UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

III Programa de Elaboración de Tesis

TESIS

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

“Estudio para generar electricidad mediante los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Pomalca - Chiclayo - Lambayeque”

Autor:

Medina Monje Bryan Brando

Asesor:

M. Sc. Ing. Villalobos Cabrera Jony

LAMBAYEQUE – PERÚ
2022

UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

III Programa de Elaboración de Tesis

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

“Estudio para generar electricidad mediante los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Pomalca - Chiclayo - Lambayeque”

Autor:

Medina Monje Bryan Brando

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE	**:**	**Dr. Aguinaga Paz Amado**
SECRETARIO	**:**	**Dr. Carranza Montenegro Daniel**
MIEMBRO	**:**	**M.Sc. Gutiérrez Atoche Egberto Serafin**
ASESOR	**:**	**M.Sc. Villalobos Cabrera Jony**

LAMBAYEQUE – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

III Programa de Elaboración de Tesis

TESIS

TITULO

“Estudio para generar electricidad mediante los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Pomalca - Chiclayo - Lambayeque”

CONTENIDO:

CAPITULO I : PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

CAPITULO II : MARCO TEÓRICO

CAPITULO III : MARCO METODOLÓGICO

CAPITULO IV : ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

CAPITULO V : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

AUTOR: **MEDINA MONJE BRYAN BRANDO**

Dr. Aguinaga Paz Amado
Presidente

Dr. Carranza Montenegro Daniel
Secretario

M.Sc. Gutiérrez Atoche Egberto Serafin
Miembro

M.Sc. Villalobos Cabrera Jony
Asesor

LAMBAYEQUE – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Este estudio va dedicado a Dios, por brindarme la fuerza, temple y paciencia necesaria para poder cumplir mis objetivos propuestos en la vida, a mis padres Segundo Francisco Medina Guevara y Doris Monje Rentería, por siempre estar a mi lado, siendo mis ejemplos de superación y perseverancia.

A mis hermanos Miluska Saraí y Abel Joseph Medina Monje, por sus consejos y estar siempre presentes en las buenas y en las malas.

A cada una de las personas que compartí y seguiré compartiendo hermosos momentos de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por permitirme lograr esta meta tan importante en mi vida, por darme fuerzas, salud, por bendecirme todos los días, por iluminar mi vida personal, familiar y profesional.

A mis padres, por ser un sostén y por su total respaldo, por saber guiarme en el camino correcto y demostrarme cada momento lo mucho que me aman.

A la gloriosa Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, que me abrió sus puertas en mi etapa de formación académica y a nuestros maestros de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, que me inculcaron sus enseñanzas para instruirme como futuro profesional.

A mi asesor de tesis M.Sc. Ing. Villalobos Cabrera Jony, por aceptar acompañarme y orientarme en este proyecto, por sus consejos, por brindarme su tiempo, sus conocimientos, por su paciencia y por orientarme durante la larga elaboración del proyecto de tesis.

Gracias a Dios y a cada uno de ustedes.

RESUMEN

Debido a la situación problemática que se vive en la Ciudad de Pomalca, por el crecimiento de la cantidad de Residuos Sólidos Urbanos, lo cual origina un entorno de contaminación dañino para la comunidad y para nuestra naturaleza, se ha realizado el presente trabajo de investigación: ESTUDIO PARA GENERAR ELECTRICIDAD MEDIANTE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA CIUDAD DE POMALCA – CHICLAYO – LAMBAYEQUE, cuyo objetivo es plantear una alternativa eficiente con un aprovechamiento adecuado de los Residuos Sólidos Urbanos, que son desechados a un botadero a cielo abierto.

Para lograr el objetivo, se ha determinado la cantidad y la caracterización de Residuos Sólidos Urbanos de la Cuidad de Pomalca; lo cual obtenemos **Residuos Aprovechables** en **77,51% (**del cual el porcentaje de residuos Orgánicos es de **58,01%**; constituyéndose en restos de alimentos del 45,13%, residuos de maleza y poda del 3,99% además otros orgánicos del 8,88% y el porcentaje de residuos Inorgánicos es de **19,50%**, constituyéndose en papel del 3,26%, cartón del 3,95%, vidrio del 4,34%, plástico del 6,24%, metales del 1,71%) y los **Residuos no Reaprovechables** constituye el **22,49%** que abarca las bolsas plásticas de un solo uso, residuos sanitarios, pilas, tecnopor, residuos inertes, restos de medicamentos, envolturas**;** además de determinar las tecnologías para aprovechar los Residuos, y el aprovechamiento de estos residuos se puede dar a través de la incineración, en un sistema de cogeneración, ya que provee mayor eficiencia energética para generar electricidad, como resultado en el año 2020 con una generación anual de 3 781,30 T/año con rendimiento de sistema al 50%, 60% y 80% respectivamente (12 046,376 kWh/año, 14 455,651 kWh/año, 19 274,201 kWh/año) y para el año 2021 con una generación annual de 3 852,69 T/año con rendimiento de sistema al 50%,

60% y 80% respectivamente (12 273,808 kWh/año, 14 728,570 kWh/año, 19 638,093 kWh/año) y finalmente realizaremos con una comparación de la electricidad producida por los Residuos Sólidos Urbanos con las necesidades energéticas de la Ciudad de Pomalca.

PALABRAS CLAVES: Residuos Sólidos Urbanos, generación de electricidad, energía renovable.

ABSTRAC

Due to the problematic situation that exists in the City of Pomalca, due to the increasing amount of Urban Solid Waste, which causes an environment of contamination that is harmful to the community and to our nature, the present research work: STUDY TO GENERATE ELECTRICITY THROUGH SOLID URBAN WASTE FROM THE CITY OF POMALCA - CHICLAYO - LAMBAYEQUE, whose objective is to propose an efficient alternative with an adequate use of Solid Urban Waste, which is disposed of in an open dump.

To achieve the objective, the quantity and characterization of Urban Solid Waste in the City of Pomalca has been determined; which we obtain **Usable Residues** in **77.51%** (of which the percentage of Organic waste is **58.01**%, constituting food remains of 45.13%, weed and pruning residues of 3.99%, in addition to other organics of the 8.88% and the percentage of inorganic waste is **19.50%**, consisting of paper 3.26%, cardboard 3.95%, glass 4.34%, plastic 6.24%, metals 1 .71%) and **Non-Reusable Waste** constitutes **22.49%**, which includes the single-use plastic bags, sanitary waste, batteries, Styrofoam, inert waste, medication remains, wrappers); In addition to determining the technologies to take advantage of the Residues, and the use of these residues can be given through incineration, in a cogeneration system, since it provides greater energy efficiency to generate electricity, as a result in the year 2020 with an annual generation of 3 781,30 T/year with system performance at 50%, 60% and 80% respectively (12 046,376 kWh/year, 14 455,651 kWh/year, 19 274,201 kWh/year) and for the year 2021 with an annual generation of 3 852,69 T/year with system performance at 50%, 60% and 80% respectively (12 273,808 kWh/year, 14 728,570 kWh/year, 19 638,093 kWh/year) and finally

we will make a comparison of the electricity produced by Urban Solid Waste with the energy needs of the City of Pomalca.

KEY WORDS: Urban Solid Waste, electricity generation, renovable energy.

ÍNDICE

CONTENIDO

DEDICATORIA 4
AGRADECIMIENTOS 5
RESUMEN 6
ABSTRAC 8
ÍNDICE 10
INTRODUCCIÓN 15
CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN 18
1.1. Realidad Problemática **18**
1.1.1. Contexto Internacional 18
1.1.2. Contexto Nacional 19
1.1.3. Contexto Local 19
1.2. Formulación del Problema **20**
1.3. Delimitación de la Investigación **20**
1.3.1. Delimitación Espacial 20
1.3.2. Delimitación Temporal 21
1.4. Justificación e Importancia de la Investigación **21**
1.4.1. Justificación Ambiental 21
1.4.2. Justificación Social 22
1.4.3. Justificación Científica 22
1.5. Limitaciones de la Investigación **22**
1.6. Objetivos de la Investigación **23**
1.6.1. Objetivo General 23
1.6.2. Objetivos Específicos 23
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO 24
2.1. Antecedentes de Estudios **24**
2.1.1. A Nivel Internacional 25
2.1.2. A Nivel Nacional 26
2.1.3. A Nivel Local 28
2.2. Desarrollo de la Temática Correspondiente al Tema Investigado **29**

2.2.1. Introducción a las Energías Renovables 29
2.2.2. Energía a Partir de la Biomasa 31
2.2.3. Tipos de Biomasa 31
2.2.4. Usos de la Biomasa 32
2.2.5. Tecnologías de Conversión de Biomasa en Calor o Electricidad 33
2.2.6. Residuos Sólidos Urbanos 35
2.2.7. Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos 40
2.2.8. Aspectos Energéticos de los Tratamientos de los R.S.U 41
2.2.9. Tecnologías de Conversión Termoquímica de los RSU 43
2.2.10. Potencial Energético de los Residuos Sólidos Urbanos 51
2.2.11. Central Termoeléctrica de Biomasa 53
2.2.12. Generación de Energía por Biogás 54
2.2.13. Consideraciones Técnicas 57
2.2.14. Determinación de los Gases del Biogás. 60
2.3. Definición Conceptual de la Terminología Empleada **66**
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO 68
3.1. Tipo y Diseño de Investigación **68**
3.2. Población y Muestra **68**
3.2.1. Población 68
3.2.2. Muestra 68
3.3. Hipótesis **68**
3.4. Variables – Operacionalización **69**
3.5. Métodos y Técnicas de Investigación **70**
3.5.1. Métodos 70
3.5.2. Técnicas 71
3.6. Descripción de los Instrumentos Utilizados **72**
3.7. Análisis Estadístico e Interpretación de Datos **72**
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS 74
4.1. Determinación de la Cantidad y la Caracterización de los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Pomalca **74**
4.2. Determinar las tecnologías para aprovechar los Residuos Sólidos Urbanos y generar electricidad **77**

4.3. Comparar la electricidad producida por los Residuos Sólidos Urbanos con las necesidades energéticas de la Ciudad de Pomalca. 90

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 92

5.1. Conclusiones 92

5.2. Recomendaciones 93

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 94

ANEXOS 100

ANEXO 1: OBSERVACIÓN BOTADERO MUNICIPAL - POMALCA 100

ANEXO 2: ENTREVISTA - CUESTIONARIO 103

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. TIPIFICACIÓN DE LOS RSU 36
TABLA 2. CATEGORIZACIÓN TENIENDO EN CUENTA SU ORIGEN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS 37
TABLA 3. PODERES CALORÍFICOS DE LOS PRINCIPALES RESIDUOS 51
TABLA 4. ESTIMACIÓN DE PROYECCIÓN DE POBLACIÓN Y GENERACIÓN DE RESIDUOS 58
TABLA 5. COMPOSICIÓN GENERAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE POMALCA 59
TABLA 6. ESTIMACIÓN DE VALORES DE LO Y K 62
TABLA 7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 69
TABLA 8. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS EMPLEADOS 72
TABLA 9. PROYECCIÓN DE POBLACIÓN 74
TABLA 10. PROYECCIÓN DE GENERACIÓN 75
TABLA 11. COMPOSICIÓN GENERAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS 76
TABLA 12. POTENCIA Y ENERGÍA DE ACUERDO A DATOS PROPORCIONADOS POR ENSA 90
TABLA 13. COMPARACIÓN DE POTENCIA Y ELECTRICIDAD CON LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS DE POMALCA 91

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. EMISIONES DE CO2 POR DIFERENTES TIPOS DE COMBUSTIBLES 16
FIGURA 2. UBICACIÓN DEL PROYECTO..... 21
FIGURA 3. ANTORCHA QUEMADORA DE BIOGÁS PARA GENERAR DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DE LA BASURA..... 28
FIGURA 4. ESQUEMA DE UNA PLANTA DE INCINERACIÓN CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA. 44
FIGURA 5. ELEMENTOS DE UNA PLANTA DE INCINERACIÓN DE RSU..... 46
FIGURA 6. CENTRAL TERMOELÉCTRICA DE BIOMASA..... 53
FIGURA 7. PROCESO DE REESTRUCTURACIÓN EN UN VERTEDERO..... 77
FIGURA 8. FUNCIONAMIENTO DE UN VERTEDERO PARA PRODUCIR ELECTRICIDAD 78

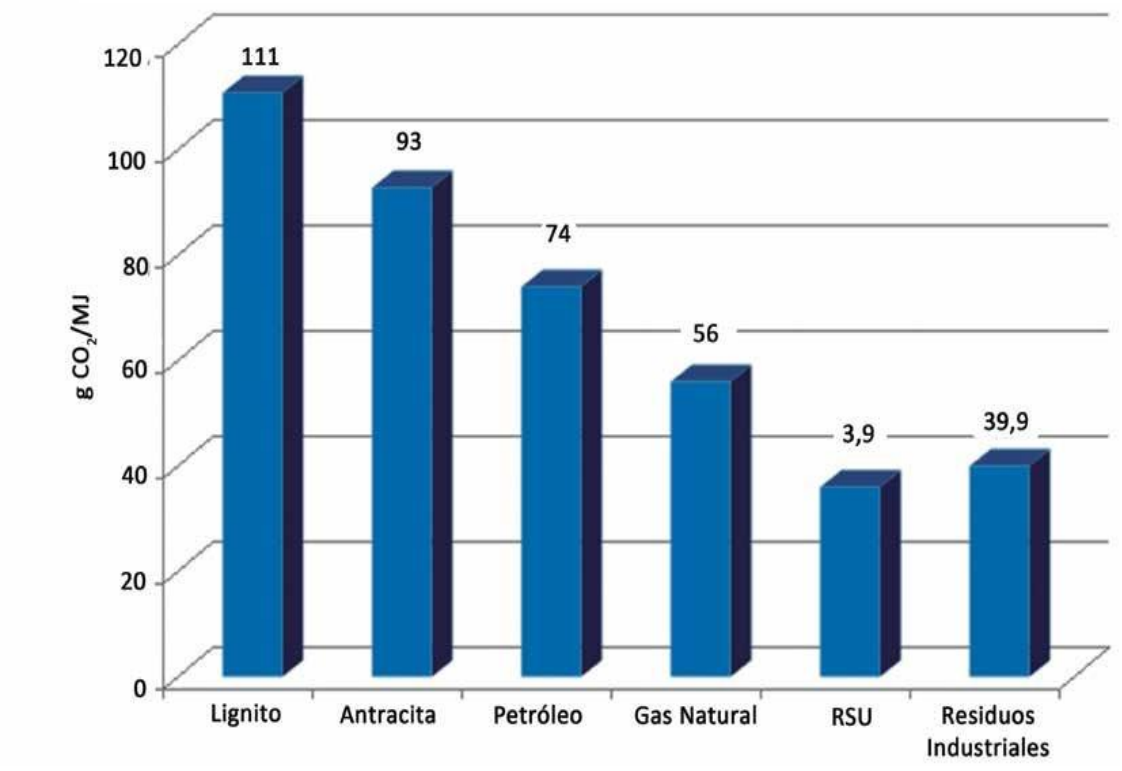
INTRODUCCIÓN

La aparición de residuos se está incrementando a una frecuencia preocupante, todos los países del mundo se están desarrollando con mucha rapidez sin establecer sistemas apropiados para controlar la diversa composición de estos desechos, los cuales son producidos por los ciudadanos. (Pineda, s.f.).

Con una gestión inapropiada de los residuos se origina el deterioro de los océanos, degradación de nuestros suelos, transmisión de infecciones y afecciones respiratorias, además de perjudicar a los animales que ingieren desperdicios, a nuestro medio ambiente y de alguna manera se está afectando el desarrollo económico.

Se ha utilizado los residuos sólidos urbanos en plantas con el objeto de generación de energía y ésta es importantemente útil con el fin de la reducción de emisiones de gases contaminantes a la atmósfera. Como se muestra en la Figura 1, las emisiones de CO_2 que se producen a lo largo de la incineración de residuos para la generación de energía, son por mucho ampliamente inferiores que las que se producen a partir de los combustibles fósiles convencionales, así como el lignito, la antracita, el petróleo y el gas natural. Fuente: (Escobar, Rúa, Melo, Martinez, Mambeli & Silva, 2015, pp288-289).

Figura 1. Emisiones de CO2 por diferentes tipos de combustibles



Fuente: (Escobar, Rúa, Melo, Martinez, Mambeli & Silva, 2015, pp288-289).

Se llega a la conclusión que se puede producir energía utilizando los residuos en las plantas y contribuir de manera significativa en la disminución del CO_2 en la atmósfera respecto a los combustibles sólidos. Tenemos como resultado que los tratamientos termoquímicos de Residuos Sólidos Urbanos, podrían considerarse principalmente un procedimiento de los más eficaces para dar alternativa en muchos países de solucionar el dilema que abarcan los residuos. (Escobar, Rúa, Melo, Martinez, Mambeli y Silva, 2015, pp288-289).

Constantemente existe un incremento diario de Residuos Sólidos Urbanos en la Ciudad de Pomalca – Chiclayo – Lambayeque, cuyo manejo es un gran problema para nuestra sociedad y no se da la atención necesaria de los problemas que se pueden originar desde la contaminación del suelo, aire; los malos olores; el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, y no se tiene en consideración una planificación correcta de gestión y tratamiento.

En la región Lambayeque, estos residuos generados día a día no tienen ningún tipo de tratamiento, en la Ciudad de Pomalca, éstos son trasladados a un botadero a cielo abierto; así que en este proyecto de investigación se busca aprovechar los Residuos Sólidos Urbanos, conllevando a muchos beneficios sanitarios, ambientales, sociales y económicos.

CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

1.1.1. Contexto Internacional

Debido al acelerado crecimiento urbano, se proyecta a nivel mundial que los Residuos Sólidos anualmente se llegue a generar una impresionante cantidad de 3400 millones de desechos.

La intensa problemática de la magnitud de desechos que se están generando a nivel mundial está siendo muy apresurado y alarmante, y no se está desarrollando un correcto sistema para solucionar esta situación. La población de Estados Unidos, Países Bajos y Canadá son los países que están generando más desechos en el mundo. En Estados Unidos con una población que representa el 4% a nivel mundial, produce casi el 12% de residuos a nivel mundial, y solo recicla el 35% de desechos, sin tener compromiso con la realidad del problema que se vive. (BBC News Mundo, 2019).

En el Pacífico y en las regiones de Asia Oriental se tienen las tendencias globales de una generación del 23% de residuos a alcance global. A nivel mundial casi la tercera parte o el 34% de desechos son generados por los países de un buen ingreso. Para el año 2050 se estima que, en aquellas regiones con un gran crecimiento como África al sur del Sahara y Asia meridional, aumentará considerablemente y hasta podría triplicarse y constituirá el 35% de desechos en el mundo. También se estima que, para ese mismo año en la región de Oriente Medio y Norte de África, los desechos dupliquen sus cifras. (Banco Mundial, 2018).

1.1.2. Contexto Nacional

En el Perú hay un problema demasiado grande con la acumulación de residuos. Hace 10 años en el 2010 era de 13 000 T/día, en el 2020 alcanza los 18 000 T/día.

Conforme al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) informa que los Gobiernos locales en un 83,2% deposita sus residuos en botaderos; entre ellos un 13,5% los incinera, estos botaderos son lugares inapropiados e ilegales e impactan de manera negativa y generan ambientes infecciosos que perjudican a la sociedad y a la naturaleza. (ComexPerú, 2020).

1.1.3. Contexto Local

En la ciudad de Pomalca, se encuentra en el distrito de Pomalca, al este y a 7 km de la provincia de Chiclayo, en el departamento Lambayeque, donde existe un crecimiento demográfico; y según la información obtenida de INEI, la Tasa de crecimiento anual intercensal es de 1%, diariamente se genera una creciente cantidad de volúmenes de residuos sólidos, aproximado de 11 T/día y con una Proyección GPC Domiciliario de 0.455 kg/hab/día; que son materias generados por actividades domésticas, servicios públicos, colegios, oficinas; lo cual representa un grave problema para las personas y el medio ambiente.

Actualmente en la zona urbana, en la ciudad de Pomalca, se generan aproximadamente 11 T/día que son recolectadas de la vía pública y que son colocadas a las unidades móviles como el camión compactador, volquete o moto furgón y que luego son transportados y depositados estos residuos sólidos de forma permanente en un botadero

municipal que tiene un área de 15 hectáreas, ubicado al sur de Pomalca a 4 km en la localidad San Luis.

1.2. Formulación del Problema

¿Es posible aprovechar adecuadamente los Residuos Sólidos Urbanos del casco urbano, Ciudad de Pomalca como fuente de energía para generar electricidad?

1.3. Delimitación de la Investigación

1.3.1. Delimitación Espacial

La tesis se desarrollará en la zona urbana, en la Ciudad de Pomalca, de la provincia de Chiclayo, región Lambayeque.

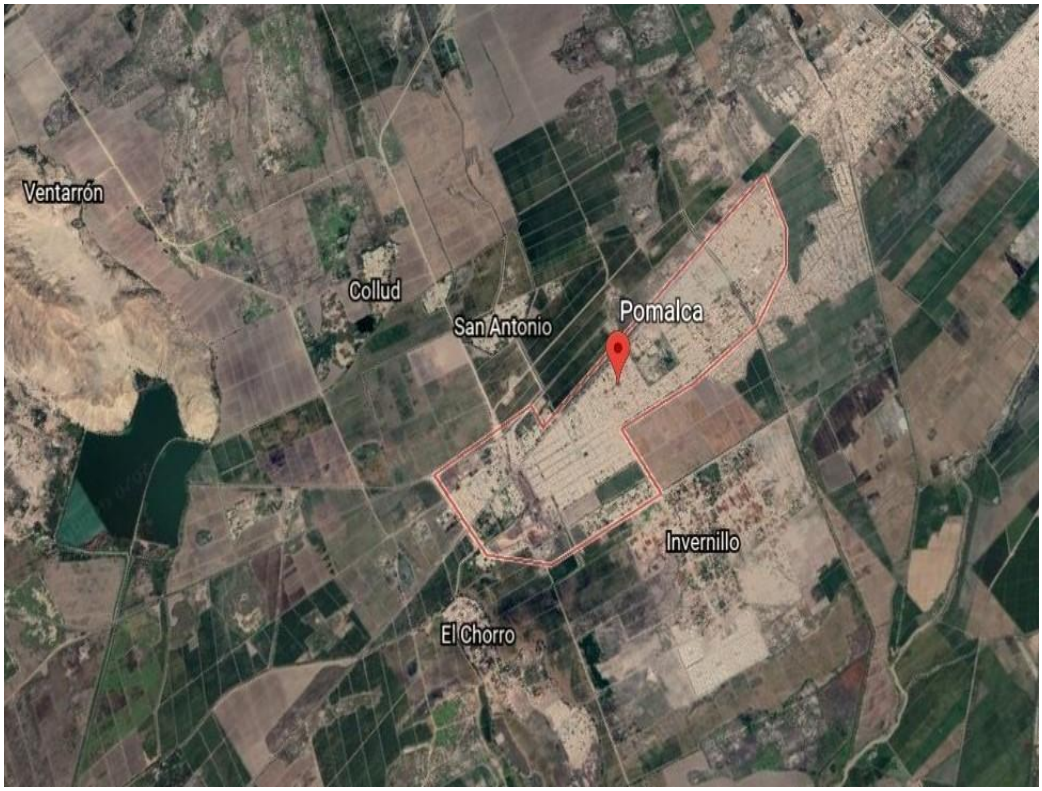
Pomalca, zona urbana, es una localidad peruana que se localiza en la región Lambayeque, en la provincia de Chiclayo, y distrito de Pomalca. Además, es capital del distrito de Pomalca. Se ubica a una altitud de 44m.s.n.m

Coordenadas.

Tiene por coordenadas, Latitud: 6°46′4.94″ S, Longitud: 79°46′45.02″ W.

Sus límites naturales, encontramos por el sur al río Reque y por el norte al río Chéscope, por el Oeste al distrito de Chiclayo y al Este al Distrito de Tumán.

Figura 2. Ubicación del proyecto



Fuente: Google Earth.

1.3.2. Delimitación Temporal

Este proyecto se desarrollará entre junio del 2020 a mayo del 2022.

1.4. Justificación e Importancia de la Investigación

1.4.1. Justificación Ambiental

El aumento del volumen de Residuos Sólidos Urbanos que se origina diariamente por la población nos hace encontrarnos en una grave situación para el medio

ambiente, y se puede aprovechar los residuos para generar electricidad y buscar el fin de brindar una reducción de daños medioambientales.

1.4.2. Justificación Social

El presente proyecto de investigación será de muy alta importancia por los beneficios consecuentes que se obtendrán para la sociedad generando energía eléctrica y ayudando a contribuir a terminar con los focos infecciosos que se generan debido a los residuos.

1.4.3. Justificación Científica

Utilización de energías renovables no convencionales.

1.5. Limitaciones de la Investigación

El presente proyecto de tesis se desarrollará en la Ciudad de Pomalca.

1.6. Objetivos de la Investigación

1.6.1. Objetivo General

Realizar un estudio para generar Electricidad mediante los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Pomalca - Chiclayo - Lambayeque.

1.6.2. Objetivos Específicos

- ✓ Determinar la cantidad y la caracterización de Residuos Sólidos Urbanos de la Cuidad de Pomalca.
- ✓ Determinar las tecnologías para aprovechar los Residuos Sólidos Urbanos y generar electricidad.
- ✓ Comparar la electricidad producida por los Residuos Sólidos Urbanos con las necesidades energéticas de la Ciudad de Pomalca.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudios

Desde que existen los seres vivos, aproximadamente unos 4.000 millones de años, se producen muchos residuos en nuestro planeta. Sin embargo, vivimos en una sociedad moderna y es allí donde surge la problemática de los residuos por el incremento de éstos mismos, ya que son difíciles de asimilar por la naturaleza y también por la calidad de los mismos. (Garrigues, 2003).

La situación de los residuos sólidos urbanos es sumamente un factor relevante en el mundo. En Europa, hay países desarrollados, donde ya existen tratamientos y se impulsan a la reducción a cero de los residuos, por medio del reciclaje, reúso y conversión térmica, en tanto que, en otros países, donde existen unos grandes espacios disponibles, se continúa apilando la basura en los botaderos a cielo abierto y en rellenos sanitarios.

Los rellenos sanitarios, sin un apropiado mantenimiento y diseño, en muchos países se está llegando a prohibir y hasta a penalizar, ya que, sin un adecuado diseño y mantenimiento, pueden ser sumamente contaminantes para nuestro medio ambiente. Se tiene, por ejemplo, que, en Suecia, Noruega, Bélgica, Austria, Suiza y Holanda, se prohíbe apila en rellenos sanitarios, residuos que tengan un poder calorífico aprovechable. Debido a esto, se ha dado lugar a que se promuevan programas 3R (reducir, reutilizar y reciclar) con porcentajes elevados de reciclaje y se impulse a la construcción de plantas de incineración con recuperación térmica y eléctrica. Por otra parte, en China, por la falta de espacios para depositar la basura, se ha ido impulsando la construcción de plantas de incineración con energía eléctrica, donde el estado paga una tarifa preferencial por la electricidad que se

produce, del orden del doble de lo que se paga para las plantas que la generan con carbón. En las políticas de las sociedades más avanzadas se ha admitido que el contener y acumular los RSU en rellenos sanitarios, no es la mejor práctica viable y se están procediendo a acciones para aprovechar su potencial. (Romo, 2015).

2.1.1. A Nivel Internacional

Villamarín Arcos, Marco, (2015). En "Análisis de la Valoración Energética de Residuos Sólidos Urbanos del Distrito Metropolitano de Quito". Tiene los objetivos, contar con fichas de información técnica para así poder plantear el aprovechamiento del potencial energético de los RSU; definir la más óptima metodología para la valorización energética de los RSU y además definir la magnitud de energía eléctrica que se produciría a través de la valorización éstos. Llega a las conclusiones que efectivamente, con la incineración de los RSU, se puede producir energía eléctrica, la cual es utilizada por la planta incineradora para su operación, con datos en el año 2015 con energía exportable de (625,09 – 750,11)MW/día, año 2016, (636,41 – 763,69)MW/día, año 2017, (647,73 – 777,28)MW/día, año 2018, (658,95 – 790,75)MW/día, año 2019, (670,24 – 804,29)MW/día, año 2020, (681,43 – 817,72)MW/día. Respecto con estas cifras, a partir del 2018 se vería alineado la energía que se genera con la producción de generación eléctrica de la central termoeléctrica de Guangopolo y a partir de allí a años posteriores la generación de energía supera a lo de la central termoeléctrica que produce energía de 792MW/día; los tratamientos térmicos disminuyen su volumen de los residuos entre un 90 – 95%; lo cual ayuda a los rellenos sanitarios a alargar su vida útil. (Villamarín, M. 2015).

Pelegrina Ortiz Manuel, (2016). En “Diseño de una Central Termoeléctrica de Biomasa” tiene como objetivo aprovechar la biomasa forestal y llevar a cabo el diseño de una central termoeléctrica, la cual se ubicará en la comarca del Solsonès. Se tuvo en cuenta dos criterios para su dimensionamiento: El potencial de biomasa disponible anualmente y la demanda de energía eléctrica en esta comarca.

Se llega a conclusiones muy positivas, se logra demostrar la viabilidad y rentabilidad de la construcción de una central termoeléctrica de biomasa en la comarca del Solsonés. De biomasa forestal se tiene 36526 toneladas disponible anualmente en la comarca del Solsonès y se daría salida a 24450,89 toneladas. Con esto se puede obtener una potencia eléctrica suficiente (3 MW) para que pueda abarcar y alcanzar a cubrir la carga de base de la comarca del Solsonès, que es aproximadamente 2 MW. (Pelegrina, M. 2016).

2.1.2. A Nivel Nacional

En nuestro país existen botaderos que son sumamente agentes que contaminan y perjudican la salud y el ambiente, hay alrededor de 1400 botaderos de basura. (De la Torre, E., Muñoz F., & Zegarra, J. (2018, septiembre 05). “Perú produce 23 mil toneladas diarias de basura: la alarmante gestión de residuos sólidos”. [Radio Programa]. RPP *Noticias*.).

La empresa privada Petramás S.A.C., en “Gestión de residuos sólidos”. Éxito De Mecanismo De Desarrollo Limpio (Mdl) En El Relleno Sanitario Huaycoloro De La Empresa Petramás, Perú. Hoy en día, dispone de tres plantas procesadoras de residuos sólidos: El Relleno Sanitario Modelo del Callao, el Relleno de Seguridad de Residuos Peligrosos y Hospitalarios y el Relleno Sanitario Huaycoloro. Plantea objetivos tales

como apoyar al descenso calentamiento global y a la reducción de las emisiones de gas metano en el relleno sanitario Huaycoloro. (Valdivia, 2018).

Inicia sus operaciones en 1994, la empresa peruana Petramás S.A.C., fue la primera empresa comprometida con la gestión integral de residuos sólidos, brinda El primero Relleno Privado del Perú, que consta de 1570Hás, ubicada a la altura del 7mo km de la Quebrada de Huaycoloro - San Antonio de Chaclla, en la Provincia de Huarochirí, el **Relleno Sanitario Huaycoloro**, proyectada para una vida útil de 200 años, en el año 2007 se instaló un sistema constituido por 150 pozos de captación de biogás, un gaseoducto y una estación de succión y quemado; este relleno recibe el 42% de residuos que se genera en la ciudad de Lima Metropolitana; reaprovechando los gases emitidos por la descomposición de residuos para generar energía eléctrica. Actualmente, este modelo de este relleno es considerado es aprobado y respaldado por el Banco Mundial, como un ejemplo a seguir y donde los países en desarrollo lo replicar; ya que se tratan los residuos sólidos con una muy buena gestión que contribuye de manera relevante para la mitigación y adaptación frente al cambio climático, además de su aportación de energía renovable a la matriz energética nacional. (Valdivia, 2018).

Con el Relleno Sanitario Huaycoloro, se llega a la conclusión que sí es una óptima posibilidad una adecuada gestión y aprovechamiento de los residuos sólidos para grandes ciudades como lo es la Ciudad de Lima. Esta gestión destinada a captar biogás y reducir los Gases de Efecto Invernadero. En primer punto, alrededor de 8.8 millones de Tn de residuos que se depositaron en el relleno, se logró quemar metano (CH4) generado por la descomposición anaeróbica de éstos mismos. En segundo punto, empezó a funcionar la planta de generación eléctrica; donde se incinera 3.5 millones de kilos

diarios de basura, el cual se convertirían en electricidad; generando ingresos al venderla a la red eléctrica nacional, y se compromete a abastecer 28,295 MW al año de energía renovable al estado peruano. (Valdivia, 2018).

Figura 3. Antorcha quemadora de biogás para generar de energía eléctrica a través de la basura

Fuente: (Valdivia, 2018).

2.1.3. A Nivel Local

Tineo Huancas José Diego, (2019). En "Estudio de Factibilidad de una Central Térmica que aproveche la Biomasa Residual de Chiclayo". Afirma que, actualmente la Región Lambayeque, en la Ciudad de Chiclayo, existe en demasía y se incrementa día a día los residuos sólidos, acumulándose en un botadero, es uno de las ciudades que no cumplen con un adecuado manejo de residuos, ni plantas de tratamientos para estos. Tiene por objetivos determinar y aprovechar el potencial energético de residuos, estimar la potencia de la central a instalar y analizar el aspecto económico de su proyecto. Luego

de su estudio, llegó a las conclusiones que la energía calorífica que se obtiene de la biomasa mediante la combustión, en la Ciudad de Chiclayo sí es eficiente y se puede aprovechar para generar energía, y es factible la construcción de la central (Potencia instalada = 19.13MW), además de llegar a la conclusión que su proyecto en el aspecto económico es satisfactorio, beneficioso y rentable.

2.2. Desarrollo de la Temática Correspondiente al Tema Investigado

2.2.1. Introducción a las Energías Renovables

Se define a energías renovables, todo aquello que nos permiten producir electricidad a partir de fuentes naturales, ilimitados. Podemos citar estas fuentes naturales tales la biomasa o materia orgánica, el viento, el mar, los ríos, el calor de la tierra. (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, OSINERGMIN, 2016).

Se clasifican en **Energías Renovables No Convencionales (ERNC)**; que, de acuerdo al marco normativo en el Perú también denominadas Recursos Energéticos Renovables (RER), son las fuentes solares, biomasa, mareomotriz, eólica, geotérmica y las fuentes hidráulicas con una capacidad instalada de hasta 20 MW y en **Energías Renovables Convencionales (ERC).** Donde la más importante es la fuerza hidráulica a una gran escala. (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, OSINERGMIN, 2016).

En una comparativa con las energías fósiles, los Recursos Energéticos Renovables o también llamados energías limpias generan impactos ambientales inferiores, porque tiene un gran potencial para reducir las emisiones de carbono y su aprovechamiento abarca tecnologías de baja emisión de carbono. Los RER ayuda a una sostenibilidad ambiental y nos brindan acceso a la energía. El grado de estos beneficios está sujeto al

potencial y a la magnitud de los recursos renovables que pueda explotar cada país, y de las características de los mercados energéticos en que se comprenda. (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, OSINERGMIN, 2016)

En el ámbito nacional, en el Perú, usualmente la generación eléctrica se ha basado en fuentes renovables o fuentes limpias de energía. Puesto esto, significa que en el país el desarrollo energético ayuda a la minoración del efecto invernadero, que hoy por hoy es muy perjudicial para el planeta. (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, OSINERGMIN, s.f).

De manera resumida las energías renovables acogen mucha mano de obra, nos impulsa una sostener la economía del país, además de ser competitivos y a la disminución de los efectos del cambio climático, estos recursos son inagotables, así mismo se pueden aprovechar al máximo y permiten completar el Plan de Electrificación Rural para 40,000 pueblos aislados. (Fundación Friedrich Ebert, 2010).

2.2.2. Energía a Partir de la Biomasa

La biomasa o bioenergía, se puede obtener a partir de residuos como los residuos urbanos, agroindustriales y forestales. Existen varias formas para aprovecharla como energía final: fuente de calor; energía eléctrica y fuerza motriz con uso para el transporte. La biomasa se puede disponer de forma líquido, sólido y gaseoso a través de los llamados biocombustibles e implica un conjunto de tecnologías, productos y materias primas. (Fundación Friedrich Ebert, 2010).

Por la energía solar se puede formar biomasa (el cual lo conserva como carbono, transformándolo en energía térmica, eléctrica) por el proceso de fotosíntesis vegetal. Por medio de la fotosíntesis, las plantas transforman el CO_2 en un material orgánico con alto contenido energético. (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, OSINERGMIN, s.f).

2.2.3. Tipos de Biomasa

2.2.3.1. Biomasa Natural

Es la que se genera en ecosistemas naturales, sin la implicación del hombre. Es la el recurso energético principal en muchos países. No obstante, su continua explotación de este recurso no está acorde con las políticas de protección y preservación del medio ambiente.

Mayormente, abarca residuos forestales: restos de plantas, ramas, leñas, coníferas y residuos de limpieza de bosques. (Lean Manufacturing 10, s.f.).

2.2.3.2. Biomasa Residual

Lean Manufacturing 10, (s.f.) afirma que esta biomasa, es todo tipo de basura, que en la mayoría de casos es difícil de erradicar, y es generada básicamente por las actividades humanas.

Lean Manufacturing 10, (s.f.) indica que ésta a su vez se clasifica en dos categorías:

- ✓ **Agrícolas**: Es todo el excedente sobrante y no utilizado ni consumido para el ser humano y su utilización es aprovechado como fuente de energía. Suelen ser utilizado como combustibles en plantas de proceso eléctrico o ser convertidos en biocombustibles.
- ✓ **Cultivos energéticos**: Estos cultivos están dedicados únicamente a generar plantas de producción de energía eléctrica. Producen más cantidad de biomasa que los agrícolas y muestra sobrevivencia a enfermedades y sequías, se adapta a varios terrenos y crece de manera rápida. Entre ellos tenemos cultivos tradicionales tales como: Cereales, la caña de azúcar y las semillas o no convencionales como cultivos de alcachofa, sorgo dulce, etc.

2.2.4. Usos de la Biomasa

En cuanto a los usos de la energía producida con biomasa, éstos pueden ser para calefacción, refrigeración y producción de agua caliente en el sector doméstico (viviendas unifamiliares, comunidades de vecinos, barrios o municipios enteros),

calor para procesos industriales y también para generar electricidad. En resumen, tiene aplicaciones tanto térmicas como eléctricas. (Cerdá, 2012).

2.2.5. Tecnologías de Conversión de Biomasa en Calor o Electricidad

Cerdá, (2012) señala:

PROCESOS TERMOQUÍMICOS

- ✓ **Combustión**.

  Existe una alta gama de tecnologías comerciales que se adaptan a las características y aplicaciones de la biomasa. Se forma CO2 y agua y se libera calor, tras un proceso en el que el hidrógeno y el carbono que se encuentran reaccionan con el exceso de oxígeno. Asimismo, la cocombustión consta de la combustión de biomasa junto con el carbón en las plantas de generación de energía eléctrica de carbón. (Cerdá, 2012).

- ✓ **Pirólisis.**

  Definido como un proceso donde la biomasa sufre de putrefacción y degradación por medio de una oxidación incompleta en ausencia de oxígeno en donde se originan compuestos sólidos tales como el carbón vegetal, gaseosos y líquidos apropiados como combustible y materiales para diversas industrias; estos tres productos mencionados se pueden obtener en cantidades relativas en relación del tiempo de residencia que se maneja en el proceso y a la temperatura que se opera. (Cerdá, 2012).

- ✓ **Gasificación.**

Definido como proceso térmico donde la biomasa pasa por una oxidación parcial por medio de calor y genera un gas combustible, llamado también gas de síntesis, gas pobre o Syngas, este gas generado contiene monóxido de carbono (CO), CO_2, CH_4, H_2 y tiene un poder calorífico bajo (3kCal/Nm^3) con respecto al gas natural (9kCal/Nm^3). Con este gas se puede generar electricidad utilizando Motores de Combustión Interna. (Cerdá, 2012).

PROCESO BIOQUÍMICO

- ✓ **Digestión Anaerobia.**

Se define como el proceso biológico, que pasa de manera natural, donde la materia orgánica se degrada por la acción de microorganismos en ausencia de oxígeno. Aquí se obtiene Biogás (mezcla de dióxido de carbono y metano) y también se obtiene digestato (usado como un fertilizante en los suelos agrícolas). (Cerdá, 2012).

2.2.6. Residuos Sólidos Urbanos

Se hace referencia a todo lo que es originado y propiciado por las actividades del ser humano y otros seres vivos, conformándose así una masa heterogénea, y tienen la capacidad de ser reutilizados y aprovechados. Estos residuos están acumulándose y acrecentándose a una gran velocidad. (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, ONUDI, 2007).

2.2.6.1. Clasificación de los Residuos Sólidos Urbanos

Se clasifican de muchos criterios y diferentes formas dependiendo de la peligrosidad, tratamientos, tipos de materiales, utilidad y fuentes de producción, entre otros más. (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, ONUDI, 2007).

Por su composición química, los residuos orgánicos mayormente tienen una procedencia biológica, tiene como principal componente al agua y están comprenden desechos alimenticios, residuos, animales pequeños muertos y estiércol; también los RSU provienen de las actividades comerciales, industriales, hospitalarias, domiciliarias que sufren un proceso de putrefacción y de fermentación. (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, ONUDI, 2007).

Tabla 1. Tipificación de los RSU

Basado en su estructura química	Orgánicos
	Inorgánicos
Basado en la economía y utilidad.	Reciclables
	No reciclables
Basado en su origen	Domiciliarios
	Comerciales
	Constructivos
	Industriales
	Agrícolas
Basado en la peligrosidad	Peligrosos
	No inertes
	Inertes

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, ONUDI, 2007).

Tabla 2. Categorización teniendo en cuenta su origen de los residuos sólidos urbanos

Categorización teniendo en cuenta su origen de los residuos sólidos urbanos	
Domiciliarios	Estos residuos se originan por el trabajo doméstico, desechos de comidas, alimentos, residuos restantes de la cocina, entre otros. Entre ellos, tenemos los tallos, carnes, vegetables cocidos, sobras de comidas, además de materiales como son el papel, cueros, maderas, etc., y también en menor escala objetos como juguetes rotos, latas, vidrios, etc.; constituyen los residuos domésticos. En esta categorización de residuos se pueden agregar desechos pesados y que también son de origen como muebles y grandes embalajes, y debido, a que son difíciles de manejar no son tan apropiados para la recogida para los de la labor municipal.
Comerciales	Estos residuos se originan en los servicios del área urbana y por las operaciones en el área comercial.

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, ONUDI, 2007).

Categorización teniendo en cuenta su origen de los residuos sólidos urbanos	
Hospitalarios	Originados en los centros de salud, que de manera general consta de vectores patógenos difíciles de controlar. Este tipo de residuos debe tener una correcta gestión y un idóneo traslado de los residuos seleccionados para su disposición final.
Constructivos	Estos residuos se originan en las excavaciones, remodelaciones, construcciones o alguna otra actividad en este rubro. Aquí se incluyen los restantes, los escombros que mayor éstos son depositados en lugares que afectan a nuestra naturaleza.
Industriales	Estos residuos pueden ser de las industrias metalúrgicas, químicas, etc.; que se presentan en formas de plásticos, cenizas, lodos. Mediante el proceso de estos residuos se debe tener en cuenta un correcto control ya que se pueden encontrar minerales como el mercurio, plomo, cadmio, que son letales para los seres vivos de nuestro ambiente.
Agrícolas	Estos residuos son generados por las actividades agrícolas, y de acuerdo a su composición son orgánicos o inorgánicos, ya que varían el origen animal o vegetal. Se incluyen los restos de fertilizantes inorgánicos que se obtienen de los cultivos.

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, ONUDI, 2007).

Los residuos peligrosos son aquellos que tanto orgánicos como inorgánicos constituyen un gran problema y más aún si se generan en grandes volúmenes ya que representan un altísimo riesgo para nuestra de todos los seres vivos y afecta el medio ambiente. Se ve en la obligación de un manejo adecuado ya que presentan características como toxicidad, corrosividad, inflamabilidad. Aquí además hay residuos que son difíciles de degradar, considerándose como inertes o persistentes. Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, ONUDI, 2007).

2.2.6.2. Características de los Residuos Sólidos Urbanos

A partir de las propiedades químicas que se constituyen en los Residuos Sólidos Urbanos se nota el grado de relevancia e importancia de éstos, para un eficiente manejo y tratamiento apropiado de ellos. De acuerdo a las características de los residuos entre sus propiedades se encuentran el poder calorífico, la humedad, la solubilidad, la relación Carbono/Nitrógeno y la densidad. Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, ONUDI, 2007).

2.2.7. Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos

UNED, (s.f.) menciona que se define como Gestión Integral de RSU al total de actividades que se lleva a cabo con estos residuos desde el primer momento en que son generados hasta la última fase del proceso y tratamiento para reaprovecharlos.

UNED, (s.f.) indica que abarca tres etapas:

- ✓ **Recogida.**

  Consta de la recopilación, acopio y captación de los residuos para llevar a cabo su trasporte a las plantas para su óptimo tratamiento.

  Se puede visualizar dos modos de recogida de los residuos:

  - Recogida no selectiva: Aquí los residuos sin previa separación y selección son depositados en contenedores.
  - Recogida selectiva: En este tipo de recogida se procede a su respectiva selección y clasificación de los residuos y puestos en distintos contenedores seleccionados para materia orgánica, papel, vidrio.

- ✓ **Transporte.**

  Se continúa con el traslado de residuos a la estación de transferencia, que es un complejo donde los residuos son descargados y luego llevados a otro sitio para su tratamiento, aquí son almacenados, compactados y transportados a la planta de tratamiento.

- ✓ **Tratamiento.**

  La etapa más importante. En esta etapa los residuos ya clasificados (vidrio, papel) y no clasificados (envases, que se tienen que separar de acuerdo a su naturaleza) son dirigidos a la planta de reciclaje.

2.2.8. Aspectos Energéticos de los Tratamientos de los R.S.U

Según Muruais, J., & Maíllo, A. (2010). Las razones por las que se han impuesto procesos térmicos para el correcto tratamiento de los residuos tenemos:

- ✓ La fundamental erradicación del peso y volumen de los residuos, esto es para así reducir los daños ambientales y efectos como emisiones de gases contaminantes, olores pestilentes, daños y habitación de grandes terrenos, disminución de recursos, contaminación de los suelos y de nuestras aguas; estas acciones se aplican para cuidar la salud de las personas y también dirigiéndose en el aspecto ambiental.

- ✓ Lo eficaz que resulta ser la recuperación de la energía química y convertirla en energía térmica, muchas veces empleado o a su vez transformada en energía eléctrica.

- ✓ Reciclaje y ahorro de recursos, puesto que al separar materiales de los residuos sólidos mayormente se pueden encontrar variedad de metales.

Generalmente, la recuperación de energía se alcanza en manera de calor (por intermedio del vapor) y es aprovechable de vía directa, transformado en energía eléctrica en los turbogeneradores conformados por turbina y alternador o de modo mixto calor - electricidad (cogeneración). (Muruais, J., & Maíllo, A., 2010).

De acuerdo con Muruais, J., & Maíllo, A. (2010) la cantidad de energía recuperada (rendimiento energético) está sujeto diversos a estos criterios, tales como:

- ✓ El procedimiento empleado y el tipo de tecnología usado.
- ✓ Las condiciones climáticas donde es instalado la planta de generación.
- ✓ El Poder Calorífico Inferior (P.C.I.) de los residuos a incinerar.
- ✓ El dimensionamiento de la caldera.

2.2.9. Tecnologías de Conversión Termoquímica de los RSU

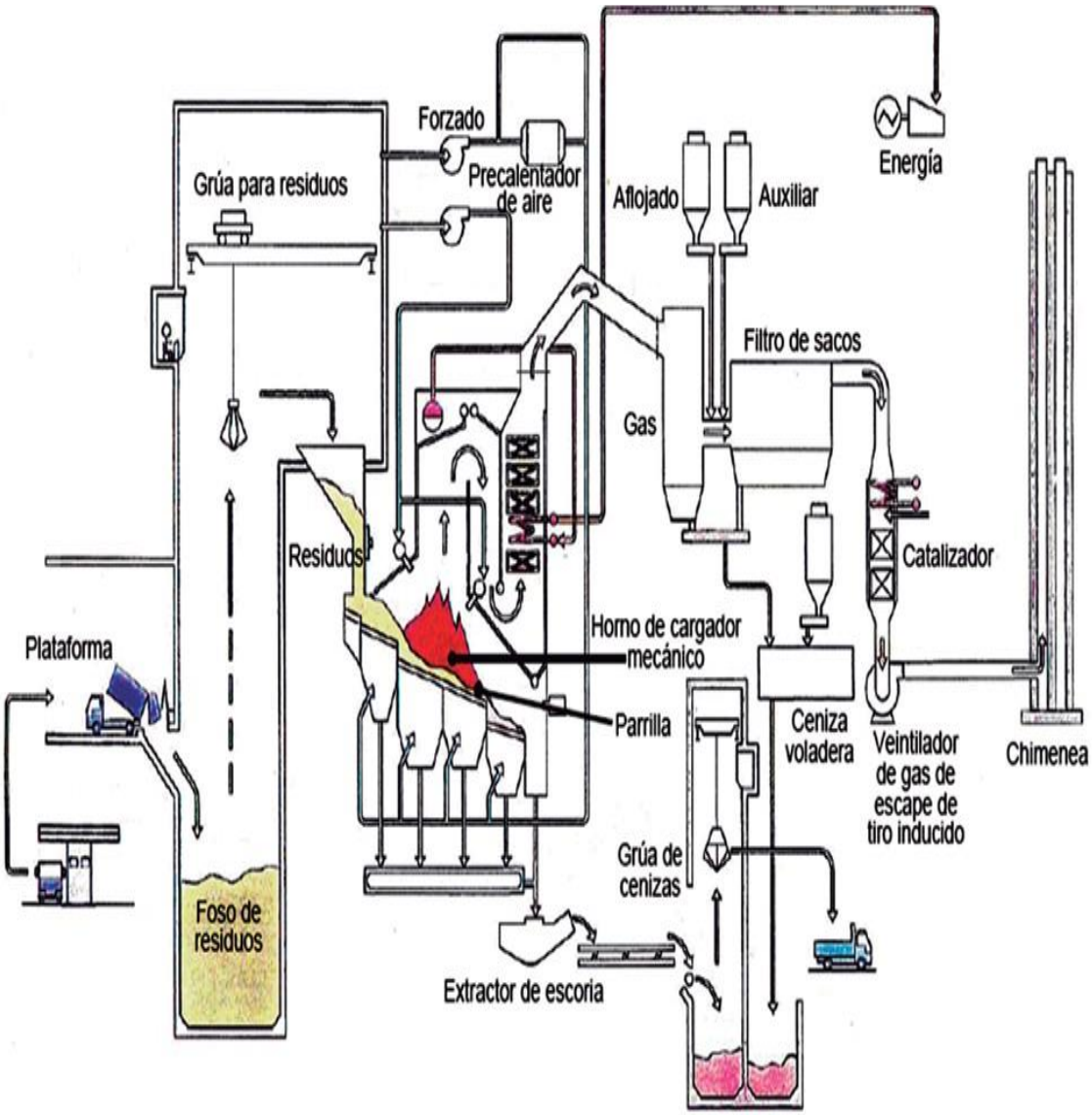
2.2.9.1. Incineración

La incineración tiene como objetivo la reducción tanto como peso, volumen y la peligrosidad de los residuos, clasificándolos, apilándolos y aniquilando las sustancias potencialmente nocivas. Este proceso nos ofrece también la recuperación del contenido energético, químico o mineral de los residuos. (Escobar, Rúa, Melo, Martinez, Mambeli & Silva, 2015).

El proceso consiste en la acoger las materias primas y residuos, donde se almacenan de la forma más apropiada, y realizar el preprocesamiento de residuos, donde se incluyen tratamientos in situ, además de procesos de mezcla, y se verifica de la manera más óptima la separación de residuos, llevándose a cabo las acciones de trituración, tamizado y densificación. Seguidamente, se continúa con la incineración, la cual incluye la carga y mezcla de residuos en el horno, inyección del aire, combustión y postcombustión. (Escobar, Rúa, Melo, Martinez, Mambeli & Silva, 2015).

Mayormente los residuos son considerablemente heterogéneos, conformado por agua, metales y sustancias orgánicas que durante el proceso de incineración son generados distintos gases (CO_2, H_2O, O_2, N_2) que contienen gran parte de la energía liberada en forma de calor. (Escobar, Rúa, Melo, Martinez, Mambeli & Silva, 2015).

Figura 4. Esquema de una planta de incineración con recuperación de energía.



Fuente: (Jase-W, s.f.). Citado en Escobar, Rúa, Melo, Martinez, Mambeli & Silva, (2015).

2.2.9.2. Tipos de Hornos Incineradores

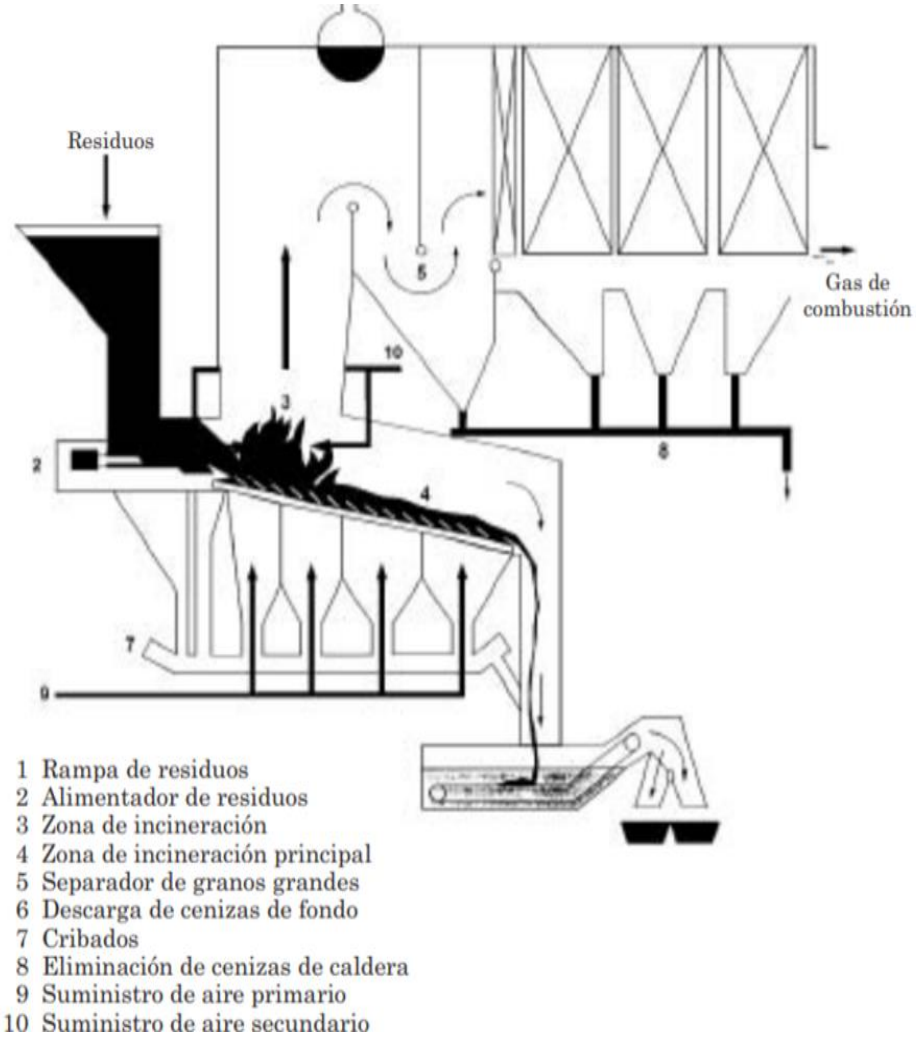
Tiene como objetivo la erradicación total de los residuos donde se utilizan de manera controlada elevadas temperaturas hasta transformarlo en cenizas. Para esto es indispensable su preciso diseño, con la finalidad de asegurar la óptima capacidad de carga, temperatura y el suministro de aire y combustible. (Escobar, Rúa, Melo, Martinez, Mambeli & Silva, 2015).

Aquí encontramos:

- ✓ **Incineradores de Parrilla.**

Estos incineradores, las parrillas cubren casi el 90% de instalaciones en Europa, que procesan residuos; son aplicados generalmente para la incineración de residuos urbanos mixtos. (BREF, 2011).

Figura 5. Elementos de una planta de incineración de RSU



Fuente: (UBA, 2001), citado en (BREF, 2011).

- ✓ **Hornos Rotativos.**

Estos hornos tienen la característica que son sumamente potentes y posibilita incinerar cualquier tipo de residuo. Los hornos rotatorios son aplicables comúnmente para la incineración de residuos peligrosos. (BREF, 2011).

Las temperaturas operativas de los hornos rotatorios utilizados para residuos van desde unos 500°C (como gasificador) hasta 1450°C (como horno de fusión de ceniza a alta temperatura). En ocasiones se utilizan temperaturas más altas, pero normalmente es para otras aplicaciones. (BREF, 2011).

- ✓ **Horno de Lechos Fluidizados.**

Estos tipos de hornos se aplican para la incineración de residuos finamente divididos, como lodos de depuradora, combustibles homogéneos, como hulla, lignito crudo y biomasa (ej., madera). (BREF, 2011).

Este incinerador consta de una cámara de combustión revestida en forma de cilindro vertical. Los residuos a incinerar son suministrados al lecho de arena fluidizado desde la parte superior o lateral. Este lecho de arena fluidizado, se encuentra en la sección inferior sobre una parrilla o placa de distribución. (Ullman's Encyclopaedia, 2001), citado en (BREF, 2011).

Este horno incinerador puede ser: tipo burbujeante o circulante. En el tipo burbujeante las velocidades del aire son mayores y los sólidos que son separados en ciclones para continuamente regresar a la cámara de combustión. Las temperaturas de operación van entre un rango de 760 a 870 °C. (Escobar, Rúa, Melo, Martinez, Mambeli & Silva, 2015).

- ✓ **Hornos de Inyección Líquida.**

  Estos hornos pueden ser horizontales o verticales, operan a una temperatura entre una escala de 1000 – 1600°C, y se aplican únicamente a residuos líquidos con poca viscosidad.

  - Hornos de inyección líquida horizontales: Utilizados para residuos con mínimo contenido de cenizas.
  - Hornos de inyección líquida verticales: Utilizados para residuos que disponen contenidos elevados de sales inorgánicas y cenizas fundibles. (Escobar, Rúa, Melo, Martinez, Mambeli & Silva, 2015).

2.2.9.3. Ventajas de la Incineración de los RSU

Según Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial ONUDI, 2007) las ventajas son las siguientes:

- ✓ La disminución de manera significativa del volumen de los residuos, reduciendo a cenizas los residuos inertes.
- ✓ Con la incineración implica ayudar a disminuir el impacto ambiental, puesto que el residuo tóxico es eliminado.
- ✓ La destrucción de compuestos orgánicos, virus y bacterias.

2.2.9.4. Gasificación

Consiste en la oxidación parcial de sustancias orgánicas a altas temperaturas entre los rangos de 500 a 1800°C, para de esta manera se pueda obtener el gas de síntesis (syngas) que posee CO, CO_2, H_2, H_2O, CH_4, hidrocarburos (propano y etano) y que puede ser empleado como combustible para producción de calor y/o electricidad además de poder ser usado como materia prima para la industria química. (Escobar, Rúa, Melo, Martinez, Mambeli & Silva, 2015).

2.2.9.5. Pirólisis

Es la degradación térmica de la materia orgánica en ausencia de oxígeno a bajas temperaturas entre los rangos de 400 a 900°C, teniendo la finalidad de ofrecer la energía térmica requerida para la pirólisis. De este proceso se obtienen 3 productos, los cuales son el líquido de pirólisis, el gas de pirólisis y el coque sólido. (Escobar, Rúa, Melo, Martinez, Mambeli & Silva, 2015).

2.2.9.6. Tecnologías basadas en el Plasma

Escobar, Rúa, Melo, Martinez, Mambeli & Silva (2015) afirma que:

- ✓ **Pirólisis por plasma.**

  Este proceso al ser usado en residuos orgánicos como residuos agrícolas, desechos hospitalarios, comerciales, etc.; generan 2 productos, los cuales son, un gas combustible y un residuo carbonoso o también conocido como char (formado por carbono y cenizas).

Según experimentos realizados demuestran que esta tecnología ofrece un gran potencial para la recuperación del carbono negro de neumáticos usados.

- ✓ **Gasificación por plasma y vitrificación.**

  Las condiciones de alta temperatura que se alcanzan en la gasificación por plasma llevan a la descomposición de los compuestos orgánicos en sus constituyentes elementales, formando un gas de síntesis de alta energía, que consiste principalmente de hidrógeno y monóxido de carbono. La energía contenida en este plasma permite el uso de combustibles con bajo contenido de energía, tales como residuos domésticos e industriales, que a menudo no pueden sostener su propia gasificación sin un combustible adicional.

2.2.10. Potencial Energético de los Residuos Sólidos Urbanos

Es primordial tener en cuenta el Valor de calentamiento bajo (kcal/kg) y el peso seco (kg) de la biomasa residual producida.

Tener en cuenta que 1kcal = 4,184 kJ

Después de ello, se puede hallar la energía de la biomasa en forma de calor (kJ).

Energía de la biomasa = PCI x Peso Seco de la Biomasa

2.2.10.1. Valor de Calentamiento Bajo. (kcal/kg)

Tiene como concepto a la cantidad de calor desprendido y generado, al oxidarse de forma completa el combustible, al margen de la parte que corresponde al calor latente del vapor de agua de la combustión, debido a que aquí no hay cambio de fase (no hay condensación), así que sale expulsado en forma de vapor. (Rodríguez, s. f.)

Tabla 3. Poderes caloríficos de los principales residuos

PCI			
Tipo de residuo	**PCI (GJ/t)**	**PCI (kcal/kg)**	**PCI (tep/t)**
Papel y cartón	19,00	4550	0,46
Plásticos	32,71	7834	0,78
Materia Orgánica	5,50	1317	0,13
Textil	18,47	4422	0,44

Fuente: (Rodríguez, s.f.)

2.2.10.2. Peso Seco de la Biomasa (kg)

Datos de diferentes tipos de residuos

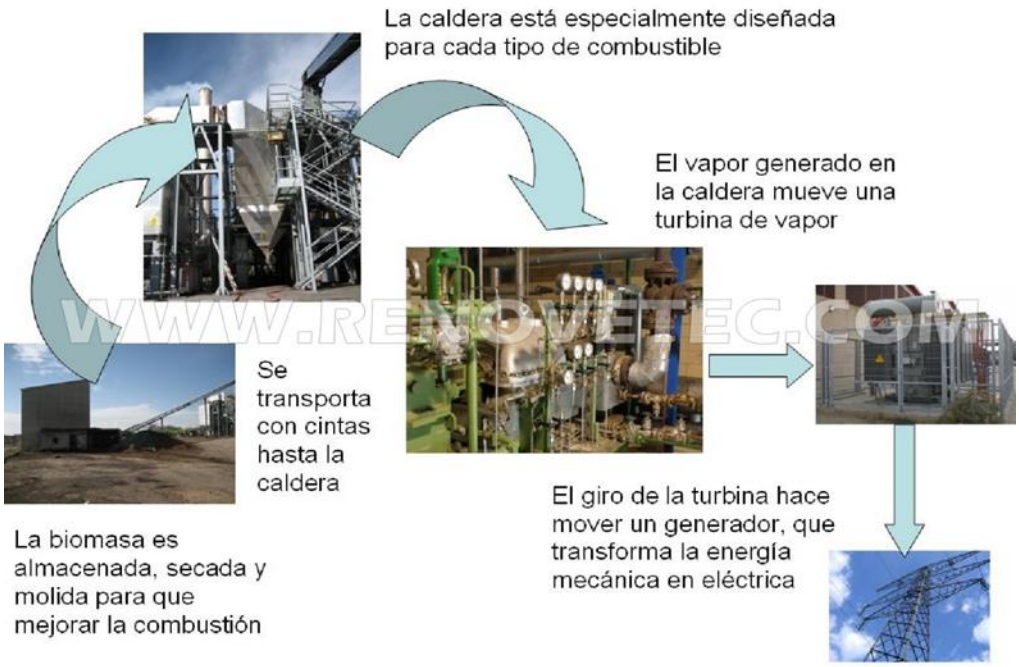
Tipos de residuos	Peso específico, kg. /m^3 Rango	Peso específico, kg. /m^3 Típico	Contenido en humedad % en peso Rango	Contenido en humedad % en peso Típico
Domésticos (no compactados)				
Residuos de comida (mezclados)	131-481	291	50-80	70
Papel	42-131	89	4-10	6
Cartón	42-80	50	4-8	5
Plásticos	42-131	65	1-4	2
Textiles	42-101	65	6-15	10
Goma	101-202	131	1-4	2
Cuero	101-261	160	8-12	10
Residuos de jardín	59-225	101	30-80	60
Madera	131-320	237	15-40	20
Vidrio	160-481	196	1-4	2
Latas de hojalata	50-160	89	2-4	3
Aluminio	65-240	160	2-4	2
Otros metales	131-1.151	320	2-4	3
Suciedad, cenizas, etc.	320-1.000	481	6-12	8
Cenizas	650-831	745	6-12	6
Basuras	89-181	131	5-20	15
Urbanos				
En camión compactador	178-451	297	15-40	20
En vertedero				
Medianamente compactados	362-498	451	15-40	25
Bien compactados	590-742	600	15-40	25
Comerciales				
Residuos de comida (húmedos)	475-950	540	50-80	70
Aparatos	148-202	181	0-2	1
Cajas de madera	110-160	110	10-30	20
Podas de árboles	101-181	148	20-80	5
Basura (combustible)	50-181	119	10-30	15
Basura (no combustible)	181-362	300	5-15	10
Basura (mezclada)	139-181	160	10-25	15
Industriales				
Fangos químicos (húmedos)	801-1.101	1.000	75-99	80
Cenizas volantes	700-900	800	2-10	4
Restos de cuero	100-250	160	6-15	10
Chatarra metálica (pesada)	1.501-2.000	1.780	0-5	-
Chatarra metálica (ligera)	498-900	740	0-5	-
Chatarra metálica (mezclada)	700-1.500	900	0-5	-
Aceites, alquitranes, asfaltos	801-1.000	950	0-5	2
Agrícolas				
Agrícolas (mezclados)	400-751	561	40-80	50
Animales muertos	202-498	359	-	-
Residuos de frutas (mezclados)	249-751	359	60-90	75
Estiércol (húmedo)	899-1.050	1.000	75-96	94
Residuos de vegetales (mezclados)	202-700	359	60-90	75

Fuente: (Aulas Asociación, 2015).

2.2.11. Central Termoeléctrica de Biomasa

De acuerdo con García, (2009), esta central es una planta donde se procesa la biomasa, aprovechando al máximo la energía química que se contiene en la biomasa y que es expulsada como energía térmica en un horno adecuado donde aquí los gases liberados por medio del proceso de la combustión; tales como el C02, H2O y otras sustancias; intercambian su calor en una caldera por la que circula agua y es transformada en vapor. Este vapor, es trasladado a una turbina, a una presión que varía entre 0.06 y 0.120 bar absolutos; donde se va a extender, generando que la energía potencial que contiene el vapor a presión, que se transforma en energía cinética y luego en energía mecánica rotativa. Esta turbina tiene su eje ligado a un generador eléctrico, donde da lugar a la conversión de la energía mecánica rotativa en energía eléctrica.

Figura 6. Central Termoeléctrica de Biomasa



Fuente: (García, 2009)

Esta central de biomasa consta de equipos como el Sistema de transporte de la biomasa hasta la caldera, una caldera de incineración, turbinas de vapor, generador eléctrico, sistemas de baja, media y alta tensión, y sistemas auxiliares. (García, 2009)

2.2.12. Generación de Energía por Biogás

De acuerdo con Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), (2017). El biogás es un gas combustible que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos y otros factores, en ausencia de oxígeno.

La producción de biogás por descomposición anaeróbica es un modo considerado útil para tratar residuos biodegradables, ya que produce un combustible de valor además de generar un efluente que puede aplicarse como acondicionador de suelo o abono genérico. (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), 2017).

El resultado es una mezcla constituida por metano (CH4) en una proporción que oscila entre un 50% y un 70% en volumen, y dióxido de carbono (CO2), conteniendo pequeñas proporciones de otros gases como hidrógeno (H2), nitrógeno (N2), oxígeno (O2) y sulfuro de hidrógeno (H2S). El biogás tiene como promedio un poder calorífico entre 18.8 y 23.4 megajulios por metro cúbico (MJ/m³). (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), 2017).

Este gas se puede utilizar para producir energía eléctrica mediante turbinas o plantas generadoras a gas, en hornos, estufas, secadores, calderas, otros sistemas de combustión a gas, debidamente adaptados para tal efecto. (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), 2017).

Las turbinas de gas (micro turbinas, desde 25 hasta 100 kW y turbinas grandes, >100 kW) se pueden utilizar para la producción de calor y energía, con una eficiencia comparable a los motores de encendido por chispa y con un bajo mantenimiento. Sin embargo, los motores de combustión interna son los usados más comúnmente en este tipo de aplicaciones. El uso de biogás en estos sistemas requiere la remoción de H2S (bajo 100 ppm) y vapor de agua. Las celdas de combustible serían las plantas de energía a pequeña escala del futuro para la producción de electricidad y calor con una eficiencia superior al 60% y bajas emisiones. (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), 2017).

Ventajas Medioambientales

Gracias a la digestión anaerobia podemos obtener biogás. Nos ofrece muchas ventajas tales como con la adquisición de este gas se genera energía de manera eficaz, prevenir los daños al medio ambiente, reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero, disminución de las emisiones de metano, y además de la reducción de compuestos que causan mal olor. Mencionando todas estas ventajas medioambientales, debe considerarse el biogás como un recurso renovable con

lo que se puede generar energía. (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), 2017).

La generación de energía por la producción de biogás, consta de algunos sistemas y equipos.

De acuerdo con Comisión Federal de Electricidad. (2012).

• Sistemas

- De bombeo de gas: Consiste en un soplador que proporciona la presión negativa en la red colectora, con el fin de conducir el biogás del relleno a la estación de filtración de gas y acondicionamiento.
- Eliminador de humedad: Implica en un condensador de humedad que se encuentra en el biogás. El agua regresa al relleno sanitario.
- Medición de gas: Consta de analizadores para saber la composición de gas, de medidores de flujo que sirve para contar con exactitud el flujo de biogás y también de un sistema automático de obtención de reporte de datos.

• Módulo de acondicionamiento del biogás: Sirve para la separar impurezas.

Luego de la eliminación de impurezas y de la humedad del gas, se procede a retirar del biogás a través de un sistema de filtros o absorbedores.

• Compresor de gas: Suministra la presión requerida para operar el motor a gas.

• Paquete motogenerador: Consta de un motor de combustión interna a gas con bujía que opera casi como un motor de automóvil, pero utiliza biogás. Se conecta a un generador eléctrico que genera electricidad a bajo voltaje. Aquí también se encuentra el sistema de enfriamiento del motor.

2.2.13. Consideraciones Técnicas

Se debe tener en cuenta algunas consideraciones para poder emplear las fórmulas necesarias para nuestro presente proyecto de tesis.

Teniendo presente que tenemos nuestro relleno sanitario o botadero, nuestros residuos son principalmente los insumos y el gas son el producto de la descomposición de todos los desechos.

Vamos a obtener biogás de nuestro relleno, gracias a la descomposición de la materia orgánica por la digestión anaerobia.

Se realiza una investigación sobre las cantidades y características de los residuos.

Partiendo de datos fundamentales, se puede seguir con los cálculos para aprovechar los residuos y generar electricidad.

En la tabla 4, presento a continuación la proyección de generación residuos diariamente en (T/día) y anualmente (T/año), partiendo de la población proyectada cada año en la Ciudad de Pomalca y la Generación Per Cápita.

Tabla 4. Estimación de proyección de población y generación de residuos

Generación Per Cápita		=	0,455	(kg/hab/día)
Tasa de Crecimiento Poblacional		=	1	%
AÑO	Población Proyectada	Proyección GPC Domiciliaria (kg/hab/día)	Proyección Generación Diaria (T/día)	Proyección Generación Anual (T/año)
2019	22 543,19	0,450	10,144	3 702,56
2020	22 768,62	0,455	10,360	3 781,30
2021	22 996,31	0,459	10,555	3 852,69
2022	23 226,27	0,464	10,777	3 933,60
2023	23 458,53	0,469	11,002	4 015,75
2024	23 693,12	0,474	11,231	4 099,15
2025	23 930,05	0,479	11,462	4 183,81
2026	24 169,35	0,484	11,698	4 269,76
2027	24 411,04	0,489	11,937	4 357,00
2028	24 655,15	0,494	12,180	4 445,57
2029	24 901,71	0,498	12,401	4 526,38

Fuente: Valorización de Residuos Sólidos Municipales. Pomalca

En esta tabla 5, exponemos la composición y porcentajes reales de cada residuo, repartiéndose en residuos aprovechables y no Reaprovechables.

Tabla 5. Composición general de los Residuos Sólidos de la ciudad de Pomalca

Tipo de RSU	Composición %
1. Residuos Aprovechables	**77,51%**
1.1. Residuos Orgánicos	58,01%
1.2. Residuos Inorgánicos	19,50%
2. Residuos no Reaprovechables	**22,49%**
Total	**100%**

Fuente: Valorización de Residuos Sólidos Municipales. Pomalca

2.2.14. Determinación de los Gases del Biogás.

Ortiz, J. (2017), afirma que:

Para poder determinar el cálculo de emisiones primero debemos tener en cuenta:

En la Ecuación 1, para evaluar la generación de biogás generado en un vertedero.

Estimación de CH_4

$$QCH_4 = Lo * R * (e^{-k*C} - e^{-k*T})$$ .....(Ecuación 1)

Definimos:

Lo = Potencial de Generación de Metano (m^3 /T de RSU).

R = Media anual de RSU (T/año).

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

C = Tiempo desde la clausura del vertedero en años.

T = Tiempo desde el primer depósito de basura en años.

Determinación de Lo:

Definido por la siguiente ecuación:

$$Lo = DOC*DOCf*16/12*F*MCF$$ .....(Ecuación 2)

Tal que:

- DOC = Es la fracción de carbono orgánico de basura que se puede degradar.

  Ecuación 3

  DOC = 0,4 * (% papel y textiles) + 0,17 * (%Orgánicos procedentes de jardines) + 0,15 * (%Orgánicos de comida general) + 0,38 * (%madera)

- DOCf = Es la fracción de DOC que se transforma a gas

  DOCf = 0,014 * T + 0,28 .....(Ecuación 4)

  T = Temperatura en la zona anaeróbica, considerándose 35ºC.

- F = Es la fracción de CH_4 en el gas gestionado, considerándose 0.5.

- MCF = Es la cantidad de CH_4 en el biogás, se pueden dar estos valores:

  - En vertederos gestionados, el valor es igual a 1.

  - En vertederos no gestionados con una profundidad menor de 5m, el valor es igual a 0,4.

  - En vertederos no gestionados y más profundos, el valor es igual a 0,8.

Cálculo para R:

$$\boldsymbol{R} = \text{Capacidad del vertedero / \# de años de funcionamiento} \quad \text{.....(Ecuación 5)}$$

Pero si de desconoce la capacidad, y se conocen las dimensiones, se realiza

$$\text{Capacidad} = A \times B * C \quad \text{.....(Ecuación 6)}$$

Donde: A (Es el área del vertedero), B (Es la profundidad del vertedero) y C (Es la densidad de residuos sólidos urbanos)

A continuación, estimación de valores estandarizados de la densidad de la basura.

• Basura compactada: Rango de 653 a 831 kg/m^3

• Basura degradada: Rango de 1,009 a 1,127 kg/m^3

Cálculo de K:

La ratio de generación de metano.

Tabla 6. Estimación de valores de Lo y K

Valores Estimados	EPA	NPI	IPCC
Lo (m^3/T)	100	79	100-200
K (1/año)	0.4 Clima lluvioso	0.058	0.004-0.4
	0.2 Clima seco		

Fuente: (Ortiz, J. ,2017)

EPA: US Environmental Protection Agency.

NPI: National Pollutant Inventory (Australia).

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change.

Para el procedimiento de los cálculos, se toman los valores estimados de k de la EPA (US Environmental Protection Agency), teniendo en cuenta el clima de la zona:

- 0,04 (áreas de tiempo lluvioso, más de 635 l de agua/m^2 al año)
- 0,02 (áreas de tiempo seco, menos de 635 l de agua/m^2 al año)

Cálculo de C:

El tiempo de la clausura del vertedero deberá de estar en años.

Cálculo de T:

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

Estimación de emisión de CO_2

Después de conocerse el valor de CH_4, procedemos:

$$QCO_2 = QCH_4 * 40/55 \quad \text{.....(Ecuación 7)}$$

Ahora para conocer en kg/año las emisiones de los compuestos del biogás en emisiones controladas. Ecuación 8

$$UM\text{p} = \frac{Q_{\text{p}} * MW\text{p} * 1atm}{(8{,}205 * 10^{-5} m^3\ atm/gmol)\ (1000 g/kg)\ (273 + T°_{\text{vertedero}})}$$

En donde:

UMp = Es la emisión del contaminante p no controlado (kg/año).

MWp = Es el peso molecular de p (g/mol).

Qp = La ratio de emisión de p (m^3/año).

T = Es la temperatura del vertedero, ºC (si se desconoce, se considera T = 25ºC)

Según Cadena, J., Mora, J. & Pérez, S. (2012). En las plantas de generación eléctrica, existen 3 tecnologías para convertir la energía de biogás en energía eléctrica, los cuales son los Motores de Combustión Interna (MCI), los ciclos combinados y las microturbinas de gas.

Se aplican las siguientes fórmulas:

Potencia disponible:

Depende del caudal de biogás según la siguiente ecuación:

Potencia disponible [kW]= ηt * PCIbiogás * Qbiogás

Definiendo:

ηt: El rendimiento térmico de generación eléctrica (%). Con las eficiencias del sistema de recuperación del biogás: Eficiencia baja en 50%, media en 60% y alta en 80%.

PCIbiogás: Es el poder calorífico inferior del biogás: se toma 5,9748kWh/m^3

Qbiogás: Es el caudal de biogás captado (m^3 CH_4/hora).

Energía eléctrica producida:

Electricidad [kWh/año] = (Potencia disponible) * factor de disponibilidad * horas funcionamiento año.

PLANTA TÉRMICA CON MCI

Estas plantas emplean un motogenerador que consta de un motor de combustión interna (MCI), el cual está conectado a un generador con el que se puede producir energía eléctrica. Los MCI con rendimientos de entre 70 y 80%, son fabricables hasta en potencias de 20 MW. Aquí las eficiencias del sistema para la conversión en energía eléctrica están en rangos de 25 y 45%. (Cadena, J., Mora, J. & Pérez, S., 2012).

PLANTA TÉRMICA DE CICLO COMBINADO

Este ciclo combinado convierte la energía del biogás en electricidad mediante dos ciclos diferentes consecutivos (Ciclo Brayton, correspondiente a la turbina de gas y el Ciclo Rankine, correspondiente a la turbina de vapor). Los rendimientos de este ciclo oscilan entre el 25 y 35%. (Cadena, J., Mora, J. & Pérez, S., 2012).

PLANTA TÉRMICA CON MICROTURBINAS DE GAS

Las microturbinas de gas son pequeñas turbinas que operan a gas y queman metano de un bajo grado de procesamiento mezclado con aire a presión. Hay disponibles actualmente microturbinas que alcanzan los 350kW y su eficiencia es dependiente de que si recuperan o no recuperan calor; oscilan entre el 20 y 35%. (Cadena, J., Mora, J. & Pérez, S., 2012).

2.3. Definición Conceptual de la Terminología Empleada

Residuos Sólidos Urbanos.

Los residuos sólidos urbanos son generados a una gran velocidad por la actividad de las actividades del ser humano y otros seres vivos, teniendo la capacidad de ser reaprovechados. (ONUDI, 2007).

Electricidad.

Es un fenómeno físico, se presencia con el movimiento de los electrones de la capa externa de los átomos que se encuentran presentes en la superficie de un material conductor. (Instituto Catalán de Energía, (s.f.).)

Materia Orgánica

Tienen procedencia de origen biológico, conformado mayoritariamente por residuos proveniente de las actividades comerciales, hospitalarias, domiciliarias, etc.; como lo son los restos de alimentos, jardinería, etc. Encontrados con una gran variación heterogénea en todas las zonas como urbanas y rurales. (UNED. Gestión y Tratamiento de los Residuos Urbanos, (s.f.).)

Biomasa

Conocida también como bioenergía. Se define a todo lo que es obtenido en los residuos urbanos, forestales, agrícolas. Es una excelente fuente de energía renovable. Con un correcto tratamiento es aprovechado como energía eléctrica, fuente de calor y también utilizado para el transporte aprovechado como fuerza motriz. (Fundación Friedrich Ebert, 2010).

Biogás

Es un gas renovable generado por la degradación y fermentación de la materia orgánica, a través de la acción de microorganismos en ausencia de oxígeno. (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), (2017).

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

- ✓ Aplicada

Este proyecto está orientado a hacer frente al constante problema de los residuos sólidos urbanos que se presenta en la Ciudad de Pomalca, dando solución mediante el aprovechamiento de estos residuos y así generar electricidad y aminorar significativamente los daños medioambientales.

- ✓ Descriptiva Correlacional

Es una investigación donde visualizará el comportamiento y la relación que hay entre Residuos Sólidos Urbanos y Generación de Electricidad.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

En esta investigación se considera la Cantidad de Residuos Sólidos Urbanos que se producen en la Ciudad de Pomalca para lograr obtener electricidad.

3.2.2. Muestra

Para este estudio la muestra es la Cantidad de Residuos Sólidos Urbanos producidos en la Ciudad de Pomalca para lograr obtener electricidad.

3.3. Hipótesis

Sí es posible generar electricidad mediante los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Pomalca.

3.4. Variables – Operacionalización

Variable independiente

Residuos Sólidos Urbanos.

Variable dependiente

Generación de Electricidad.

Tabla 7. Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores
Variable independiente Residuos Sólidos Urbanos	**Los residuos sólidos urbanos** son producto de una actividad ya sea por la acción directa del hombre y otros seres vivos, conformándose así una masa heterogénea, tienen la capacidad de ser reutilizados y aprovechados. (ONUDI, 2007).	Evaluar el potencial energético de los Residuos Sólidos Urbanos.	Cantidad de Residuos Sólidos Urbanos. Potencial energético.

<u>Variable dependiente</u> Generación de Electricidad	**La electricidad** es un fenómeno físico, que se presencia con el movimiento de los electrones de la capa externa de los átomos que se encuentran presentes en la superficie de un material conductor. (Instituto Catalán de Energía, (s.f.).)	Calcular la energía eléctrica y potencia eléctrica a generar.	Potencia (kW). Energía (kWh).

Fuente: Elaboración propia

3.5. Métodos y Técnicas de Investigación

3.5.1. Métodos

Método Inductivo.

Lo desarrollamos para solucionar la problemática, ya que vamos a partir de la observación, conocimientos y datos específicos como la población y cantidad de residuos producidos, determinando la caracterización de los residuos, tecnología y cálculos a emplear, y posteriormente llegando a la conclusión que si es posible generar electricidad mediante los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Pomalca.

3.5.2. Técnicas

Observación

Se ha utilizado la técnica de la observación con el objetivo de recoger, recolectar y obtener información de la situación de la acumulación de residuos, sus características y comportamiento dentro de la sociedad y del medio ambiente. Ello nos ayuda para el planteamiento adecuado de la problemática a estudiar y permite hacer una formulación global de la investigación.

Entrevista

Se realizó la entrevista donde se requirió que tener un permiso y disponer de un ambiente adecuado para realizar las interrogantes al entrevistado. Esta técnica fue aplicada a la Sub Gerencia del Medio Ambiente, en la Municipalidad Distrital de Pomalca.

Búsqueda bibliográfica

La técnica de búsqueda bibliográfica se utilizó para obtener información de diferentes bibliografías sobre el aprovechamiento de los Residuos Sólidos Urbanos como las tesis de aprovechamiento de la biomasa residual de Chiclayo, Diseño de una Central Eléctrica de Biomasa Conectado a la Red Eléctrica Puno, etc., libros, artículos científicos, revistas, páginas web, etc.

3.6. Descripción de los Instrumentos Utilizados

Tabla 8. Técnicas e instrumentos empleados

Técnicas	Instrumentos
Observación	Ficha de observación (Anexo 1).
Entrevista	Ficha de entrevista – Cuestionario (Anexo 2).
Búsqueda bibliográfica	Ficha de búsqueda bibliográfica.

Fuente: Elaboración propia

3.7. Análisis Estadístico e Interpretación de Datos

Sobre la base de obtención y compilación de información, logramos obtener datos estadísticos como se muestra este proyecto de investigación, para realizar el estudio para generar electricidad aprovechando los Residuos Sólidos Urbanos, las cuales son la población proyectada, la Generación Per Cápita, la composición general de los residuos sólidos; los mismos el cual se emplean en tablas de resumen.

Se ha utilizado el software aplicativo Microsoft Office 2016 (Excel, Word).

Para realizar el estudio para generar electricidad mediante los residuos sólidos urbanos, se recurre a la estadística descriptiva, ayudan a comprender la estructura de los datos, de

manera de detectar tanto un patrón de comportamiento general como apartamientos de este. Una manera de reflejar esto es mediante gráficos.

Luego de esta etapa se procede a realizar el análisis de la comparación del potencial energético de los residuos mediante las alternativas tratadas en la investigación.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Determinación de la Cantidad y la Caracterización de los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Pomalca

La proyección de la población en el año 2020, toma de referencia la tasa de crecimiento promedio anual, que es el 1%. (Valorización de Residuos Sólidos Municipales. Pomalca, 2019).

Tabla 9. Proyección de población

Pi = Población real (obtenida del último Censo Nacional 2017) (dato se obtiene de INEI)			
r = Tasa de crecimiento anual intercensal (dato se obtiene de INEI)			
n = Número de años de proyección de población (a partir del último censo nacional)			
PF = Población proyectada después de "10" años luego del último censo			
		Año	**Población**
		2017	22 099,00
PF (2018) =	22 099,00 x (1+ 1.00%) ^1	2018	22 319,99
PF (2019) =	22 099,00 x (1+ 1.00%) ^2	2019	22 543,19
PF (2020) =	22 099,00 x (1+ 1.00%) ^3	2020	22 768,62
PF (2021) =	22 099,00 x (1+ 1.00%) ^4	2021	22 996,31
PF (2022) =	22 099,00 x (1+ 1.00%) ^5	2022	23 226,27
PF (2023) =	22 099,00 x (1+ 1.00%) ^6	2023	23 458,53
PF (2024) =	22 099,00 x (1+ 1.00%) ^7	2024	23 693,05
PF (2025) =	22 099,00 x (1+ 1.00%) ^8	2025	23 930,05
PF (2026) =	22 099,00 x (1+ 1.00%) ^9	2026	24 169,35
PF (2027) =	22 099,00 x (1+ 1.00%) ^10	2027	24 411,04
PF (2028) =	22 099,00 x (1+ 1.00%) ^11	2028	24 655,15
PF (2029) =	22 099,00 x (1+ 1.00%) ^12	2029	24 901,71

Fuente: (Valorización de Residuos Sólidos Municipales. Pomalca, 2019)

La generación Per Cápita de los residuos sólidos es de 0.455 kg/hab/día, en el presente cuadro se indica la proyección de generación diaria y anual de residuos en T/día y T/año. (Valorización de Residuos Sólidos Municipales. Pomalca, 2019).

Tabla 10. Proyección de generación

Generación Per Cápita		=	0,455	(kg/hab/día)
Tasa de Crecimiento Poblacional		=	1	%
AÑO	Población Proyectada	Proyección GPC Domiciliaria (kg/hab/día)	Proyección Generación Diaria (T/día)	Proyección Generación Anual (T/año)
2019	22 543,19	0,450	10,144	3 702,72
2020	22 768,62	0,455	10,360	3 781,30
2021	22 996,31	0,459	10,555	3 852,69
2022	23 226,27	0,464	10,777	3 933,60
2023	23 458,53	0,469	11,002	4 015,75
2024	23 693,12	0,474	11,231	4 099,15
2025	23 930,05	0,479	11,462	4 183,81
2026	24 169,35	0,484	11,698	4 269,76
2027	24 411,04	0,489	11,937	4 357,00
2028	24 655,15	0,494	12,180	4 445,57
2029	24 901,71	0,498	12,401	4 526,38

Fuente: (Valorización de Residuos Sólidos Municipales. Pomalca, 2019)

A continuación, mostramos los porcentajes de composición por tipo de residuo.

Ahora presento la composición general que se mostró en la tabla #5, con datos más detallados de cada residuo.

Tabla 11. Composición general de los Residuos Sólidos Urbanos

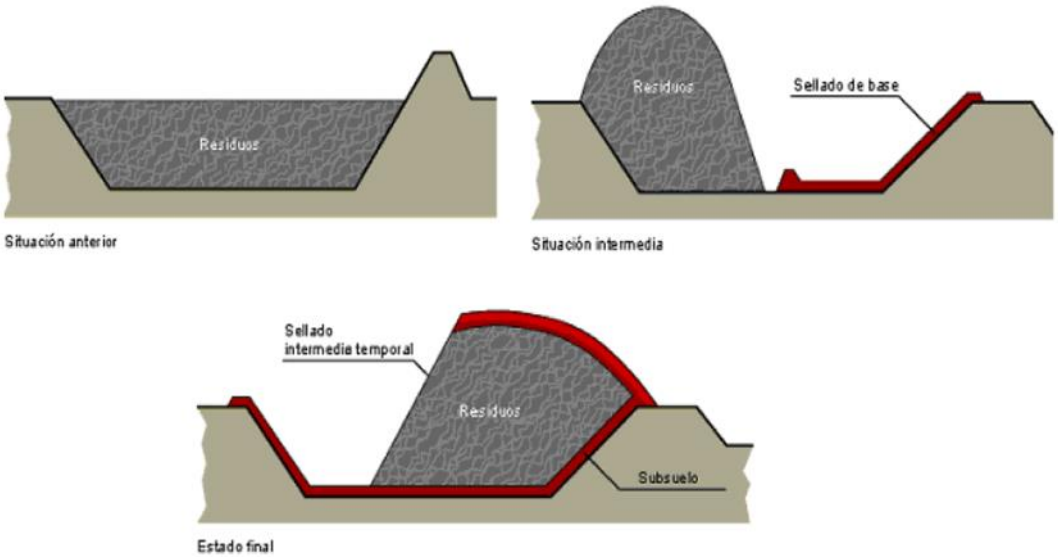
Tipo de RSU	Composición %
1. Residuos Aprovechables	**77,51%**
1.1. Residuos Orgánicos	**58,01%**
Residuos de alimentos (restos de comida, cáscaras, restos de verduras, frutas)	45,13%
Residuos de maleza y poda (restos de flores, hojas, tallos)	3,99%
Otros orgánicos (estiércol de animales, huesos)	8,88%
1.2. Residuos Inorgánicos	**19,50%**
Papel	**3,26%**
Blanco	1,35%
Periódico	0,52%
Mixto (páginas de cuadernos, revistas, otros similares)	1,39%
Cartón	**3,95%**
Blanco (liso y cartulina)	0,90%
Marrón (corrugado)	1,80%
Mixto (tapas de cuadernos, revistas, otros similares)	1,26%
Vidrio	**4,34%**
Plástico	**6,24%**
PET-Tereftalato de polietileno	1,87%
PEAD-Polietileno de alta densidad	2,25%
PEBD-Polietileno de baja densidad	1,13%
PP-Polipropileno	0,61%
PS-Poliestireno	0,29%
PVC-Policloruro de vinilo	0,08%
Tetra Bik (envases multicapa)	**0,00%**
Metales	**1,71%**
Textiles(telas)	**0,00%**
Caucho, cuero, jebe	**0,00%**
2. Residuos no Reaprovechables	**22,49%**
Bolsas plásticas de un solo uso	6,37%
Residuos sanitarios (papel higiénico, pañales, toallas sanitarias)	6,62%
Pilas	0,14%
Tecnopor (poliestireno expandido)	1,43%
Residuos Inertes (tierra, piedras, cerámicos, ladrillos, otros)	5,80%
Restos de medicamentos	1,19%
Envolturas de snacks, galletas, caramelos	0,94%
Total	**100%**

Fuente: (Valorización de Residuos Sólidos Municipales. Pomalca, 2019)

4.2. Determinar las tecnologías para aprovechar los Residuos Sólidos Urbanos y generar electricidad

Primero se debe tener ya un vertedero existente donde se recolecte los RSU, luego se continúa con la transferencia de la masa de residuos a alguna parte del mismo vertedero; se establece un sellado de base en forma cónica con lo que se recuperan los lixiviados por medio de un único pozo. (Ortiz, J. ,2017)

Figura 7. Proceso de reestructuración en un vertedero



Fuente: (Ortiz, J. ,2017)

Continuamente se procede a trasladar la masa de residuos hacia la zona sellada conformando una colina que se cubre con un sistema de sellado de superficie. En la zona de explotación en la ladera se instala un sellado intermedio temporal, donde se producen lixiviados (que es originado por la filtración o percolación de agua por medio de la masa de residuos), éstos son evacuados a través de una capa mineral de drenaje hacia un pozo central de lixiviados. (Ortiz, J. ,2017)

Una solución para disminuir los lixiviados, se elabora un sistema especial de explotación donde la parte activa del vertedero es protegida contra la infiltración de lluvia por medio de un sellado temporal.

Los RSU debe tener un adecuado tratamiento para su aprovechamiento, empezando desde la construcción de la planta de biogás, donde los residuos depositados pasan por el proceso de trituración hasta un tamaño aprox. De 7 a 15cm, y clasificando y separando los materiales como inorgánicos, como lo son los metales, vidrios, etc. El material resultante entra en un clasificador de aire, la fracción de materia orgánica ligera se recupera, y la parte pesada se traslada a un recuperador antes de ser reciclada, la extracción del biogás es a través de pozos verticales perforados en toda la extensión del vertedero controlado mediante la instalación de una red superficial de tuberías. (Ortiz, J. ,2017).

Figura 8. Funcionamiento de un vertedero para producir electricidad

Fuente: (Ortiz, J. ,2017)

Podemos aprovechar los RSU por medio de incineración, en un sistema de cogeneración, ya que provee mayor eficiencia energética para generar electricidad.

Las Plantas térmicas que operan con Motores de Combustión Interna (MCI) mayormente son empleados puesto que presentan alta eficiencia, además son de bajo costo y aporta la ventaja de poder añadir o quitar los motores según las tendencias de recuperación de gas. Aquí se precisa de la purificación del combustible con el propósito de reducir las altas emisiones contaminantes que se encuentran por encima de los niveles permitidos y también reducir los constituyentes que son agresivos para los motores.

Ahora, de acuerdo a la composición de la basura vamos aprovechar la materia orgánica que va a pasar por un proceso de putrefacción para obtener metano (CH_4) en una proporción que oscila entre un 50% a 70% en volumen, y dióxido de carbono (CO_2).

Ahora con la descripción de las fórmulas en el capítulo II, teniendo en cuenta los datos obtenidos, calcularemos, la estimación de generación de biogás generado en un vertedero.

1. **Estimación de CH_4**

$$QCH_4 = Lo * R * (e^{-k*C} - e^{-k*T})$$

Calculando Lo:

$$Lo = DOC*DOCf*16/12*F*MCF$$

Se tiene:

- DOC = Es la fracción de carbono orgánico degradable en la basura

  DOC = 0,4 * (% papel y textiles) + 0,17 * (%Orgánicos procedentes de jardines) + 0,15 * (%Orgánicos de comida general) + 0,38 * (%madera)

  DOC = 0,4 * (3,26 + 0) + 0.17 * (3,99) + 0,15 * (45,13) + 0,38 * (0)

  DOC = 8,7518

- **DOCf = 0,014 * T + 0,28**

  T = Temperatura en la zona anaeróbica que se considera como 35ºC.

  DOCf = 0,014 * 35 + 0,28

  DOCf = 0,77

- F = Fracción de CH_4 en el gas gestionado, considerado como 0,5.

- MCF = Cantidad de CH_4 en el biogás, teniéndose los siguientes valores:

  Para vertederos no gestionados y más profundos se considera el valor = 0,8

Ahora tenemos:

Lo = DOC*DOCf *16/12*F*MCF

Lo = 8,7518 * 0,77 * 16/12 * 0,5 * 0,8

Lo = 3,5940 m^3/T

Cálculo para R:

R = Es la media anual de RSU (T/año).

Cálculo de K:

Tomaremos los valores de la EPA (US Environmental Protection Agency), teniendo en cuenta el clima de la zona:

Para nuestro proyecto de tesis utilizaremos

- 0.02 para áreas de tiempo seco

Cálculo de C:

El tiempo de la clausura del vertedero deberá de estar en años.

C = 0, porque nunca se clausuró el botadero.

Cálculo de T:

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

En nuestro caso el tiempo sería de 20 años.

AÑO 2020

En el año 2020 la generación anual 3 781,30 T/año.

Entonces finalmente:

La generación de CH_4 en el año

$QCH_4 = Lo * R * (e^{-k*C} - e^{-k*T})$

$QCH_4 = 3{,}5940 * 3\,781{,}30 * (e^{-0{,}02*0} - e^{-0{,}02*20})$

$QCH_4 = 4\,480{,}4384\ m^3$ /año

$QCH_4 = 0{,}51147\ m^3$ /h

2. Estimación de CO_2

Luego que ya se conoce la estimación de la emisión de CH4, procedemos:

$QCO_2 = QCH_4 * 40/55$

$QCO_2 = 4\,480{,}4665 * 40/55$

$QCO_2 = 3\,258{,}5006\ m^3$ /año

$QCO_2 = 0{,}37197\ m^3$ /h

Ahora para conocer en kg/año las emisiones de los compuestos del biogás en emisiones controladas:

$$UMp = \frac{Q_p * MWp * 1atm}{(8.205 * 10^{-5} m^3\, atm/gmol)\,(1000 g/kg)\,(273 + T°_{vertedero})}$$

UMp = Emisión del contaminante CH_4, CO_2 no controlado (kg/año).

T = Consideramos la temperatura a 25ºC

Para el CH_4 se calcula:

$$UM_{\mathrm{CH4}} = \frac{Q_{\mathrm{CH4}} * MW_{\mathrm{CH4}} * 1atm}{(8{,}205 * 10^{-5} m^3\ atm/gmol)\ (1000 g/kg)\ (273 + T°_{\mathrm{vertedero}})}$$

$$UM_{\mathrm{CH4}} = \frac{4\ 480{,}4384 * 16 * 1atm}{(8{,}205 * 10^{-5} m^3\ atm/gmol)\ (1000 g/kg)\ (298)}$$

UM_{CH4} = 2 931,8763 kg/año

Para el CO2 se calcula:

$$UM_{\mathrm{CO2}} = \frac{Q_{\mathrm{CO2}} * MW_{\mathrm{CO2}} * 1atm}{(8.205 * 10^{-5} m^3\ atm/gmol)\ (1000 g/kg)\ (273 + T°_{\mathrm{vertedero}})}$$

$$UM_{\mathrm{CO2}} = \frac{3\ 258{,}5211 * 44 * 1atm}{(8{,}205 * 10^{-5} m^3\ atm/gmol)\ (1000 g/kg)\ (298)}$$

UM_{CO2} = 5 863,7894 kg/año

Estimaremos la potencia y electricidad generada por el biogás.

Potencia disponible:

Depende del caudal de biogás.

Potencia disponible [kW]= ηt * PCIbiogás * Qbiogás

Donde:

ηt: Es el rendimiento térmico de generación eléctrica (%). Con eficiencia de recuperación del biogás: baja (50%), media (60%) y alta (80%).

PCIbiogás: Poder calorífico inferior del biogás: se toma 5,9748kWh/m^3

Qbiogás: Caudal de biogás capturado (m^3 CH_4/hora).

Para este estudio:

Rendimiento del sistema 50%

Potencia disponible [kW]= 50% * 5,9748 * 0,51147 m^3/ h

Potencia disponible [kW]= 1,528 kW

Energía eléctrica producida:

Electricidad [kWh/año] = (Potencia disponible) * factor de disponibilidad * horas funcionamiento año

Electricidad [kWh/año] = (1,528 kW) *0,90* 8760

Electricidad [kWh/año] = 12 046,376 kWh/año

Rendimiento del sistema 60%

Potencia disponible [kW]= 60% * 5,9748 * 0,51147 m^3/ h

Potencia disponible [kW]= 1,834 kW

Energía eléctrica producida:

Electricidad [kWh/año] = (Potencia disponible) * factor de disponibilidad * horas funcionamiento año

Electricidad [kWh/año] = (1,834 kW) *0.90* 8760

Electricidad [kWh/año] = 14 455,651 kWh/año

Rendimiento del sistema 80%

Potencia disponible [kW]= 80% * 5,9748 * 0,51147 m^3/ h

Potencia disponible [kW]= 2,445 kW

Energía eléctrica producida:

Electricidad [kWh/año] = (Potencia disponible) * factor de disponibilidad * horas funcionamiento año

Electricidad [kWh/año] = (2,445 kW) *0.90* 8760

Electricidad [kWh/año] = 19 274,20 kWh/año

AÑO 2021

En el año 2021 la generación anual 3 852,69 T/año.

La generación de CH4 en el año

$QCH_4 = Lo * R * (e^{-k*C} - e^{-k*T})$

$QCH_4 = 3{,}5940 * 3\,852{,}69 * (e^{-0{,}02*0} - e^{-0{,}02*20})$

$QCH_4 = 4\,565{,}028\ m^3$ /año

$QCH_4 = 0{,}5211\ m^3$ /h

Estimación de CO2

Luego que ya se conoce la estimación de la emisión de CH_4, procedemos:

$QCO_2 = QCH_4 * 40/55$

$QCO_2 = 4\,564{,}8055 * 40/55$

$QCO_2 = 3\,320{,}02\ m^3$ /año

$QCO_2 = 0{,}379\ m^3$ /h

Ahora para conocer en kg/año las emisiones de los compuestos del biogás en emisiones controladas:

$$UM\text{p} = \frac{Q_{\text{p}} * MW\text{p} * 1atm}{(8.205 * 10^{-5} m^3\, atm/gmol)\,(1000 g/kg)\,(273 + T°_{\text{vertedero}})}$$

Para el CH4 se calcula:

$$UM_{\text{CH4}} = \frac{Q_{\text{CH4}} * MW_{\text{CH4}} * 1atm}{(8{,}205 * 10^{-5} m^3\, atm/gmol)\,(1000 g/kg)\,(273 + T°_{\text{vertedero}})}$$

$$UM_{\text{CH4}} = \frac{4\,564{,}8055 * 16 * 1atm}{(8{,}205 * 10^{-5} m^3\, atm/gmol)\,(1000 g/kg)\,(298)}$$

$UM_{\text{CH4}} =$ 2 987,0838 kg/año

Para el CO2 se calcula:

$$UM_{\text{CO2}} = \frac{Q_{\text{CO2}} * MW_{\text{CO2}} * 1atm}{(8.205 * 10^{-5} m^3\, atm/gmol)\,(1000 g/kg)\,(273 + T°_{\text{vertedero}})}$$

$$UM_{\text{CO2}} = \frac{3\,319{,}8585 * 44 * 1atm}{(8{,}205 * 10^{-5} m^3\, atm/gmol)\,(1000 g/kg)\,(298)}$$

$UM_{\text{CO2}} =$ 5 974,1676 kg/año

Para estimar la potencia eléctrica generada por el biogás se utiliza la ecuación.

Potencia disponible:

Depende del caudal de biogás.

Potencia disponible [kW]= ηt * PCIbiogás * Qbiogás

Para este estudio:

Rendimiento del sistema 50%

Potencia disponible [kW]= 50% * 5,9748 * 0,52110 m^3/ h

Potencia disponible [kW]= 1,557 kW

Energía eléctrica producida:

Electricidad [kWh/año] = (Potencia disponible) * factor de disponibilidad * horas funcionamiento año

Electricidad [kWh/año] = (1,557 kW) *0,90* 8760

Electricidad [kWh/año] = 12 273,808 kWh/año

Rendimiento del sistema 60%

Potencia disponible [kW]= 60% * 5,9748 * 0,52110 m^3/ h

Potencia disponible [kW]= 1,868 kW

Energía eléctrica producida:

Electricidad [kWh/año] = (Potencia disponible) * factor de disponibilidad * horas funcionamiento año

Electricidad [kWh/año] = (1,868 kW) *0.90* 8760

Electricidad [kWh/año] = 14 728,570 kWh/año

Rendimiento del sistema 80%

Potencia disponible [kW]= 80% * 5,9748 * 0,52110 m^3/ h

Potencia disponible [kW]= 2,491 kW

Energía eléctrica producida:

Electricidad [kWh/año] = (Potencia disponible) * factor de disponibilidad * horas funcionamiento año

Electricidad [kWh/año] = (2,498 kW) *0.90* 8760

Electricidad [kWh/año] = 19 638,093 kWh/año

4.3. Comparar la electricidad producida por los Residuos Sólidos Urbanos con las necesidades energéticas de la Ciudad de Pomalca.

Al realizar los cálculos de proyección correspondientes de energía y potencia a partir de datos proporcionados de ENSA (CHICLAYO – LAMBAYEQUE- PERÚ) de años anteriores obtenemos que en la Ciudad de Pomalca para el año 2021 la potencia consumida será de 968.70 kW y la energía total de 13,919,683.27 kWh.

Tabla 12. Potencia y Energía de acuerdo a datos proporcionados por ENSA

POMALCA	2020	2021
POTENCIA TOTAL (kW)	1 049,36	968,70
ENERGÍA TOTAL (kWh)	8 952 096,90	13 919 683,27

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Comparación de potencia y electricidad con las necesidades energéticas de Pomalca

POMALCA	RENDIMIENTO DEL SISTEMA	2020	2021		2020 (ENSA)	2021 (ENSA)
POTENCIA TOTAL (kW)	50%	1,528	1,557		1 049,36	968,70
	60%	1,834	1,868			
	80%	2,445	2,491			
ENERGÍA TOTAL (kWh)	50%	12 046,376	12 273,808		8 952 096,90	13 919 683,27
	60%	14 455,651	14 728,570			
	80%	19 274,201	19 638,093			

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados nos muestran que la producción de electricidad a partir de los RSU en la Ciudad de Pomalca es muy baja, se recomienda que los municipios de las comunidades cercanas a Pomalca del departamento de Lambayeque gestionen un proyecto para poder producir biogás en un solo vertedero gestionado, y así poder utilizar todos los residuos de todos ellos y producir el biogás para producción de electricidad y por lo tanto también solucionar el problema de los RSU.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Presento a continuación las conclusiones del presente proyecto de tesis:

- Se obtiene que al año de iniciado el proyecto, en 2020 se produce 3 781,30 T/año, para el 2021 se produce 3 852,69 T/año de Residuos Sólidos Urbanos e irá incrementando año tras año. Hay una buena fracción de materia orgánica que es aprovechable para desarrollar en los cálculos para la obtención de biogás y de esta forma mediante una tecnología de aprovechamiento generar electricidad. Encontramos que las características de los residuos, es así como: Residuos aprovechables en **77,51%** (de los cuales los residuos orgánicos representan el **58,01%**, los residuos inorgánicos **19,50%**) y los residuos no Reaprovechables constituye el **22,49%.**
- Los Residuos Sólidos Urbanos los podemos aprovechar mediante la incineración, en un sistema de cogeneración, en una planta térmica que operan con Motores de Combustión Interna (MCI) teniendo una mayor eficiencia energética para generar electricidad.
- La electricidad producida por la producción de biogás del botadero no es la más óptima y se tiene la necesidad de un vertedero controlado y coordinación con los municipios de las comunidades cercanas a Pomalca del departamento de Lambayeque para una aplicada gestión de RSU, constituiría un gran aporte, un buen complejo para el aprovechamiento y así producir biogás a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.

5.2. Recomendaciones

Las planteamos para una optimización del proyecto:

- Realizar un estudio para poder determinar el potencial energético de los residuos de las comunidades y distritos aledaños para así reunir y potenciar los residuos en un solo vertedero para aprovecharlos y generar más electricidad.
- Evaluar el potencial de residuos para poder disponer de su energía final como fuente de calor, y obtener gas metano y aprovecharlo como gas combustible a bajo costo para los hogares.
- Con este proyecto de utilizar los residuos sólidos urbanos, también se puede coordinar con la Empresa Agroindustrial Pomalca para aprovechar la fracción de cultivo principal de la caña de azúcar que es desperdiciada, denominada como RAC (Residuos Agrícolas de Cosecha) y generar conjuntamente una cantidad mayor de energía eléctrica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aulas Asociación, (2015). Propiedades Físicas, Químicas y Biológicas de los RSU. *Gestión de RSU*. Obtenido de https://aulagaasociacion.files.wordpress.com/2015/03/4_propiedades_rsu.pdf

2. Banco Mundial. (2018, septiembre 20). Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos. *Banco Mundial*. Obtenido de https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management

3. BBC News Mundo, (2019). "Crisis mundial de la basura": 3 cifras impactantes sobre el rol de Estados Unidos. Obtenido de https://www.bbc.com/mundo/noticias-48914734

4. BREF, (2011). *Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea para Incineración de Residuos*, Madrid: Gobierno de España. Comisión Europea, 2011. Obtenido de http://www.prtr-es.es/Data/images/MTD_Incineracion_residuos_ES.pdf

5. Cadena, J., Mora, J. & Pérez, S. (2012). *Análisis de viabilidad financiera de una central de generación de energía eléctrica a partir del biogás de vertedero.*

6. Cerdá, E. (2012). Energía obtenida a partir de biomasa. Obtenido de ResearchGate Web site: https://www.researchgate.net/publication/277264682_Energia_obtenida_a_partir_de_biomasa

7. ComexPerú. (2020, febrero 14). Gestión integral de residuos: tarea pendiente… desde hace años. *ComexPerú*. Obtenido de https://www.comexperu.org.pe/articulo/gestion-integral-de-residuos-tarea-pendiente%E2%80%A6-desde-hace-anos

8. Comisión Federal de Electricidad. (2012). Generación de electricidad mediante los residuos sólidos urbanos. Obtenido de https://www.ineel.mx/docu/Guia-RSU.pdf

9. De la Torre, E., Muñoz F., & Zegarra, J. (2018, septiembre 05). "Perú produce 23 mil toneladas diarias de basura: la alarmante gestión de residuos sólidos". [Radio Programa]. RPP *Noticias*.). Obtenido de https://rpp.pe/politica/elecciones/peru-produce-23-mil-toneladasdiarias-de-basura-la-alarmante-gestion-de-residuos-solidos-noticia-1147951

10. Escobar, C., Rúa, D., Melo, A., Martinez, A., Mambeli, R., & Silva, E. (2015). Generación de energía a partir de los residuos sólidos urbanos. En Rincón, J., & Silva, E. (Eds.), Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad (pp.275-296). ResearchGate Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/312536541_Generacion_de_energia_a_partir_de_los_residuos_solidos_urbanos

11. Estructuras Bioclimáticas Avanzadas S.L. (s.f.). *La biomasa: producer energía con un Sistema ecológico.* Obtenido de https://ebasl.es/producir-energia-con-la-biomasa/

12. Fundación Friedrich Ebert (2010). *Matriz energética en el Perú y energías renovables. Energía en el Perú: ¿hacia dónde vamos?.* Obtenido de http://library.fes.de/pdf-files/bueros/peru/07881.pdf

13. García, S. (2009). *Centrales Termoeléctricas de Biomasa*. En Renovetec (Ed.). Obtenido de http://energia.renovetec.com/energias-renovables/296-descripci%C3%B3n-de-una-planta-de-biomasa

14. Garrigues. (2003). *Manual para la gestión de los residuos urbanos. El consultor de los ayuntamientos y de los juzgados*. Ecoiuris. Madrid. 909 pp.

15. Gonzales, J. (2007). *Residuos Sólidos Urbanos (RSU).* Master en Ingeniería Medioambiental y Gestión del Agua 2007/2008.

16. Instituto Catalán de Energía, (s.f.). Obtenido de https://icaen.gencat.cat/es/inici/

17. Jase-W, (s.f.). Generación de Energía por Incineración de Residuos. *Productos y Tecnologías Japonesas de Punta para el Ahorro Inteligente de Energía*,» 2020. [En línea]. Obtenido de https://www.jase-w.eccj.or.jp/technologies-s/pdf/electricity/E-08.pdf

18. Lean Manufacturing 10 (s.f.). *Qué es la biomasa. Tipos de biomasa y ventajas de su aprovechamiento.* Obtenido de https://leanmanufacturing10.com/que-es-la-biomasa-tipos-de-biomasa-y-ventajas-de-su-aprovechamiento

19. Muruais, J., & Maíllo, A. (2010). La incineración de los residuos sólidos urbanos (RSU). Aporte energético y ambiental. *Guía de Valoración Energética de Residuos.*(pp. 82-83). Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Madrid 2010. Obtenido de https://www.oficemen.com/wp-content/uploads/2017/05/Guia-de-valorizacion-energetica-de-residuos.-Fenercom-2010.pdf

20. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN). (2016). *La Industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país.* En Tamayo, J., Salvador, J., Vásquez, A., & Vilches, C. (Eds.). Obtenido de https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anios.pdf

21. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN). (s.f). *Introducción a las energías renovables.* Obtenido de http://www2.osinerg.gob.pe/EnergiasRenovables/contenido/IntroduccionEnergiasRenovables.html

22. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN). (2017). *La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático.* En Vásquez, A., Tamayo, J., & Salvador, J (Eds.). Obtenido de https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf

23. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). (2007). *Guia para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos.* Obtenido de https://open.unido.org/api/documents/4745768/download/GUIA%20PARA%20LA%20GESTI%C3%93N%20INTEGRAL%20DE%20LOS%20RESIDUOS%20S%C3%93LIDOS%20URBANOS

24. Ortiz, J. (2017). "Diseño de una Central Eléctrica de Biomasa Conectado a la Red Eléctrica Puno, en el Cerro de Cancharani - Departamento de Puno". [Tesis de grado]. Universidad Nacional del Altiplano – Puno. Perú. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5777/Ortiz_Nu%C3%B1ez_Jorge_Paul.pdf?sequence=1&isAllowed=y

25. Pelegrina, M. (2016). "Diseño de una Central Termoeléctrica de Biomasa". Manresa-Catalunya.

26. Pineda, J. (s.f.). *El Problema Ambiental de la Basura*. Obtenido de https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/problema-ambiental-basura/

27. Rodríguez, H. (s.f.). Ingemecanica. Obtenido de https://ingemecanica.com/tutoriales/poder_calorifico.html?fbclid=IwAR2uSR2Jts1A-eODZo0sLauJUvw4mrrn2OJCvJKHB91nvSNlrjq8mX8ynus

28. Romo, C. (2015). Aprovechamiento de Residuos Sólidos Urbanos (RSU). *Tendencia tecnológica,* 2. Obtenido de https://www.ineel.mx//boletin022015/tenden02.pdf

29. Tineo, J. (2019). "Estudio de Factibilidad de una Central Térmica que aproveche la Biomasa Residual de Chiclayo". [Tesis de grado]. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Perú. Obtenido de https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8198/BC-4594%20TINEO%20HUANCAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

30. UBA (2001). *Draft of a German Report for the creation of a BREF-document "waste incineration".* Agencia Federal de Medio Ambiente.

31. Ullman's Encyclopaedia (2001). *Encyclodaedia of Industrial Chemistry 6th Edition*.

32. UNED. (s.f.). Gestión y Tratamiento de los Residuos Urbanos. Obtenido de https://www2.uned.es/biblioteca/rsu/pagina3.htm

33. UNED. (s.f.). Gestión y Tratamiento de los Residuos Urbanos. Obtenido de https://www2.uned.es/biblioteca/rsu/pagina1.htm#epig_12

34. Valdivia, Richard. (2018). "Gestión de residuos sólidos". *Éxito De Mecanismo De Desarrollo Limpio (Mdl) En El Relleno Sanitario Huaycoloro De La Empresa Petramas,* Perú. Obtenido de

https://iuc.eu/fileadmin/user_upload/Regions/iuc_lac/user_upload/ESP_Lima_-_%C3%89xito_De_Mecanismo_De_Desarrollo_Limpio__Mdl__En_El_Relleno_Sanitario_Huaycoloro.pdf?fbclid=IwAR26hoKEVs6pNhZk7STM38fGzLPJc9cwiQOWrrd_IYE0Eo2G3C8OTvcOGMo

35. Valorización de Residuos Sólidos Municipales. (2019). Sub Gerencia de Medio Ambiente. Pomalca.

36. Villamarín, M. (2015). Análisis de la Valoración Energética de Residuos Sólidos Urbanos del Distrito Metropolitano de Quito. [Tesis de magister]. Quito.

ANEXOS

ANEXO 1: OBSERVACIÓN BOTADERO MUNICIPAL - POMALCA

FICHA DE OBSERVACIÓN

Lugar:

BOTADERO MUNICIPAL

Ubicación:

CARRETERA AL C.P. SAN LUIS - POMALCA

Descripción:

EL BOTADERO MUNICIPAL DONDE SE RECOLECTAN LOS RESIDUOS DE POMALCA, CONSTA CON UN ÁREA DE 15 HECTÁREAS

CAMPO DE RESIDUOS

DESPARRAMO DE RESIDUOS ACUMULADOS

DESCARGO DE RESIDUOS DE LA MOTO FURGONETA

ANEXO 2: ENTREVISTA - CUESTIONARIO

ENTREVISTA PARA OBTENCIÓN DE DATOS

Fecha: 13 / 09 / 2020

Nombre del entrevistado: Wilson Antonio Mocarro Saavedra.

Empresa: Municipalidad distrital de Pomalca.

Cargo: Gerente de Serv. Comunales y Gestión Ambiental.

Área: Gerencia de Servicios Comunales y Gestión Ambiental.

Objetivo:

Obtener datos representativos sobre los residuos sólidos en Pomalca.

Cuestionario:

1. **¿Cuál es la situación actual de los residuos sólidos urbanos en Pomalca?**

   Actualmente hay un incremento frecuente de generación de residuos sólidos

2. **¿Cómo es el proceso de recolección y transporte?**

   La Municipalidad de Pomalca cuenta con un camión compactador de 15 m^3, 1 volquete volvo y 3 motocargueras de 2 m^3, que se encarga de efectuar el recojo de los residuos sólidos

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE POMALCA
Ing. Wilson A. Mocarro Saavedra
GERENTE DE SERVICIOS COMUNALES Y GESTIÓN AMBIENTAL
C.I.P. 29327

3. **¿Dónde es la disposición final de los residuos sólidos urbanos?**

Los Residuos Sólidos Recolectados de Pomalca, son transportados hacia el botadero Municipal Ubicado en la carretera al C.P. San Luis que consta con un área de 15 Hectáreas, tiene una antigüedad de 20 años aprox.

4. **¿Qué cantidad de RSU son recolectados en Pomalca?**

Aproximadamente se Recolecta 11 Tn/día

5. **¿Cuánto es la proyección de generación per cápita total de residuos?**

La Proyección GPC es de 0,455 Kg/hab/día

6. **¿Existe alguna alternativa eficiente en actividad a la acumulación de los residuos?**

Através de las indicaciones del MINAM se esta sensibilizando a la Población sobre la Segregación de Residuos Sólid

7. **¿La municipalidad realiza algún estudio sobre los residuos sólidos?**

El Trabajo de Valorización de Residuos Sólidos Municipales

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE POMALCA
Ing. Wilson A. Mocarro Saavedra
GERENTE DE SERVICIOS COMUNALES Y GESTIÓN AMBIENTAL
C.I.P. 29327

ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL N°057-2022-FIME

En la ciudad de Lambayeque, siendo las 09:00 a.m. del día viernes 14 de octubre de 2022. Se reunieron vía plataforma virtual htt://: meet.google.com/ohw-yusd-fyt., los miembros del jurado, designados mediante Resolución Nº191-2022-D-VIRTUAL-FIME, de fecha 10 de octubre de 2022, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

Dr. Ing. AMADO AGUINAGA PAZ	**PRESIDENTE**
M.Sc. Ing. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO	**SECRETARIO**
M.Sc. Lic. EGBERTO SERAFIN GUTIÉRREZ ATOCHE	**MIEMBRO**
M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA	**ASESOR**

Se recibió la Tesis titulada:

"ESTUDIO PARA GENERAR ELECTRICIDAD MEDIANTE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA CIUDAD DE POMALCA - CHICLAYO - LAMBAYEQUE"

Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **MEDINA MONJE BRYAN BRANDO.**

Finalizada la sustentación virtual de la Tesis, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (16) en la escala vigesimal, mención **BUENO.**

Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 10:00 a.m. del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:

Dr. Ing. AMADO AGUINAGA PAZ
PRESIDENTE

M.Sc. ING. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO
SECRETARIO

M.Sc. Lic. EGBERTO SERAFIN GUTIÉRREZ ATOCHE
MIEMBRO

M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA
ASESOR

Lambayeque, 07 de diciembre del 2022

Señor:
Dr. Ing. Aníbal Salazar Mendoza
Director de la Unidad de Investigación FIME.
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Lambayeque.

Asunto: **Informa sobre conformidad de Informe Final de Tesis de Bryan Brando Medina Monje.**

Es grato dirigirme a usted para saludarlo y al mismo tiempo comunicarle que en mi calidad de Asesor de Tesis, luego de haber revisado el informe final de la tesis titulada: **"ESTUDIO PARA GENERAR ELECTRICIDAD MEDIANTE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA CIUDAD DE POMALCA – CHICLAYO – LAMBAYEQUE"** del bachiller **Bryan Brando Medina Monje**, subsanadas las observaciones realizadas por parte de los jurados después de la sustentación, hago presente que se ha realizado la revisión de similitud en el software TURNITIN alcanzando un porcentaje de similitud del 20 %, que según nuestra reglamentación de investigación es aceptable.

Sin otro particular me despido.

Atentamente

M.Sc. Villalobos Cabrera Jony
DOCENTE FIME – UNPRG
ASESOR DE TESIS

Estudio para generar electricidad mediante los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Pomalca - Chiclayo - Lambayeque

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%	20%	3%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	1%
4	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	1%
7	1library.co Fuente de Internet	1%
8	biblioteca.usac.edu.gt Fuente de Internet	1%

9	vsip.info Fuente de Internet	1 %
10	iuc.eu Fuente de Internet	1 %
11	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
13	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
14	revistas.utp.edu.co Fuente de Internet	<1 %
15	dspace.utpl.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
18	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Señor de Sipan Trabajo del estudiante	<1 %
20	repository.ucc.edu.co Fuente de Internet	

		<1 %
21	cyted.org Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.uisek.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.udl.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD Trabajo del estudiante	<1 %
26	Submitted to Universidad Cientifica del Sur Trabajo del estudiante	<1 %
27	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
28	biblioteca-repositorio.clacso.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
29	Submitted to Universidad Senor de Sipan Trabajo del estudiante	<1 %
30	purl.org Fuente de Internet	<1 %
31	biblioteca.utb.edu.co Fuente de Internet	

		<1 %
32	repositorio.autonoma.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
33	repositorio.uigv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	repositorio.upct.es Fuente de Internet	<1 %
35	repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.unajma.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	red.uao.edu.co Fuente de Internet	<1 %
38	sinia.minam.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
39	www.dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
40	prezi.com Fuente de Internet	<1 %
41	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
42	repositorio.ulc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

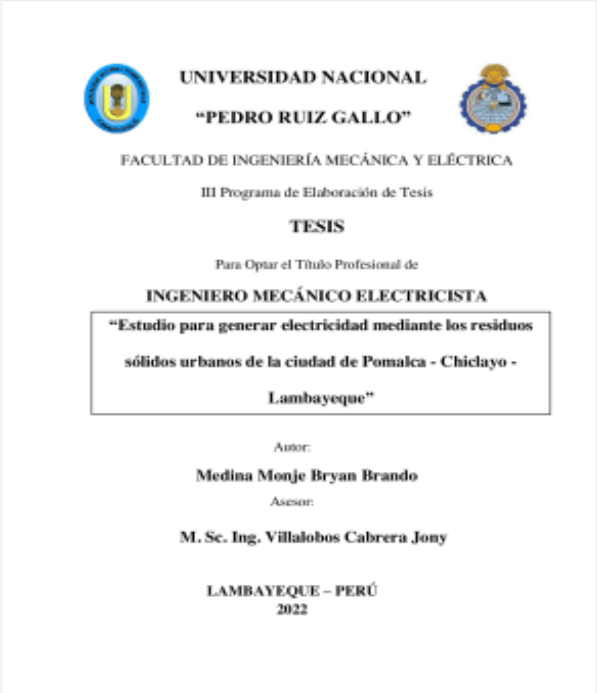
Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 15 words
Excluir bibliografía	Activo		

Recibo digital

Este recibo confirma quesu trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Bryan Brando Medina Monje
Título del ejercicio:	Tesis de Pregrado
Título de la entrega:	Estudio para generar electricidad mediante los residuos sóli...
Nombre del archivo:	TESIS_-_MEDINA_MONJE_BRYAN_BRANDO.docx
Tamaño del archivo:	6.6M
Total páginas:	105
Total de palabras:	14,361
Total de caracteres:	80,212
Fecha de entrega:	06-dic.-2022 10:53p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	1973891620



UNIVERSIDAD NACIONAL

"PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

III Programa de Elaboración de Tesis

TESIS

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

"Estudio para generar electricidad mediante los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Pomalca - Chiclayo - Lambayeque"

Autor:

Medina Monje Bryan Brando

Asesor:

M. Sc. Ing. Villalobos Cabrera Jony

LAMBAYEQUE – PERÚ
2022

Derechos de autor 2022 Turnitin. Todos los derechos reservados.