**

OBJETIVOS Y METAS							
MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS PLAN "SOL"							
OBJETIVOS ESTRATEGICOS	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	LINEA DE BASE	METAS			
				2019	2020	2021	2022
1. Adecuada gestión de residuos sólidos (RRSS)	Disminución de RRSS (expuestos)	Ton.	20 Ton./día	-	7 Ton./día	7 Ton./día	7 Ton./día
2. Optima disposición de residuos solidos	Adecuado manejo de RRSS	Ton.	210 Ton./día	-	290 Ton (80 ton. corresp. a san miguel)	299 Ton.	308 Ton.
3. Buen aprovechamiento de RRSS	Realiza una buena clasificación de RRSS	Ton.	10 Ton. /día (Materia orgánica)	-	20 Ton.	20 Ton.	20 Ton.
4. Lograr la participación de la sociedad civil en segregación (actitud)	Número de personas participantes	Personas	100 % población urbana	-	5	10	15
5. Promover una educación y una cultura ambiental en la población	Instituciones educativas	Numero I.E.	33 I.E.	-	20	13	-
6. Mejorar las condiciones de gestión de RRSS municipales	Recursos financieros	Presupuesto	4'107,328	-	10'315,747	4'372,262	10'168,268

Fuente: Propia (Talleres con cada una de las Gerencias de la MPSR)

**Fuente:(PLAN SOL ,2020)**

**ANEXO D:**

**Fig. A.1** Pozos de extracción de Biogas



Fotografía Propia



## ANEXO E:

Fig. A.2 Generador Eléctrico de Biogas.





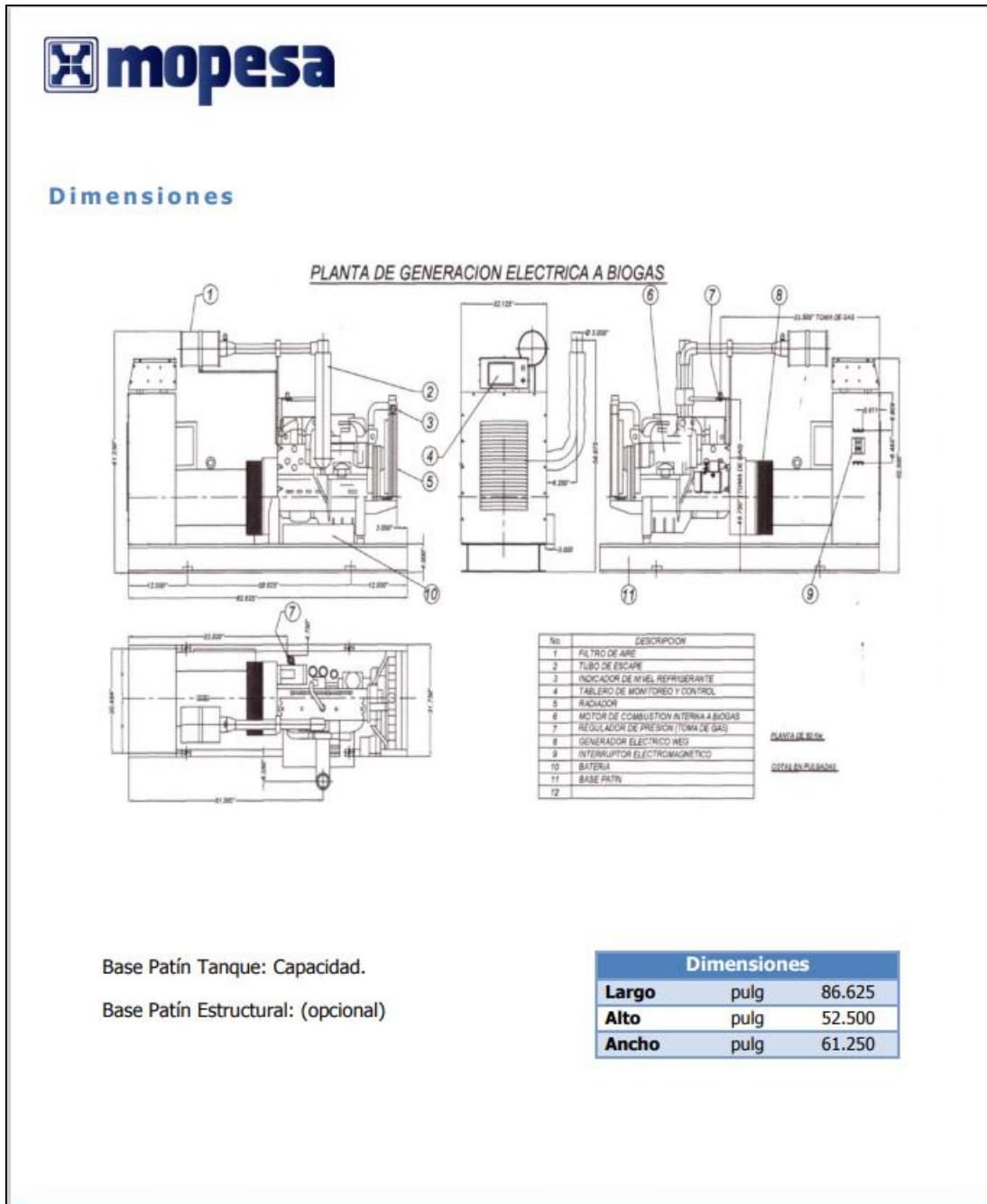


### Especificaciones del Motor

<b>Potencia Motor Nominal @ 1800 r.p.m</b>	67 B.H.P
<b>Potencia Motor Continua @ 1800 r.p.m</b>	54 B.H.P
<b>Modelo</b>	TWG60
<b>Tipo de Motor</b>	6.372
<b>R.P.M.</b>	1800 RMP
<b>Combustible</b>	Biogás
<b>Tipo de encendido</b>	Electrónico
<b>Tipo de Aspiración</b>	Natural
<b>Número de Cilindros</b>	6
<b>Diámetro</b>	(3.975 pulg) 100.96mm
<b>Carrera</b>	5 Pulg (127 mm)
<b>Cilindrada</b>	6.1 L
<b>Sistema de enfriamiento</b>	50% Agua y 50% anticongelante
<b>Especificaciones del Aceite del Motor</b>	SAE 20W-50 Norma MIL- 2104D CD Serie 3
<b>Relación de Compresión</b>	12.5:1
<b>Consumo Combustible a plena carga (100%)</b>	33m <sup>3</sup> /hr
<b>Cantidad de Liquido Refrigerante</b>	28 L
<b>Gobernación</b>	Electrónica
<b>Filtro de Aire</b>	Tipo seco
<b>Diámetro interior de la salida de escape</b>	3 pulg.
<b>Cantidad de Aceite Incluyendo Filtros</b>	14.1 L
<b>Batería recomendada</b>	12 V LTH 827C

ANEXO F:

Fig. A.3 Dimensiones del Generador Eléctrico de Biogas





## ● 9% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	<b>repositorio.unap.edu.pe</b> Internet	4%
2	<b>1library.co</b> Internet	<1%
3	<b>repository.udistrital.edu.co</b> Internet	<1%
4	<b>docplayer.es</b> Internet	<1%
5	<b>dspace.esPOCH.edu.ec</b> Internet	<1%
6	<b>biblioteca.usac.edu.gt</b> Internet	<1%
7	<b>repositorio.utn.edu.ec</b> Internet	<1%
8	<b>repositorio.usac.edu.gt</b> Internet	<1%

9	<b>hdl.handle.net</b>	Internet	<1%
10	<b>ri.ues.edu.sv</b>	Internet	<1%
11	<b>revistas.upeu.edu.pe</b>	Internet	<1%
12	<b>Universidad Católica San Pablo on 2022-12-03</b>	Submitted works	<1%
13	<b>obremo.es</b>	Internet	<1%
14	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2016-11-26</b>	Submitted works	<1%
15	<b>repositorio.ulasamericas.edu.pe</b>	Internet	<1%
16	<b>dspace.uce.edu.ec</b>	Internet	<1%
17	<b>Universidad de León on 2017-11-28</b>	Submitted works	<1%
18	<b>scribd.com</b>	Internet	<1%
19	<b>doaj.org</b>	Internet	<1%
20	<b>unap on 2022-06-15</b>	Submitted works	<1%

21	<b>alicia.concytec.gob.pe</b>	Internet	<1%
22	<b>ambiente.org.do</b>	Internet	<1%
23	<b>coursehero.com</b>	Internet	<1%
24	<b>revistascca.unam.mx</b>	Internet	<1%
25	<b>slideshare.net</b>	Internet	<1%
26	<b>es.slideshare.net</b>	Internet	<1%
27	<b>oa.upm.es</b>	Internet	<1%
28	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b>	Internet	<1%
29	<b>repositorio.unprg.edu.pe</b>	Internet	<1%
30	<b>titula.universidadeuropea.es</b>	Internet	<1%
31	<b>engormix.com</b>	Internet	<1%

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)

---

BLOQUES DE TEXTO EXCLUIDOS

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ...**

unap on 2022-05-04

---

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO MECÁNICO ELECTRICIST...**

repositorio.unap.edu.pe