

“UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR”

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“ANÁLISIS DEL PODER CALORÍFICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
MUNICIPALES PARA EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO EN
VILLA EL SALVADOR”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

QUISPE SALAS, MARIA SARAIT

ASESOR

DAGA LÓPEZ, RUBÉN ARMANDO

VILLA EL SALVADOR

2019

DEDICATORIA

A mis padres y aquellas personas que en los momentos que daba las cosas por perdidas, no dejaron que me derrumbara y me impulsaron a sacar las cosas adelante.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Rubén Armando Daga López por apoyo al desarrollo del este estudio, por la gran paciencia y dedicación.

A mis padres por todo el esfuerzo que hicieron por brindarme esta educación superior, su amor y respaldo de cada día.

A mi hermano mayor Jonathan por impulsarme a seguir mis metas y ser parte de ellas, su amor y apoyo incondicional

A mis hermanos menores Ángela, Gonzalo y Miriam quienes me brindan su apoyo en todo momento, por su amor y compañía.

A mis amigos de la universidad por su amistad, viajes compartidos, fiestas, campeonatos ganados y demás momentos compartidos quedaran en mis mejores recuerdos de esa etapa tan hermosa y complicada que es la vida universitaria.

A mis compañeras y entrenador de la Selección de Futsal de la UNTELS es gratificante ver los resultados de tanto compromiso y esfuerzo de cada uno, jugar hasta el último segundo, disfrutar cada partido disputado y celebrar los goles en partidos que creíamos perderlos.

A esas amistades que la vida me permitió conocerlas y ahora las considero parte de mi familia.

ÍNDICE

<i>LISTADO DE FIGURAS</i>	vii
LISTADO DE TABLAS	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	3
1.2. Justificación del Problema	6
1.3. Delimitación del Proyecto	7
1.3.1. Teórica	7
1.3.2. Temporal	7
1.3.3. Espacial	8
1.4. Formulación del Problema	8
1.4.1. Problema General	8
1.4.2. Problemas específicos	9
1.5. Objetivos	9
1.5.1. Objetivo General	9
1.5.2. Objetivos Específicos	9
1.6. Matriz de Consistencia	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	11
2.1. Antecedentes	11
2.2. Bases Teóricas	15

2.2.1.	Normas Internacionales.....	15
2.2.2.	Análisis de la Ley de Gestión integral de Residuos Sólidos	15
2.2.3.	Sistemas de Cogeneración.	17
2.2.4.	Sistema de cogeneración con Turbinas de Vapor.....	19
2.2.5.	Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del Distrito de Villa El Salvador-2017 (EC-RSM VES 2017).....	20
2.2.6.	PETRAMAS: “De la basura a la Electricidad”	22
2.2.7.	Energía Limpia.....	23
2.2.8.	Comparaciones entre Energías Limpias	26
2.2.9.	Evolución del consumo final de energía por fuente	29
2.3.	Definición de términos básicos.....	40
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL.....		47
3.1.-	Resultados	47
3.1.1.	Cálculo del Poder Calorífico Inferior.....	47
3.1.2.	Estimación del potencial de generación de energía de los residuos sólidos.....	47
3.1.3.	Consumo de energía	51
CONCLUSIONES.....		53
RECOMENDACIONES		55
BIBLIOGRAFÍA		56
ANEXOS.....		58
ANEXO 1 Infraestructuras de disposición final a nivel nacional.....		58
ANEXO 2 Mapa de Ubicación del AAHH Aires de Pachacamac.		58

ANEXO 3. Mapa de Villa El Salvador.	59
ANEXO 4. Flujograma de sistema de cogeneración.	59
4.1. Flujograma de un Sistema de Cogeneración con motor alternativo.....	59
4.2. Flujograma de un Sistema de Cogeneración con turbina de gas.....	60
4.3. Flujograma de un Sistema de Cogeneración con turbina de vapor	60
ANEXO 5. Reporte de Análisis de Biomasa.	61
5.1. Reporte de Análisis de Poder Calorífico	61
5.2. Reporte de Análisis Termogravimétrico-TGA(PROXIMAL)	62
ANEXO 6. Graficos de Potencial de Generación de Energía	63
ANEXO 7. Solicitud de Acceso a la Información a la Municipalidad Distrital de Villa El Salvador.	65
ANEXO 8. Registros fotográficos.....	66

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1	Esquema de cogeneración con Motor Alternativo.....	18
Figura 2	Esquema de una turbina de gas de ciclo abierto	19
Figura 3	Esquema de una aplicación de una turbina de vapor en cogeneración.....	20
Figura 4	Comparación de GPC domiciliaria por estratos – ECRS 2009, 2015 y 2017	21
Figura 5	Comparación de generación no domiciliaria– ECRS 2009 y 2017	21
Figura 6	Estructura de participación	30
Figura 7	Consumo final de Energía – Nacional	30
Figura 8	Consumo de Energía-Sector Público	31
Figura 9	Consumo de Energía-Sector Agropecuario.....	32
Figura 10	Consumo de Energía-Sector Industrial.....	32
Figura 11	Emisiones de CO ₂ por Sectores Económicos	33
Figura 12	Emisiones de CO por Sectores Económicos.....	34
Figura 13	Emisiones de CH ₄ por Sectores Económicos.....	35
Figura 14	Emisiones de NO _x por Sectores Económicos.....	36
Figura 15	Emisiones de SO _x por Sectores económicos	37
Figura 16	Emisiones de Partículas por Sectores Económicos	38
Figura 17	Intensidad de emisión del Carbono	38
Figura 18	Intensidad de las emisiones NO _x , CH ₄ , SO _x y Partículas.....	39
Figura 19	Emisiones de CO ₂ y CO per cápita	39
Figura 20	Emisiones de NO _x , CH ₄ , SO _x y Partículas per cápita.....	40
Figura 21	Infraestructuras de Disposición Final a nivel nacional.....	58
Figura 22	Ubicación del AAHH Aires de Pachacamac	58
Figura 23	Delimitación de Villa El Salvador	59
Figura 24	Flujograma de un Sistema de Cogeneración con motor alternativo ..	59
Figura 25	Flujograma de un Sistema de Cogeneración con turbina de gas	60
Figura 26	Flujograma de un Sistema de Cogeneración con turbina de vapor ..	60
Figura 27	Reporte de Análisis de Poder Calorífico.....	61
Figura 28	Reporte de Análisis Termo gravimétrico-TGA (PROXIMAL).....	62
Figura 29	Sistema de Cogeneración con Motor Alternativo.	63
Figura 30	Sistema de Cogeneración Turbinas de Gas.....	63

<i>Figura 31</i>	<i>Sistema de cogeneración Turbinas a vapor</i>	<i>64</i>
<i>Figura 32</i>	<i>Solicitud de acceso a la información</i>	<i>65</i>
<i>Figura 33</i>	<i>Selección de muestra</i>	<i>66</i>
<i>Figura 34</i>	<i>Acondicionamiento de muestra</i>	<i>66</i>

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1	Tabla de Residuos Sólidos Generados, 2006-2015 (Toneladas)	5
Tabla 2	Tabla de Residuos Sólidos Controlados en los Rellenos Sanitarios, 2007-2016 (Toneladas).....	6
Tabla 3	Tabla de Generación Per cápita De Residuos Sólidos, 2009-2016 Kilogramos por habitante por día (kg/Hab-Día)	6
Tabla 4	Matriz de Consistencia.....	10
Tabla 5	Comparaciones entre Energías limpias	27
Tabla 6	Tabla de Datos para el cálculo el potencial de generación de energía.	48
Tabla 7	Tabla de cálculo el potencial de generación de energía con el sistema de cogeneración con Motor Alternativo	48
Tabla 8	Tabla de cálculo el potencial de generación de energía con el sistema de cogeneración con Turbina de Gas.....	49
Tabla 9	Tabla de cálculo el potencial de generación de energía con el sistema de cogeneración con Turbina a Vapor.....	50
Tabla 10	Consumo de una vivienda familiar promedio con 5 habitaciones	51

INTRODUCCIÓN

Perú actualmente utiliza distintas variantes para reaprovechar energías, tales como la energía eólica, energía solar y energías generadas por fuentes hídricas las cuales al no considerar determinados puntos clave que permitan seguir el ciclo biológico de especies oriundas es muy probable de ocasionar impactos que dañen al medio ambiente. Entonces si se quiere reducir la magnitud del daño se debe buscar otras alternativas de fuentes energéticas que sean renovables que a la fecha son poco usadas en nuestras comunidades y que brindan mayores beneficios al medio ambiente y al consumidor, en cambio, de los Residuos Sólidos no se aprovecha la energía que se obtiene del poder calorífico de estos.

Si se tiene en consideración la cantidad de habitantes en Villa El Salvador podemos encontrar que su población total de 393 254 habitantes el cual tiene una densidad poblacional de 13 594 hab/Km² (INEI- Dirección Nacional de censos y encuestas 2017). Revisando el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos (EC-RS) de Villa El Salvador del año 2017 se estimó que la generación per cápita de residuos sólidos municipales para ese año fue 0,86 Kilogramos/Habitantes/día con una generación de residuos sólidos municipales de 425,97 Toneladas por día. En la composición física de estos residuos se encontró que lo que más se genera son los residuos orgánicos (50% del total) el cual no recibe un aprovechamiento adecuado (algunos pobladores disponen sus residuos orgánicos a comerciantes que se dedican a la crianza de cerdos, otros a la elaboración de compost), haciendo que aumente la cantidad de residuos a disponer en un relleno sanitario. La superpoblación generó mayor presión de los recursos naturales, a mayor consumismo de materia prima, mayor será la generación de residuos sólidos, por ende, mayor consumo de energía, etc.

Esta investigación quiere dar a conocer cuánto es la cantidad posible de energía que se podría obtener a través de los residuos sólidos municipales (residuos orgánicos) generados en Villa El Salvador, teniendo en cuenta su generación en el año 2017 según datos del EC-RS de dicho año. Para la determinación del poder calorífico de los residuos sólidos se aplicarán dos Metodologías: Experimental (practico) que se desarrollara en el Laboratorio de la Universidad Nacional Agraria la Molina. Esta energía obtenida de los residuos sólidos se convertirá a energía

eléctrica a través de unidades de conversión para tener los resultados en unidades eléctricas y saber cuánto es el beneficio eléctrico del poder calorífico de los residuos sólidos municipales de Villa El Salvador. Se puede inferir que teniendo 425,97 t/día de residuos orgánicos se puede generar 1952.3625 MW de electricidad.

La población, los investigadores y gestores regionales solicitan cierta información para poder tomar decisiones y así promover el desarrollo sostenible del país, buscando una visión de un Perú limpio y un Perú natural. Basándonos en la Política Nacional Ambiental el cual tiene como fines principales mejorar la calidad de vida de los peruanos garantizando así la existencia de ecosistemas saludables, teniendo una viabilidad y funcionabilidad en un plazo largo, con el fin de aportar al desarrollo sostenible del país.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

En este último siglo en materia de residuos sólidos el Estado ha considerado diversos factores tales como dimensiones económicas, ambientales y sociales interesados en la calidad de vida, siguiendo los estándares de producción y consumo para potencializar y otorga un agregado de valor económico, pero dejando factores importantes como la valoración energética.

La inadecuada disposición temporal o final de residuos sólidos genera distintos impactos negativos como el incremento de roedores y vectores (moscas, cucarachas, ratas) son los que producen daño para la salud y por consecuente al ambiente aumentando los factores de riesgo que permiten el avance de enfermedades por transmisión vectorial (moscas, cucarachas, ratas). Existen distintas enfermedades a causa de microbios producidos por la acumulación de basura, y más aún al entrar en contacto con el agua que consumimos; es por ello, que es de vital importancia el manejo correcto de los residuos sólidos.

Entonces, los vectores más comunes están las pulgas, ratas, piojos arañas, moscas, cucarachas, mosquitos, cerdos, aves; teniendo vías de transmisión a través de orina, mordiscos, picaduras, heces, vías mecánicas (alas, patas y cuerpo) o ingestión de carnes contaminadas; teniendo como principales enfermedades a peste bubónica, tifusmurino, Leptospirosis, malestar general, espasmos, contracciones generales, salmonelosis, fiebre tifoidea, amebiasis, cólera, disentería, malaria (paludismo), giardiasis, fiebre amarilla, dengue, Cisticercosis, filariosis, toxoplasmosis, taeniasis, triquinosis.

Los impactos a la salud más importantes son a raíz de no disponer adecuadamente los residuos sólidos, esto se debe al incremento de criaderos de vectores o puntos críticos que transmiten la malaria y el dengue.

Las ciudades que cuentan con un deficiente manejo de residuos sólidos exponen a sus habitantes a riesgos que impactan negativamente su salud siendo los principales afectados los grupos vulnerables como son: los infantes, habitantes que haitan en zonas donde la recolección es escasa, personal de mantenimiento o

limpieza, áreas de trabajo donde se producen materiales tóxicos o infecciosos, poblaciones que tienen agua contaminada por residuos que arrojan las industrias, comunidades que viven cerca de los “basureros” u otro tipo de filtraciones y personas que viven de seleccionar y transportar basura.

A raíz del incremento de habitantes, aumentó la cantidad de residuos, esto conlleva a la acumulación de residuos dando inicio a los llamados “basureros” que contribuyen en la contaminación ambiental. Aumenta la contaminación de suelo impactando su composición física y lixiviados de residuos peligrosos dispuestos inadecuadamente. El impacto negativo al agua afectando directamente a los ríos y el mar ya que en estas fuentes es donde terminan la mayoría de los residuos sólidos que no tuvieron una disposición final correcta por generadores irresponsable. El impacto negativo al aire dañada principalmente por las emanaciones de gases y olores intolerables al ser humano y por último el impacto visual que afecta a la Estado en general el OEFA informo que hasta abril del 2018 existen 21 puntos críticos en Villa El Salvador.

La inadecuada disposición final de residuos sólidos conlleva a la generación de puntos críticos en los cuales recicladores informales (chatarreros, campaneros, etc.) extraen de manera irresponsable los residuos sólidos reciclables que son productos no intencionados pero que tiene un valor económico que a personas de escasos recursos y que no pueden acceder a empleos formales recurren a esta actividad sin ningún tipo de protección a su cuerpo exponiéndose a riesgos que perjudiquen a su salud, al medio ambiente y contribuyendo en el trabajo informal afectando en la reducción del comercio formal y a los recicladores formales del distrito que intervienen en el Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos.

Villa el Salvador no es ajeno a este problema, tal vez no estuvo en la misma crisis que el vecino distrito, pero no debemos esperar a llegar a tales extremos. Una de las opciones de valorización de los residuos sólidos municipales es la valorización energética, que quiere transformar los residuos sólidos a través de diversos sistemas rescatando el poder calorífico de cada residuo para determinar su potencial energético, a través de una Tecnología Limpia

En los cuadros que se presentaran se apreciara la cantidad de residuos generados por año, cuantas toneladas de residuos sólidos generados tiene una disposición final adecuada de Villa el salvador comparado a la provincia de Lima y el último cuadro se visualizara la generación per cápita de los residuos sólidos de Villa El Salvador.

En el cuadro adjunto se aprecia la cantidad generada de residuos sólidos en la provincia de Lima y Villa El Salvador durante el periodo 2006-2015.

Los residuos sólidos generados en Villa el Salvador representan un promedio de 3,5% del total de residuos sólidos generados en la provincia de Lima

Sin contar a Lima Metropolitana y el Callao (9 891 038 habitantes el 2015), cuentan con 4 rellenos sanitarios en los que dispusieron 3 459 586 toneladas de residuos sólidos, se tendría que solo 285 035 toneladas tuvieron una disposición final adecuada en el interior del país (7,6% del total de residuos generados). **(SINIA, 2017, pág. 15)** Ver ANEXO 1 Infraestructuras de disposición final a nivel nacional.

En el cuadro siguiente se aprecia la cantidad de residuos sólidos dispuestos en los diferentes rellenos sanitarios de la provincia de Lima y Villa El Salvador durante el los años 2007-2016.

Tabla 1
Tabla de Residuos Sólidos Generados, 2006-2015 (Toneladas)

Residuos sólidos generados	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Lima	2086 345	2164 669	2504 234	2636 257	2664 798	2503 583	2649 633	2759 701	2828 128	2924 781
Villa El Salvador	77 986	60 243	83 149	86 863	88 653	97 918	100 952	107 624	110 918	114 273

División de Gestión de Residuos Sólidos. Pag 41 **Fuente INEI**

La disposición final de los residuos sólidos que se generan en Villa el Salvador representa aproximadamente el 3,6% del total de residuos sólidos que se generan y son llevados a rellenos sanitarios respecto a la provincia de Lima

Tabla 2
Tabla de Residuos Sólidos Controlados en los Rellenos Sanitarios, 2007-2016 (Toneladas)

residuos sólidos controlados en los rellenos sanitarios	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3
Lima	857	920	059	058	191	467	680	846	121	233
	601	340	684	381	989	012	755	366	073	409
Villa El Salvador	51	76	68	74	83	93	101	118	113	110
	877	648	477	951	020	221	525	002	453	824

División de Gestión de Residuos Sólidos. Pag 42 **Fuente INEI**

Cada año el crecimiento poblacional y el creciente consumismo hacen que la generación per cápita aumente con el transcurrir de los años. En el cuadro siguiente se muestra la generación per cápita de Villa El Salvador durante el periodo 2009-2016.

Tabla 3
Tabla de Generación Per cápita De Residuos Sólidos, 2009-2016 Kilogramos por habitante por día (kg/Hab-Día)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
generación per cápita de residuos sólidos	0,58	0,58	0,63	0,63	0,66	0,67	0,68	0,70

División de Gestión de Residuos Sólidos. Pag 43 **Fuente INEI**

1.2. Justificación del Problema

La finalidad de este proyecto se enfoca en la recopilación de datos del poder calorífico de los residuos sólidos municipales que se generan en Villa El Salvador, para una valorización energética obteniendo así una solución alternativa para tener

un complemento entre el Manejo de Residuos Sólidos de las municipalidades con el Manejo Integral de Residuos Sólidos basado normativas con acciones en conjunto con el sistema financiero y planteando como aplicarlo en todas las fases del Plan de Minimización y manejo de Residuos Sólidos de las Municipales sea más ecoeficientes, desde su generación, teniendo muy en cuenta los criterios ambientales y cuan viable es técnicamente y económicamente el tratamiento, hasta la disposición final de dichos residuos para la reducción en la fuente, y el reaprovechamiento generando energía.

La alternativa que plantea este proyecto se basa en Sistemas de Cogeneración con motor alternativo, Sistemas de Cogeneración con turbina de gas, Sistemas de Cogeneración con turbina de vapor. Cada sistema presenta distintas cantidades de rendimiento de energías (térmica, eléctrica), energía perdida (mecánica), radiaciones y gases emitidos fuera del sistema.

Este proyecto evaluará cada Sistema de Cogeneración para determinar cuánto de rendimiento energético generarían en un día de producción utilizando el poder calorífico de residuos orgánicos generados en Villa El Salvador para de esta manera demostrar a los gobiernos regionales y a la población que se puede dar una valorización energética a los residuos sólidos y evitar una mala disposición final reduciendo la cantidad generada de residuos sólidos que terminan en botaderos y aumentar la vida útil de rellenos sanitarios en el Perú.

1.3. Delimitación del Proyecto

1.3.1. Teórica

La finalidad de este estudio, es cuantificar el poder calorífico de los residuos sólidos municipales de Villa El Salvador (residuos orgánicos). A través del el Método Practico, que consiste en determinar el Poder Calorífico de una muestra de residuos orgánicos en el Laboratorio de Energías Renovables de la UNALAM.

1.3.2. Temporal

La toma de muestra de los residuos sólidos se llevó a cabo en el AAHH Aires de Pachacamac, referencia a la paralela de a Av. María Reiche, en Villa El Salvador.

Los días para la recolección de muestra fueron: 26, 27 y 28 de febrero del 2019. Ver ANEXO 2 Mapa de Ubicación del AAHH Aires de Pachacamac.

1.3.3. Espacial

La delimitación espacial para este proyecto será el distrito de Villa El Salvador, ya que analizaremos el poder calorífico de los residuos sólidos municipales basándonos en la composición física realizada en el Estudio de Caracterización de V.E.S.

Villa El Salvador pertenece a los 43 distritos de Lima Metropolitana y está ubicado en el sur de esta provincia y departamento de Lima. Tiene un área de 35,460 km² y la altitud media de 143 msnm. Fue fundado el 11 de mayo de 1971, y adquirió la categoría de Distrito el 1 de junio de 1983 por medio de la Ley N° 23695. Está situado al sur de Lima, entre los Km 15.5 y 25 de la Carretera Panamericana Sur. El distrito está distribuido en territorios, urbanizaciones, sectores, grupos y manzanas. Situado sobre el desierto de la Tablada de Lurín, en el área de Inter cuenca de Lurín y Rímac. Está comprendido entre las coordenadas geográficas con Latitud de 12° 12' 34" Longitud de 76° 56' 08" y Altitud comprendida desde 0 a 180 msnm. Tiene como límites por el Sur con el distrito de Lurín, por el Norte con los distritos de Villa María del Triunfo y San Juan de Miraflores, por el Oeste con el distrito de Chorrillos y el Océano Pacífico y por el Este con el distrito de Villa María del Triunfo. (MuniVES, pág. portal de ubicación).

Para visualizar el mapa de Villa El salvador. Ver ANEXO 3. Mapa de Villa El Salvador.

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema General

¿En qué medida el análisis del poder calorífico de los residuos sólidos municipales favorece en la valorización energética en Villa El Salvador?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿En qué medida determinar el poder calorífico de los residuos sólidos municipales favorece en la valorización energética en Villa El Salvador?
- ¿En qué medida estimar el potencial de generación de energía de los residuos sólidos municipales favorece en la valorización energética en Villa El Salvador?
- ¿En qué medida estimar a cuántas personas o familias beneficiaría la energía obtenida de los residuos sólidos municipales en la valoración energética en Villa El Salvador?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Analizar el poder calorífico de los residuos sólidos municipales para la valorización energética en Villa El Salvador.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Determinar el poder calorífico de los residuos sólidos municipales para la valorización energética en Villa El Salvador.
- Estimar el potencial de generación de energía de los residuos sólidos municipales para la valorización energética en Villa El Salvador.
- Estimar a cuántas personas o familias beneficia la energía obtenida de los residuos sólidos municipales en la valoración energética en Villa El Salvador.

1.6. Matriz de Consistencia

Tabla 4
Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA			
PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	INDICADORES
PG: ¿En qué medida el análisis del poder calorífico de los residuos sólidos municipales favorece en la valorización energética en Villa El Salvador?	OG: Analizar el poder calorífico de los residuos sólidos municipales para la valorización energética en Villa El Salvador.	VI: Residuos sólidos. VD: - Poder calorífico. - Valorización energética.	- Tipos de residuos sólidos - Cantidad de poder calorífico. - Cantidad de energía recuperada.
PE1: ¿En qué medida determinar el poder calorífico de los residuos sólidos municipales favorece en la valorización energética en Villa El Salvador?	OE1: Determinar el poder calorífico de los residuos sólidos municipales para la valorización energética en Villa El Salvador.	Sub variables:	Sub indicadores:
PE2: ¿En qué medida estimar el potencial de generación de energía de los residuos sólidos municipales favorece en la valorización energética en Villa El Salvador?	OE2: Estimar el potencial de generación de energía de los residuos sólidos municipales para la valorización energética en Villa El Salvador.	- Poder calorífico inferior. - Potencial de generación de energía. - Población de Villa El Salvador	- Cantidad de poder calorífico inferior. - Cantidad de energía. - Cantidad Villa El Salvador.
PE3: ¿En qué medida estimar a cuántas personas o familias beneficiaría la energía obtenida de los residuos sólidos municipales en la valoración energética en Villa El Salvador?	OE3: Estimar a cuántas personas o familias beneficia la energía obtenida de los residuos sólidos municipales en la valoración energética en Villa El Salvador.		

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Según el Estudio *Energía de la Basura* (Pérez, Valencia, Rubiano, Feo, & Cuellar, 2010), se propusieron las conclusiones de un estudio económico y técnico que determina el uso de residuos sólidos urbanos (RSU) como su fuente de calor residual. Solución como tecnología básica del oficio. El grupo de control fue la ciudad de Facatativá (Cundinamarca). Se prevé para 2020, y se caracterizan los RSU generados por su actividad económica, sector, la topología urbana y clase socioeconómica poblacional. Se obtiene el valor calorífico medio bajo de los RSU. La investigación llegó a las siguientes conclusiones:

Se realizó el estudio para establecer la viabilidad de usar la energía térmica retenida en los RSU generados en ciudades típicas con poblaciones entre 100.000 y 200.000. La conclusión a la que se llega es que, en promedio, los residuos sólidos urbanos producidos tienen un poder calorífico bajo de 5506,6 Kcal / Kg. El incremento poblacional comparado con el crecimiento de los RSU y la disponibilidad de los mismos, se puede apreciar que los RSU constituyen una fuente alta de energía térmica primaria que va en aumento.

Al comparar el menor poder calorífico de los RSU con el poder calorífico de diferentes combustibles fósiles, se puede observar a través de la perspectiva energética, los RSU son usados para generar energía térmica útil, lo que equivale al uso de fósiles.

Entonces, los combustibles primarios están alejados de los pilares de consumo, hay RSM cerca de dichos centros, estos reflejan en el decrecimiento de los costes de movilidad.

Es más probable que las empresas con excedente de biomasa en sus instalaciones consideren la opción de reaprovechamiento energético, dado que los RSU son un recurso con un valor en el mercado siendo muy bajo, pudiendo incluso no prescindir de ellos asumiendo el coste de adquisición. Las empresas que no tengan su propio excedente de biomasa pueden comprarlo en el mercado.

En el caso de los RSU, se puede generar energía térmica (vapor, aire caliente o agua), energía eléctrica e incluso energía mecánica mediante la utilización de biocombustibles en motores con combustión interior a través de procedimientos de conversión adecuados.

La investigación: *Conversión de Residuos Sólidos Urbanos en Energía* (Moratorio, Rocco, & Castelli, 2012), dada la situación energética de Uruguay, su principal energía proviene de centrales hidroeléctricas y térmicas de combustibles fósiles. Considere otras fuentes de energía importantes, como los residuos energía. El aprovechamiento de energía a partir de residuos o Waste-to-Energy (WTE), un acrónimo en inglés, es un sistema de gestión para el procesamiento de residuos sólidos urbanos (RSU, residuos sólidos urbanos), que permite un uso pleno y sostenible que no se puede reciclar o reutilizar de manera eficiente. Este estudio indica algunas propuestas que existe para producir energía utilizando residuos y presenta un caso específico de uso a pequeña escala, usando un sistema de oxidación en lotes en la ciudad de Paysandú, Uruguay. El estudio llegó a las siguientes conclusiones:

La fábrica de WTE resuelve dos problemas principales: recuperar energía de los residuos y poder controlar la descarga de los más principales contaminantes. También, proporcionar una renovada fuente de energía reaprovechable que es compatible y estable con el medio ambiente.

Teniendo una percepción financiera, consideramos la venta de créditos de carbono, los cuales generarán elevados ingresos, mejorando así la economía de la planta. Entonces, cuando se venden créditos de carbono, se cumplen los compromisos del Protocolo de Kioto, Uruguay, que es un país que no se incluyó en el Anexo 1, donde estos emiten créditos de carbono. También es importante tener en cuenta a gate-fee en estos proyectos porque también generará ingresos adicionales en la fábrica. Sin estos costos, estos proyectos no serían rentables.

Lo importante es poder producir un cambio de paradigma en las personas y dejar de pensar que los residuos son inútiles, producir energía partiendo de estos es un desafío muy importante que enfrentan el estado, las empresas privadas y la propia

sociedad. Por ello, se necesita recolectar los recursos suficientes para orientar y promover ideas para conseguir los beneficios designados.

El estudio: *Determinación del Poder Calorífico en Residuos Sólidos Urbanos*, (Flores, Encarnación, & Ibarra, 2015), se discutieron dos métodos básicos para determinar el calor (PC) en residuos sólidos urbanos (RSU), incluyendo los diseños y operaciones de sistemas de tratamiento térmico, etc. Importantes parámetros para tomar de decisiones. En tal caso, el principal objetivo actual es establecer una base de datos (confiable) que ayude a tomar decisiones que incidan en la viabilidad de verificar la implementación del tratamiento térmico como estrategia de gestión de RSU Principios de la Ley (LPGIR), gestión integral de residuos. El principal problema de los RSU es su gestión, por ello se busca implementar tecnología de tratamiento y gestión global, incluida la incineración, ya que tras su implantación el poder calorífico es muy importante y el diseño depende del valor adecuado. Y el tratamiento térmico de la operación. Los resultados obtenidos muestran que existe una buena correlación entre los dos métodos ($r^2 = 0,995$), lo que demuestra la confiabilidad de los resultados de cada método, y el poder calorífico obtenido en las muestras de prueba también muestra que el residuo de rechazo de las plantas seleccionadas puede ser un tratamiento térmico. Considerando únicamente las características físicas y químicas de los residuos, la viabilidad de la incineración de residuos depende de estudios de viabilidad técnica, ambiental, social y política. El estudio llegó a las siguientes conclusiones:

La importancia de un parámetro técnico para la toma de decisión en la viabilidad de incinerar RSU y de su misma operación es el Poder Calorífico, en el cual es importante contar con una base de datos confiable; y se requiere de metodologías de análisis confiables y de fácil uso.

Siempre que se garantice la representatividad de la muestra y se disponga del equipo, la infraestructura y los estándares adecuados necesarios, el método calorimétrico para calcular la potencia térmica será fiable.

Cuando no se dispone del sistema de bomba calorimétrica, el valor obtenido mediante métodos empíricos es confiable en las condiciones que se muestran en

este artículo, sabiendo que este solo se puede estimar con parámetros representativos de cenizas, humedad y / o sólidos volátiles.

El estudio actual ha sentado las lineaciones necesarias para las opciones (teóricas) para procesar muestras y determinar el poder calorífico.

La humedad es inversamente proporcional al valor calorífico, porque consumir calor necesita "calor latente o calor de evaporación del agua" (600 cal. 1 gramo de agua para evaporarse).

Sin embargo, dado que el parámetro de valor calorífico es un factor relevante en la operación y diseño de un sistema térmico, su ejecución debe ir acompañada de investigaciones de factibilidad técnica, económica y social, por nombrar algunos. Y la implementación del tratamiento térmico en un programa integral (minimización en origen; valorización de residuos, también conocida como reducción, reutilización y reciclaje 3'R; tratamiento térmico; biología; fisicoquímica, disposición final, etc.).

La investigación *Potencial de Energía Calorífica de los Residuos Sólidos municipales para reemplazar el Carbón Mineral*, (Vargas & Ramírez, 2014). La energía y materiales de los residuos sólidos urbanos se utilizan en la fabricación industrial de combustibles derivados de residuos (RDF, abreviatura en inglés). Por un lado, constituye una opción alterna para la gestión ambiental empresarial; por otro lado, ayuda a apoyar el manejo integral de residuos sólidos en el sector público de la región. Este estudio analiza el potencial térmico de los residuos sólidos urbanos (RSU) de la provincia de Guenta como base para la producción de RDF para reemplazar el carbón mineral en la industria del cemento para producir Clínter. La conclusión es que el uso de RDF como combustible renovable alternativo puede evitar el 5,72% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), resultando en 12.300 toneladas / año de carbono neutro y 1.128 toneladas / año de gases de efecto invernadero. El potencial de los RSU representa el 5,4% del carbón mineral requerido. El estudio concluyó que:

Si la industria del carbón se utiliza para producir clínter, se necesitan 22,18 más de coque para producir 4.500 toneladas. Además, si el 5.4% del carbón es reemplazado por RDF con un poder calorífico de 8.542 MJ / Kg, el ahorro en las emisiones de dióxido de carbono es de aproximadamente un (1) TJ. Por otro lado,

si se utilizan 22,18 TJ para emitir 2.094,5 toneladas de CO₂ mensuales, 21,2 TJ se utilizan para emitir 1.999,9 toneladas de CO₂, lo que supone una reducción de 94 toneladas de emisiones de GEI mensuales, lo que supone una reducción de 1.128 toneladas por mes.

Del mismo modo, si se produce un RDF de menor calidad utilizando materiales residuales con poder calorífico, el potencial del RDF se puede aumentar hasta en un 25,7%, como muestra el balance de masa simplificado. Finalmente, el análisis debe extenderse al cálculo de las emisiones del vertedero de El Cucharo, ya que al derivar al menos el 23% de los materiales con características especiales utilizados en la producción de RDF, una cierta proporción de los gases de efecto invernadero que se producen actualmente en el vertedero. se generan. El relleno sanitario y los residuos rápidamente degradables vertidos a la atmósfera (calculados como metano y dióxido de carbono) son de 8,6 y 7,8 metros cúbicos, respectivamente, y los residuos lentamente biodegradables son de 7,4 y 5 metros cúbicos, respectivamente, que son 3 metros cúbicos.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Normas Internacionales

Determinar el poder calorífico de los residuos orgánicos será a través del Método Experimental, el Laboratorio de Energías Renovables de la Universidad Nacional Agraria La Molina, se basará en las siguientes Normas Internacionales:

ASTM D7582 (2015) Métodos de prueba estándar para análisis de proximidad de carbón y coque mediante análisis termo gravimétrico macro

ASTM D5865 (2013) Método de prueba estándar para el valor calorífico bruto de carbón y coque

2.2.2. Análisis de la Ley de Gestión integral de Residuos Sólidos

Decreto Legislativo N° 1278 Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos

Las leyes peruanas respecto a los residuos sólidos son muy generales, si bien hacen mención de la valorización energética, más le ponen énfasis al reciclaje, que

si bien es una manera de valorizar los materiales; con la generación de energía de estos residuos se puede prolongar la vida útil de rellenos mixtos y solo se dispondrían residuos que no tengan un poder calorífico aprovechable o en el peor de los casos se dispondrían de cenizas que tienen una disposición final especial, así se reduciría el volumen de los residuos. Las leyes peruanas deberían reconsiderar este tipo de valorización y ponerlo en práctica. A continuación, se explicará los artículos y principios que se consideran importantes para este proyecto.

Según el Artículo 2 (DL N°1278, pág. 2), una de las finalidades de la gestión integral de los residuos sólidos es la minimización o prevención de la generación de residuos sólidos en el origen, ante otra alternativa.

Con la premisa de garantizar la protección del medio ambiente y la salud, la generación de residuos, el reciclaje y la recuperación de materiales de desecho y energía son las primeras opciones, incluidas alternativas como la reutilización, el reciclaje, el compostaje y el coprocesamiento. La disposición final de los residuos sólidos en la infraestructura correspondiente es la última opción para su manejo y se debe realizar en un ambiente con condiciones adecuadas, éstas serán definidas en lo establecido en esta orden legislativa emitida por el Ministerio del Ambiente.

Según el Artículo 5 (DL N°1278, págs. 2,3), La economía circular debe buscar efectivamente la recuperación y regeneración de recursos en el ciclo biológico de acuerdo a la situación. La creación de valor no se limita al consumo final de recursos, considera todo el ciclo de vida.

Según el Artículo 5 (DL N°1278, pág. 3), La valoración de los residuos generados en las actividades de producción y consumo es un potencial recurso económico, por lo que se priorizará su reciclaje.

Considere su uso en las siguientes actividades: reciclaje de metales y sustancias inorgánicas, producción de compost, producción de energía, fertilizantes u otra conversión biológica, reciclaje de ingredientes, tratamiento o reciclaje de suelos y otras opciones para evitar la disposición final.

Según el Artículo 5 (DL N°1278, pág. 3), el Principio de protección del ambiente y la salud pública.- La gestión integrada de residuos incluye la adopción de las medidas óptimas para preservar la salud personal y colectiva de las personas, al tiempo que se ejerce plenamente el derecho básico a vivir en un entorno en equilibrio y apropiado para promover el desarrollo de la vida.

2.2.3. Sistemas de Cogeneración.

Se comprende por cogeneración un sistema que produce energía eléctrica y que aprovechando el calor que produce la generación de dicha energía genera energía de otro tipo (habitualmente térmica). Es decir, la generación simultánea de energía eléctrica y térmica (y/o mecánica) a partir de la misma fuente de energía primaria.

Es primordial entender que el calor producido por un combustible con el fin de generar energía eléctrica puede utilizarse reemplazando el calor por un combustible, esto nos ayuda a economizar combustible, la energía producida en el desarrollo.

El Combustible: En las plantas de cogeneración aprovechan el combustible para ejecutar sus funciones, es preciso tener un registro del destino del combustible y su uso específico. Es común usarlos en motores, calderas o generadores, sistemas de bypass y sistemas de postcombustión. Los combustibles que se utilizan son: combustibles líquidos, Gas natural y combustibles alternativos.

En los siguientes puntos se explicarán Sistema de Cogeneración en función del motor principal de la Tercera clasificación.

2.2.3.1. Sistema de cogeneración con Motor alternativo

Una cogeneración con un motor eléctrico incluye un motor de combustión interna que hace girar un eje (cigüeñal) conectado a un alternador. De hecho, lo que estas máquinas generan en realidad es electricidad y, a partir de ella, genera un exceso de calor que estamos tratando de utilizar. (Elías, pág. 26).

Son motores térmicos con un rendimiento óptimo de conversión de energía térmica a mecánica, pueden utilizarse distintos combustibles, sin necesidad de

acopiar combustible ya que se distribuye a través de la red. También se puede utilizar distintos tipos de Gas Natural y Diesel. (Pérez Rubio, 2016, pág. 1)

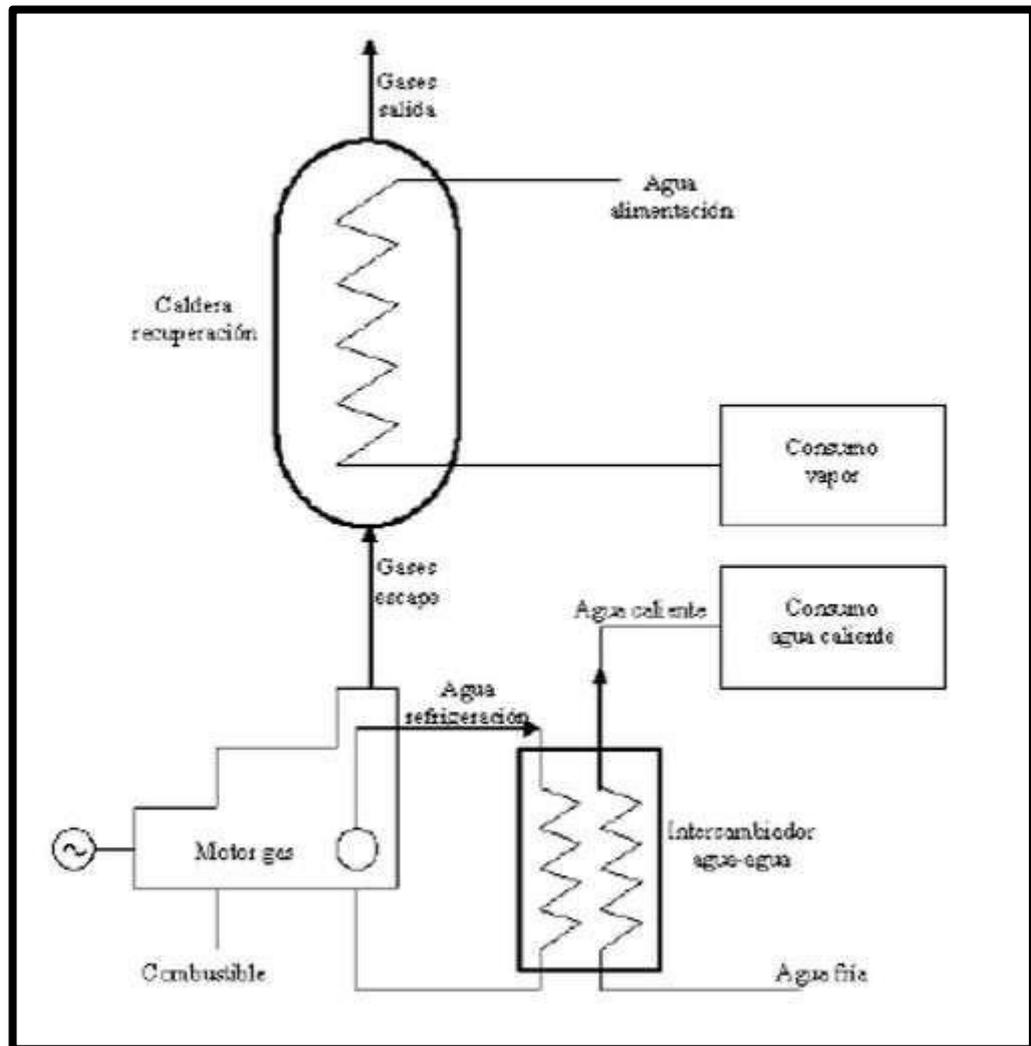


Figura 1 Esquema de cogeneración con Motor Alternativo
(Fuente Arquitectura y Energía)

2.2.3.2. Sistema de cogeneración con Turbinas de Gas

Este Sistema de cogeneración es una adaptación de un motor de reacción. El principio de funcionamiento es quemar combustible con un gran exceso de aire. Esto hace que los gases producidos por la combustión escapen a gran velocidad. (Elías, pág. 27)

Usa motor térmico donde la energía transferida por un combustible genera energía mecánica. El aire atmosférico se reduce e inyecta a la cámara de

combustión y los gases de escape se transportan por toda la turbina. (Pérez Rubio, 2016, pág. 2)

Se puede usar combustibles líquidos y gaseoso, adicional de una gran variedad de potencias, sin embargo, hay mayor contaminación y esto lleva a un mayor mantenimiento.

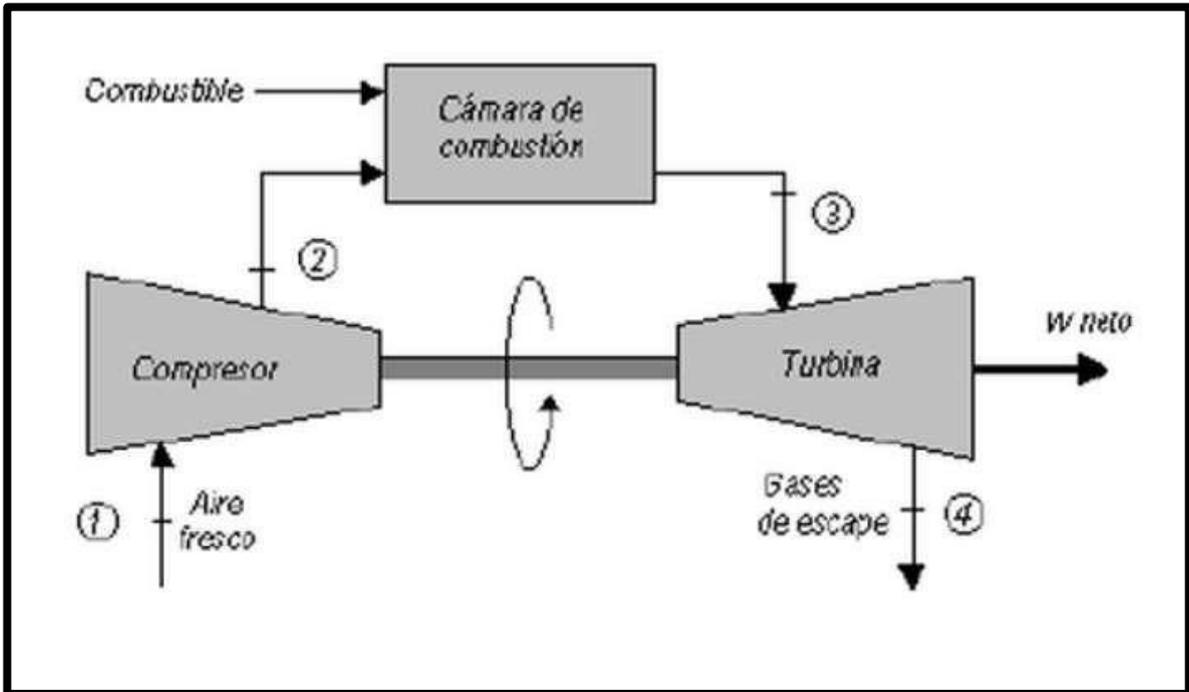


Figura 2 Esquema de una turbina de gas de ciclo abierto
(Fuente Arquitectura y Energía)

2.2.4. Sistema de cogeneración con Turbinas de Vapor

Para obtener beneficios de una planta combinada de calor y energía equipada con una turbina de vapor, se debe utilizar vapor para el tratamiento del proceso, ya que el 74% del calor generado permanece en el vapor después de salir de la turbina de vapor (Elías, pág. 28).

La rotación de la maquina externa de combustión, convierte la entalpía del vapor de agua en energía mecánica. Por la presión el vapor ingresa a una temperatura alta, y se expande por toda la turbina que transforma parte de la entalpía en energía mecánica, saliendo el vapor finalmente a menor presión y temperatura. (Pérez Rubio, 2016, pág. 3)

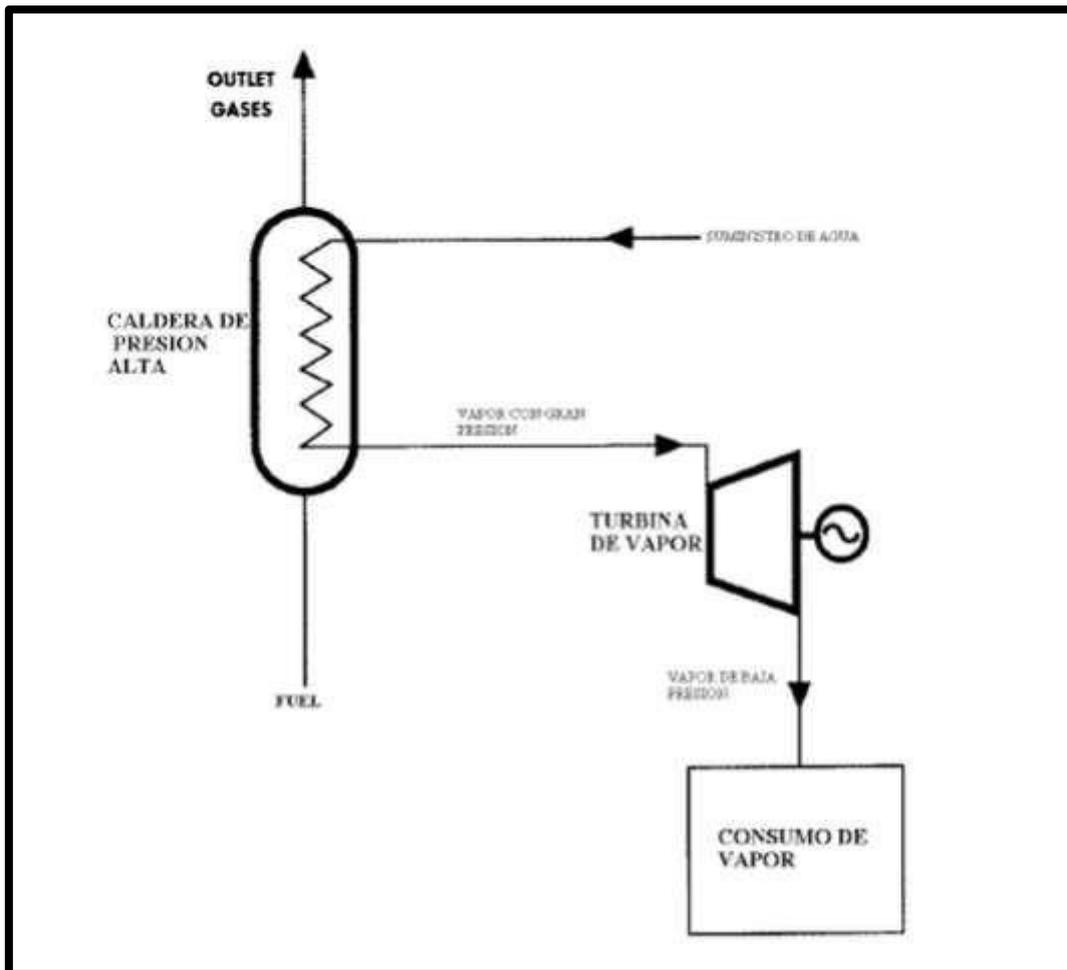


Figura 3 Esquema de una aplicación de una turbina de vapor en cogeneración
(Fuente Arquitectura y Energía)

2.2.5. Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del Distrito de Villa El Salvador-2017 (EC-RSM VES 2017).

En el Estudio de Caracterización del 2017 se obtuvieron resultados que han sido comparados con los obtenidos en los ECRS de los años 2009 y 2015.

En la Figura 4 se puede observar una relativa coherencia entre las GPC domiciliarias según estratos socioeconómicos, obtenidas en los ECRS del año 2009 y el presente ECRS del 2017.

Respecto al ECRS2015 apreciamos una alta variabilidad, esta diferencia puede deberse a que la metodología del presente ECRS2017 considera la validación estadística de las muestras para determinar muestras sospechosas que no son

consideradas en el cálculo de GPC, mientras que el ECRS2015 no contempló esta metodología en su desarrollo. (ECI, 2017, pág. 102)

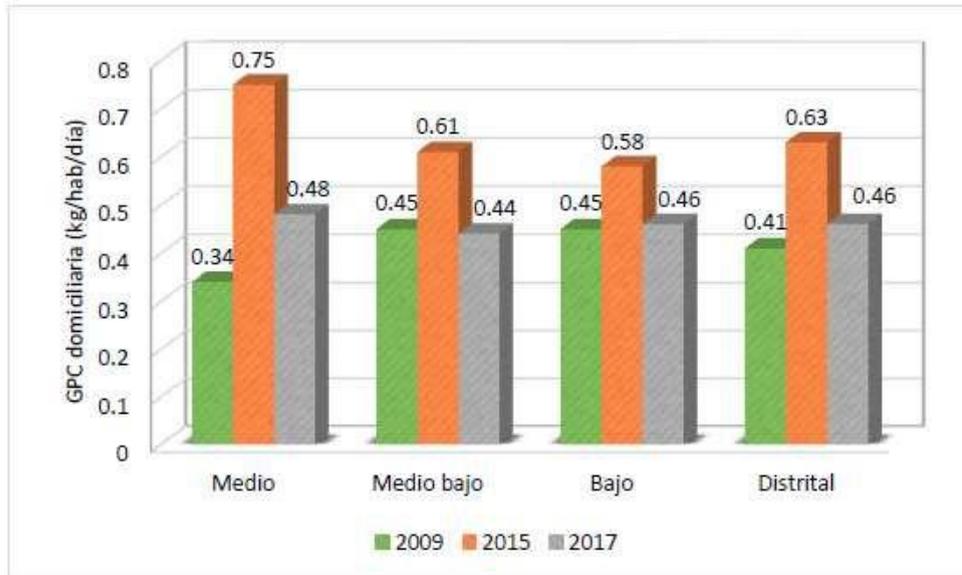


Figura 4 Comparación de GPC domiciliaria por estratos – ECRS 2009, 2015 y 2017
(Fuente ECRS VES 2017)

Se comparó la cantidad de residuos sólidos de origen no domiciliario del ECRS2009 y ECRS2017, estimándose que ésta tuvo un incremento en la tasa anual del 7,11%. Como se puede visualizar en la Figura 5 las cantidades de residuos no domiciliarios en el distrito de Villa el Salvador. (ECI, 2017, pág. 103)

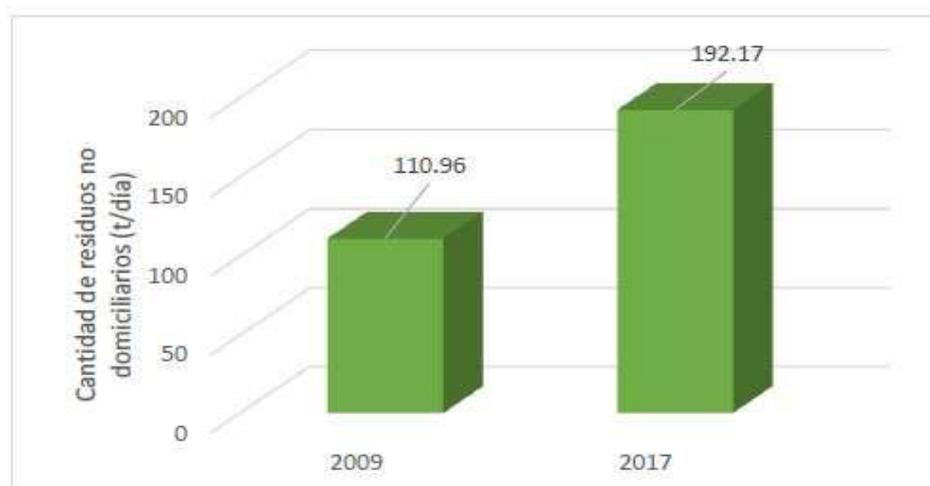


Figura 5 Comparación de generación no domiciliaria– ECRS 2009 y 2017
(Fuente ECRS VES 2017).

A partir de los resultados obtenidos y del proceso desarrollado se tienen las siguientes conclusiones (ECI, 2017, págs. 104-105):

La generación per cápita ponderada de residuos sólidos domiciliarios es de 0,46 kg/Hab/día, generando un total de 233,80 t/día. La GPC no domiciliaria es de 0,38 kg/Hab/día, con una generación total de 192,17 t/día. Por último, la generación per cápita municipal es de 0,84 Kg/Hab/día, generando 425,97 t/día.

Según la composición física de los residuos domiciliarios, según su potencial de aprovechamiento es 51% de residuos orgánicos, 14% residuos reciclables y 35% de residuos no aprovechables.

La composición de los residuos sólidos domiciliarios a nivel distrital, Respecto a la composición porcentual de los residuos no domiciliarios (establecimientos comerciales), un poco más de la tercera parte corresponde a los restos de alimentos (31,44%), seguido del cartón mixto con 12,93% y las bolsas plásticas con 7,26%. En tanto que se cuenta con la presencia de residuos peligrosos (0,23%) consistentes en restos de medicinas, pilas y focos y fluorescentes

2.2.6. PETRAMAS: *“De la basura a la Electricidad”*

PETRAMAS SAC. Es una empresa privada dedicada al manejo integral y adecuado de residuos sólidos, en el cual su objetivo es proteger el medio ambiente por medio de servicios de mantenimiento y protección de espacios verdes, así como decoración, limpieza, recolección, transporte y disposición final sostenible de residuos sólidos.

PETRAMAS cuenta con dos rellenos sanitarios: "Huaycoloro" situado en la provincia de Huarochirí en el centro de Lima y "Modelo del Callao" situado en el margen derecho del río Chillón, a 19 kilómetros de la carretera a Ventanilla-Callao.

Los dos rellenos sanitarios recolectan un promedio de 5.500 toneladas de residuos por día, abasteciendo a más de 35 distritos, beneficiando al 74% de la población de las provincias de Lima y Callao y al 22% de la población del país.

El área de disposición final del relleno sanitario seguro Huaycoloro es de 42,89 Has. La unidad de seguridad utiliza GCL, geomembrana de 2 mm, geotextil de protección, Geonet y Geotextil de filtro para impermeabilización.

En marzo de 2007, la empresa PETRAMAS consignó el primer proyecto MDL en el relleno sanitario de Perú de acuerdo con el Protocolo de Kioto para aminorar las emisiones de biogás que causan el calentamiento global

Nuestro sistema consta de 250 pozos colectores de biogás, más de 15 kilómetros de gasoductos y modernas estaciones automáticas de succión y combustión.

Al cumplir 7 años de Proyecto se calcula el equivalente de 2'000,0000 tCO₂e reducidos.

El 12 de febrero de 2010, PETRAMAS SAC ganó el premio por el Sistema Eléctrico de suministro de energía eléctrica con interconexión nacional en el marco de la primera subasta de suministro de energía renovable; se convirtió en la primera empresa peruana en comenzar un proyecto de producción de energía renovable utilizando residuos sólidos municipales.

PETRAMAS generará 28,295 MWh de electricidad por año en 20 años al SEIN, con la capacidad de 4.8 megavatios hora (Mwh), generada a partir de residuos sólidos municipales en Lima, usando como combustible parte del biogás del relleno de Huaycoloro. (Zegarra Reátegui, 2011)

La energía que se suministró representada en el 19.75% del total de la energía que proviene de la biomasa. Si sumamos a lo anterior, el 14,485.5 tCO₂e será reducido anualmente por el proyecto por generación de electricidad, haciendo menor el calentamiento global.

2.2.7. Energía Limpia

2.2.7.1. Energía Solar

Una de las fuentes de vida y también fuente de la mayoría de las otras formas de energía conocidas es la energía solar. Esta energía que da la radiación solar a

la tierra cada año es equivalente a miles de veces la energía consumida por todos los seres humanos. En consecuencia, la radiación solar captada adecuadamente por los paneles solares se puede transformar en otras formas de energía.

A través del uso de colectores solares, esta energía solar se puede transformar en energía térmica. Con el empleo de paneles fotovoltaicos, la energía luminosa se puede transformar en energía eléctrica. Estos dos procesos necesitan tecnologías distintas y estas tecnologías son autónomas entre sí. (OSINERGMIN, Energía Solar, 2018)

Así mismo, en los centros termosolares, la energía térmica obtenida por los colectores solares se puede utilizar para producir electricidad. Distinguir dos formas de radiación solar: radiación difusa y radiación directa. La radiación Difusa es emitida por cuerpos celestes diurnos y nocturnos, gracias a diversas reflexiones y refracciones solares provocadas por las nubes y otros elementos terrestres y atmosféricos. En cuanto la radiación directa es la radiación que proviene directamente del punto focal del sol, evitando la refracción intermedia o reflexión. La radiación directa se puede reflejar y concentrar, mientras que la luz dispersa no se puede concentrar porque proviene de múltiples direcciones. Del mismo modo, ambos tipos de radiación están disponibles.

Un ejemplo de Central Solar es la Central Solar Rubí, que se ubica en el departamento de Moquegua, provincia Mariscal Nieto distrito de Moquegua con 1410 msnm.

Tiene una capacidad de 144,48 MW y se obtendrá mediante la instalación de 560.880 módulos fotovoltaicos de 320 W. La conexión con el SEIN será a través de L.T.220 kV Sureste Ruby-S.E. Montalvo, una vía sencilla de 21,51km. (Osinergmin, División de Supervisión de Electricidad, 2018, pág. 117)

La energía ofertada para este proyecto es de 415,00 GWh/año. Precio de la Energía Ofertada es de 47,98 US\$/MWh y fue puesta en operación comercial el 30 de enero del 2018.

2.2.7.2. Energía Eólica

Esta energía eólica proviene de la energía que se obtiene del viento utilizando la energía cinética que es generada por el flujo de aire.

La energía eólica está relacionada con el movimiento de masas de aire desde un área de alta presión a un área adyacente de baja presión, con una velocidad proporcional (gradiente de presión). (OSINERGMIN, Energía Solar, 2018)

Esta energía se utiliza desde tiempos antiguos las cuales sirven de impulso para los barcos a vela o hacer funcionar molinos de palas. En los últimos años, el uso de la energía eólica se convirtió en uno de los más importantes pilares básicos del suministro de energía sostenible.

Al día de hoy, la productividad de las plantas de energía eólica se ha triplicado en comparación con la velocidad del viento. Si se quiere aprovechar toda la energía eólica posible, estos equipos se sientan en la torre más alta posible. En la actualidad, la potencia nominal del mayor equipo de energía eólica se sitúa entre 4 y 6 MW. La altura total es de 200 m y la altura del eje es de aproximadamente 120 m. Las palas del rotor alcanzan los 65 m. De acuerdo al Atlas Eólico del Perú, nuestro país tiene excelentes recursos eólicos. Las costas en algunas zonas de Piura, Lambayeque y La Libertad son muy llamativas. Así mismo sobresalen otros departamentos, entre ellos: Ancash, Lima y Arequipa, pero el sector con mayor potencial eólico es Ica.

En Ica, Provincia de Nazca y distrito de Marcona, en la Costa peruana, existe un ejemplo de Central Eólica es Parque Eólico Tres Hermanas, a poca distancia del mar.

Consta de 33 aerogeneradores dispuestos perpendicularmente al viento predominante en la zona. El circuito del parque es de media tensión y tiene 34,5 kV, y el transformador de cada turbina está conectado al S.E. desde el centro. (Osinergmin, División de Supervisión de Electricidad, 2018, pág. 124)

Precio de la Energía Ofertado es de 8,9 Cts. US\$/kWh. Energía Anual de 415 760 MWh y fue puesta en operación el 11 de marzo del 2016.

2.2.7.3. Energía de Residuos Sólidos

La conversión en energía útil de los residuos o su reciclaje se considera una preferencia para el uso de energías renovables, aunque es más complicado que otros métodos, y tiene críticos y defensores. (CerEner, 2014)

La quema de desechos orgánicos produce elementos químicos que suelen ser dañinos en la atmósfera, pero mucha gente cree que este es un método limpio y completamente renovable. También, la mayoría de ciudadanos desarrollan el hábito de clasificar los residuos, lo que ayuda a utilizar la basura como energía. Sin embargo, el primer paso siempre pasa por reducir la generación de residuos.

Para realizar una adecuada valoración energética de residuos, nos podemos apoyar de las siguientes tecnologías:

- a) Los procesos de tecnologías de diferentes tratamientos térmicos como gasificación, incineración, gasificación por plasma o pirólisis.
- b) Los procesos de tecnologías de diferentes tratamientos biológicos, como la digestión anaerobia de la fracción orgánica con valorización del biogás obtenido o biometanización.

En cuanto a las tecnologías consideradas maduras tenemos a la digestión anaeróbica, la incineración y la co-incineración, que son adecuadas en el rubro industrial. Por otro lado, la implementación de tecnologías como la pirólisis, la gasificación y gasificación por plasma tiene una tendencia creciente, porque pueden lograr una mayor eficiencia energética, y la aceptación social de la incineración es baja.

2.2.8. Comparaciones entre Energías Limpias

En la siguiente tabla se mencionarán las energías limpias que tienen como materia prima diferentes tipos de residuos que son aprovechados a través de diferentes tecnologías para generar diferentes tipos de energía.

Tabla 5
Comparaciones entre Energías limpias

Energía limpia	Tipo de residuo	de	Uso energético	Consideraciones
Biomasa	Materia orgánica (desechos de agricultura, restos de poda).		Energía térmica. Energía eléctrica.	<ul style="list-style-type: none"> • Reduce la huella de carbono. • Genera empleo. • Renovable 100% • Reciclaje y eliminación de residuo. • Menor la dependencia a materia externa. • Fuerte competidor de gas y petróleo. • Una planta de biomasa puede evitar 200000 toneladas de co2 al año. • Las cenizas resultantes se usan como abonos y fertilizantes agrícolas
Biogás	Sustratos orgánicos (residuos orgánicos de origen animal o vegetal).		Energía térmica. Energía eléctrica. Gas.	<ul style="list-style-type: none"> • Reciclar y aprovechar los desechos orgánicos. • Cero emisiones de Dióxido de azufre contribuyendo a la reducción del cambio climático. • Disminuye el consumo de energía de los combustibles fósiles. • El clima no influye en su producción.

		<ul style="list-style-type: none"> • Un subproducto digestato material sólido. Se emplea como fertilizante y mejorador del suelo. • Reducción gradual de la situación actual de la contaminación del aire y por lo tanto el efecto invernadero.
Biodiesel	<p>Lípidos naturales (grasas de animales o aceites vegetales).</p> <p>Biocombustible.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Combustible eco amigable con el medioambiente. • Utilizando los aceites previamente usados, prevenimos su vertimiento, disminuyendo la contaminación de las aguas fluviales, marinas y subterráneas, como también la flora y fauna que habitan en ellas. • El biodiesel reduce las emisiones de CO₂ que son generadas por los combustibles derivados del petróleo entre un 25% a un 80%. • Reduce los gases de efecto invernadero generados por el transporte.
Bioetanol	<p>Fermentación de azúcares (materia</p> <p>Biocombustible.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de gases de efecto invernadero emitidos son mucho menos si se

orgánica de Energía
las plantas). eléctrica.

colaciona con otros
combustibles en este caso
el gasóleo o la gasolina.

- Teniendo en cuenta huella de la combustión en este tipo de combustibles, este será neutra al emitir CO2 el cual ha sido previamente eliminado de la atmósfera.
- Los gases de efecto invernadero que se emiten son de menor consideración que al usar combustibles fósiles.

Fuente: Elaboración propia

2.2.9. Evolución del consumo final de energía por fuente

Durante muchos años, el consumo de energía se ha caracterizado en el dominio de hidrocarburos líquidos, sin embargo, recientemente han sido reemplazados por gas natural, y se observa que el consumo de electricidad ha ido aumentando en los últimos años.

De acuerdo al balance que se revisó, el método de cálculo del consumo eléctrico por diferentes sectores económicos, que en el balance anterior se estimó con base en la Encuesta Nacional de Balance de Energía Útil de 1998. (Gutierrez Naveda, Caro Jara, & Mendoza Sosa, 2016, págs. 17-18)

Utilizando modelos socioeconómicos, actualmente se tiene informes de distintas autoproductoras y empresas eléctricas que envían a la Dirección General de Electricidad (DGE/MEM). En el caso de la leña, se sabe que es un energético que se consume en cantidades considerables en zonas rurales y su consumo ha disminuido considerablemente. Al pasar de los años, algunos de los consumidores de Kerosene cambiaron y usan GLP, a pesar de ellos en zonas rurales se sigue

usando leña en la cocina. En la actualidad, la población ha migrado esto trae como consecuencia que las zonas rurales estén menos habitadas que las zonas urbanas produciendo un cambio al uso del GLP en el sector residencial, observando una pequeña disminución en el consumo de leña para el 2016. La variación se detalla en la figura 6 y 7.

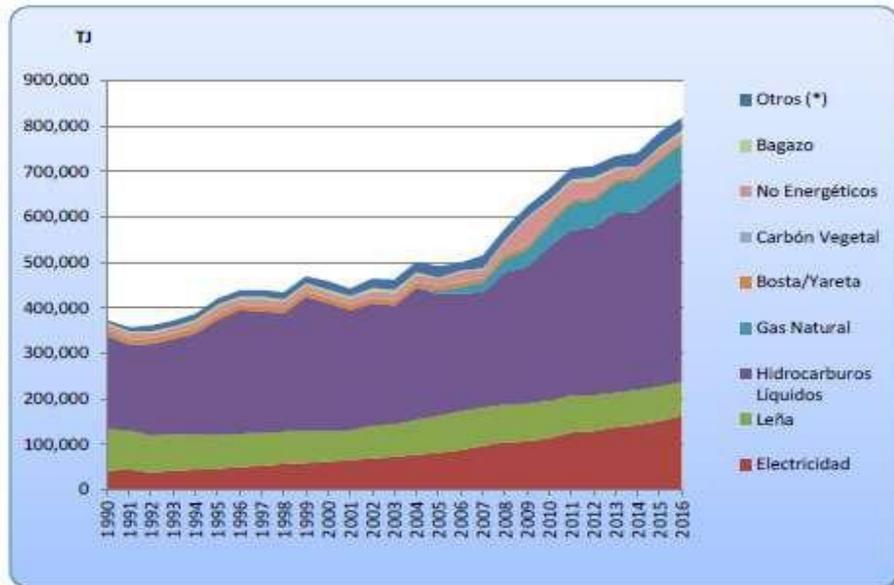


Figura 6 Estructura de participación
(Fuente Balance Nacional de Energía 2016 MEM)

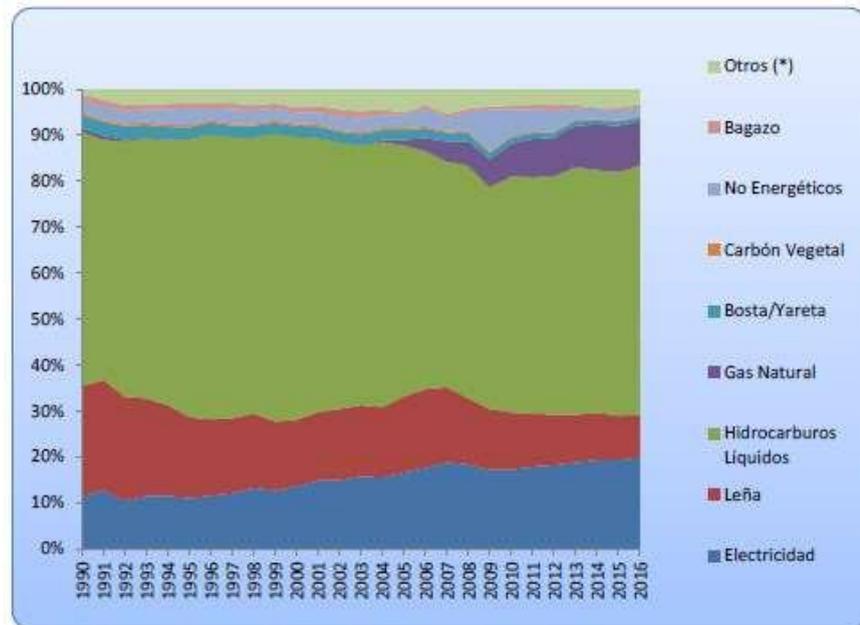


Figura 7 Consumo final de Energía – Nacional
(Fuente Balance Nacional de Energía 2016 MEM)

Entre los años 1990 a 2016, el crecimiento medio anual del consumo de energía final fue del 3,9%, el producto interior bruto aumentó un 3,9%. La flexibilidad del consumo energético final-PIB al final del período es 0,96.

2.2.9.1. Evolución del consumo final de energía por sectores

2.2.9.1.1. Sector Público

En 2016, el consumo de energía de la industria aumentó a una tasa anual del 8,2% en comparación con 2015. Es importante mencionar en cuanto al consumo de queroseno está prohibido, entonces, la data aportada se relaciona con el consumo del turbocompresor. (Gutierrez Naveda, Caro Jara, & Mendoza Sosa, 2016, pág. 21)

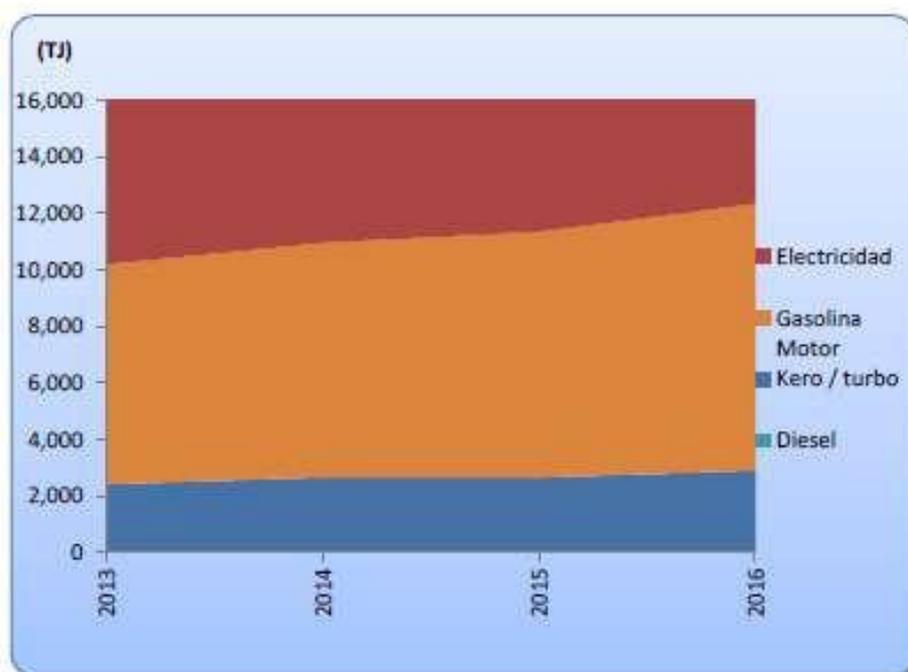


Figura 8 Consumo de Energía-Sector Público
(Fuente Balance Nacional de Energía 2016 MEM)

2.2.9.1.2. Sector Agropecuario y Agroindustrial

En 2016, la energía consumida en los sectores agroindustrial aumentó y agrícola en comparación con 2015. El consumo de bagazo, en este sector, sigue dominando y se utiliza para generar vapor en las calderas del proceso del ingenio azucarero como sustituto de los hidrocarburos. (Gutierrez Naveda, Caro Jara, & Mendoza Sosa, 2016, pág. 23)

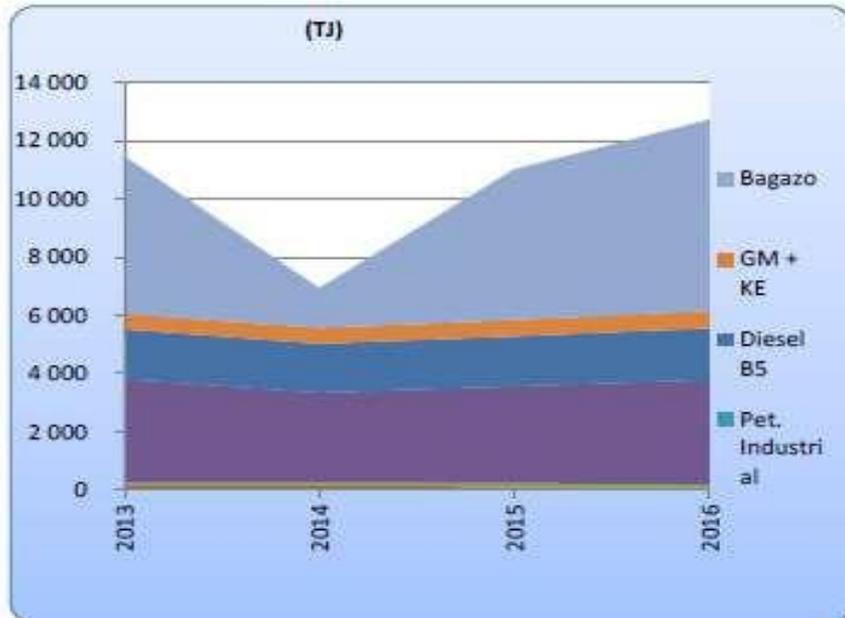


Figura 9 Consumo de Energía-Sector Agropecuario
(Fuente Balance Nacional de Energía 2016 MEM)

2.2.9.1.3. Sector Industrial

En 2016, la energía final consumida en la industria disminuyó un 7% anual en comparación con 2015. La industria está muy diversificada en términos de consumo de energía porque utiliza la mayor cantidad de la canasta de energía nacional, destacando: minería de carbón, diesel B5 desde 2004, electricidad y gas natural, que representó el 39,1% en 2016. (Gutierrez Naveda, Caro Jara, & Mendoza Sosa, 2016, pág. 26)

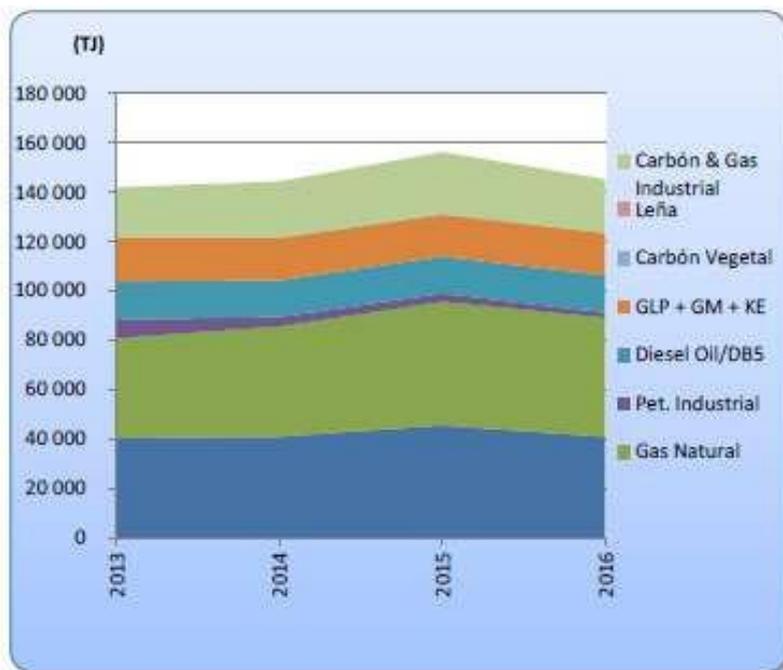


Figura 10 Consumo de Energía-Sector Industrial
(Fuente Balance Nacional de Energía 2016 MEM)

2.2.9.2. Emisiones al ambiente generadas por la transformación de energía.

2.2.9.2.1. Emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂)

Entre los años 2013 hasta 2016, sus emisiones de CO₂, que resultan de la transformación energética primaria a secundaria y el propio consumo, aumentaron a 17,7 mil millones de kg en el año 2016.

Es notorio el crecimiento proveniente de sus emisiones transformadas y consumo propio principalmente, a raíz del incremento de la producción eléctrica a partir del gas natural. En este incremento se evidencia la colaboración del gas en la variación no se refleja con la misma intensidad que en los consumos finales de energía, en los cuales el dominio es de los hidrocarburos líquidos.

En los consumos finales, estas emisiones de dióxido de carbono, entre los años 2013 hasta 2016, se aumentaron de 33,4 a 37,9 mil millones de kilogramos, producidos generalmente por los consumos en los sectores transporte e industrial. (Gutierrez Naveda, Caro Jara, & Mendoza Sosa, 2016, págs. 27, 29)

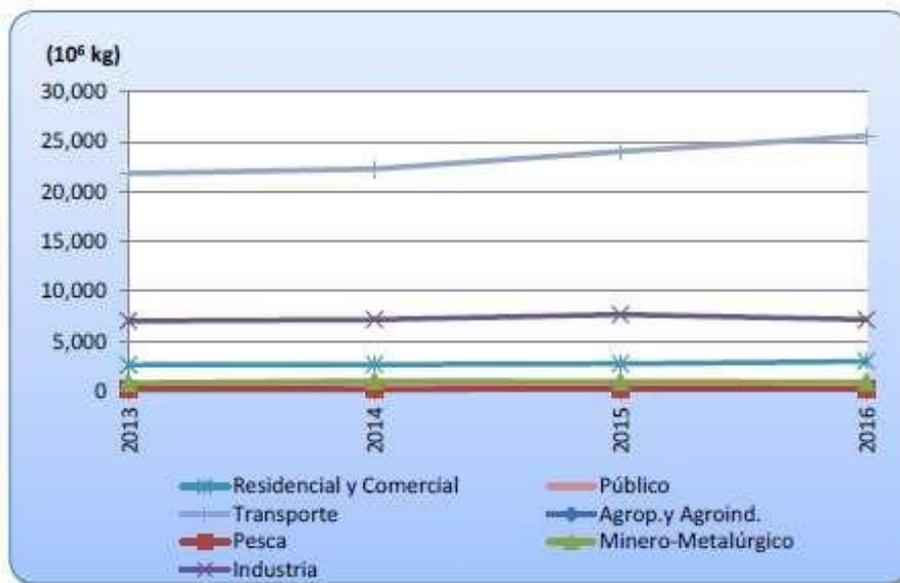


Figura 11 Emisiones de CO₂ por Sectores Económicos
(Fuente Balance Nacional de Energía 2016 MEM)

2.2.9.2.2. Emisiones de Monóxido de Carbono (CO)

De 2013 a 2016, sus emisiones de CO generados en la conversión de energía primaria a energía secundaria y su propio consumo se redujo a 218.000 kg a 21,11

millones de kg. Entre ellos, el diésel y el carbón fueron la mayor fuente de emisiones, y el gas natural se utilizó para generar energía.

En esos años, sus emisiones de CO que resultan del gasto final, incrementaron de 695 a 745,6 millones de kg, a consecuencia del crecimiento de las emisiones resultantes del consumo final más grande de combustibles. (Gutierrez Naveda, Caro Jara, & Mendoza Sosa, 2016, págs. 29,31)

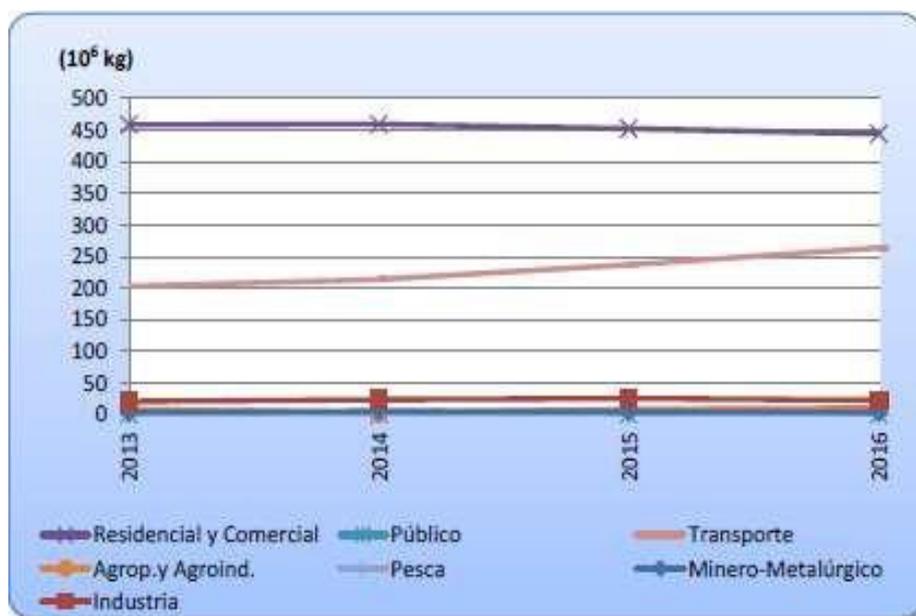


Figura 12 Emisiones de CO por Sectores Económicos
(Fuente Balance Nacional de Energía 2016 MEM)

2.2.9.2.3. Emisiones de Metano (CH₄)

De 2013 a 2016, sus emisiones de metano derivadas de la conversión de energía primaria a energía secundaria y el autoconsumo se redujo a 810.000 kg a 750.000 kg, principalmente debido a la conversión de leña en carbón vegetal y gas natural para la producción de electricidad.

De 2013 a 2016, la cantidad de emisiones de CH₄ en el consumo de energía final aumentó de 33,9 kg a 34,8 millones de kg, y las fluctuaciones crecientes provinieron de los combustibles líquidos y el gas. (Gutierrez Naveda, Caro Jara, & Mendoza Sosa, 2016, págs. 31,33)

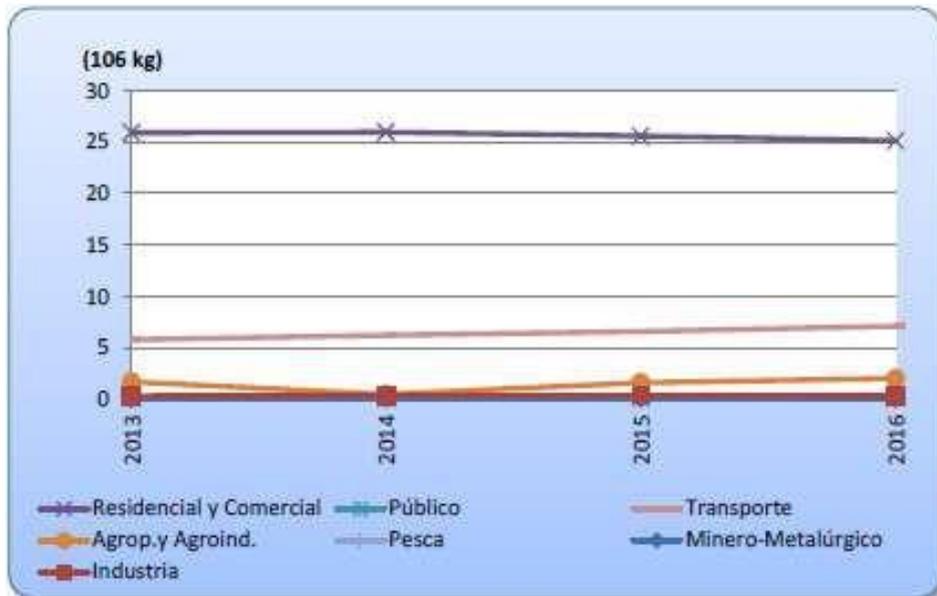


Figura 13 Emisiones de CH₄ por Sectores Económicos
(Fuente Balance Nacional de Energía 2016 MEM)

2.2.9.2.4. Emisiones de Óxidos de Nitrógeno (NOx)

De 2013 a 2016, sus emisiones de NOx derivadas de la conversión de energía primaria en energía secundaria y el autoconsumo aumentaron de 31,5 kg a 3,4 millones de kg, debido a la formación de NOx durante la combustión de gas natural a alta temperatura para la producción de energía.

En los consumos finales, las emisiones de NOx se deben fundamentalmente al uso de hidrocarburos líquidos en el sector transporte. Entre los años 2013 hasta 2016, las emisiones de NOx, aumentaron de 124,3 a 140,9 millones de kg. (Gutierrez Naveda, Caro Jara, & Mendoza Sosa, 2016, págs. 33,35)

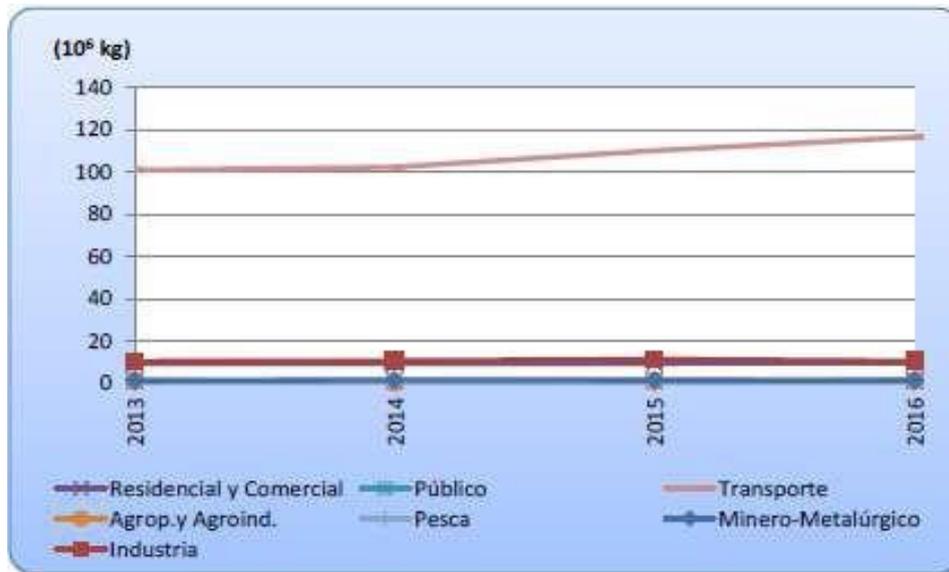


Figura 14 Emisiones de NOx por Sectores Económicos
(Fuente Balance Nacional de Energía 2016 MEM)

2.2.9.2.5. Emisiones de Óxidos De Azufre (SOX)

De 2013 a 2016, durante la transición de energía primaria en energía secundaria y autoconsumo, estas emisiones de óxidos de azufre, generados principalmente de energía, aumentaron de 19,8 kg a 21,1 millones de kg. Se pueden observar campanas durante el período 1996-2000, lo que se debe mayormente por la participación del petróleo residual en la producción de energía. Así mismo se observa que desde el año 2000, estas emisiones de SOx han aumentado cuando se iniciaron las operaciones en la central térmica de carbón en Ilo.

En el consumo de energía final, las emisiones de SOx aumentaron de 45,7 kg a 48,6 millones de kg entre los años 2013 hasta 2016, primordialmente por el aumento en el consumo de diésel de transporte e hidrocarburos líquidos industriales. (Gutierrez Naveda, Caro Jara, & Mendoza Sosa, 2016, págs. 35,37)

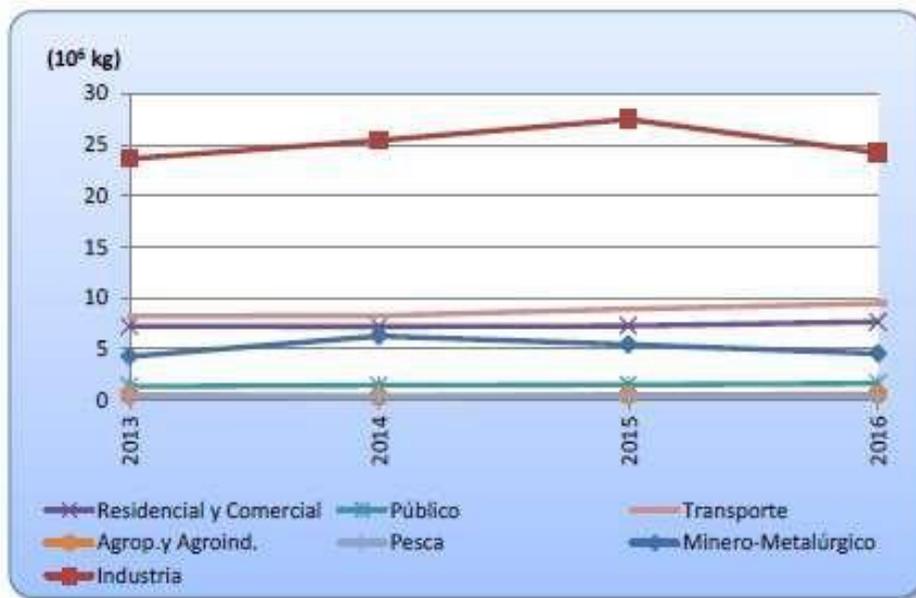


Figura 15 Emisiones de SOx por Sectores económicos
(Fuente Balance Nacional de Energía 2016 MEM)

2.2.9.2.6. Emisiones de Partículas

Durante los años comprendidos entre 2013 hasta 2016, esas emisiones de partículas que procedentes de la conversión de energía primaria a energía secundaria y su consumo autónomo se redujeron de 2,3 kg a 2,1 millones de kg, siendo las mayores emisiones el uso de bagazo para la generación de energía.

En cuanto al consumo final, durante el período 2013 a 2016, las emisiones de material particulado se redujeron de 75,6 kg a 74,2 millones de kg, primordialmente por la disminución del consumo de leña en las viviendas, que si se utiliza de forma inadecuada provocará enfermedades respiratorias en sus residentes. (Gutierrez Naveda, Caro Jara, & Mendoza Sosa, 2016, págs. 37,39)

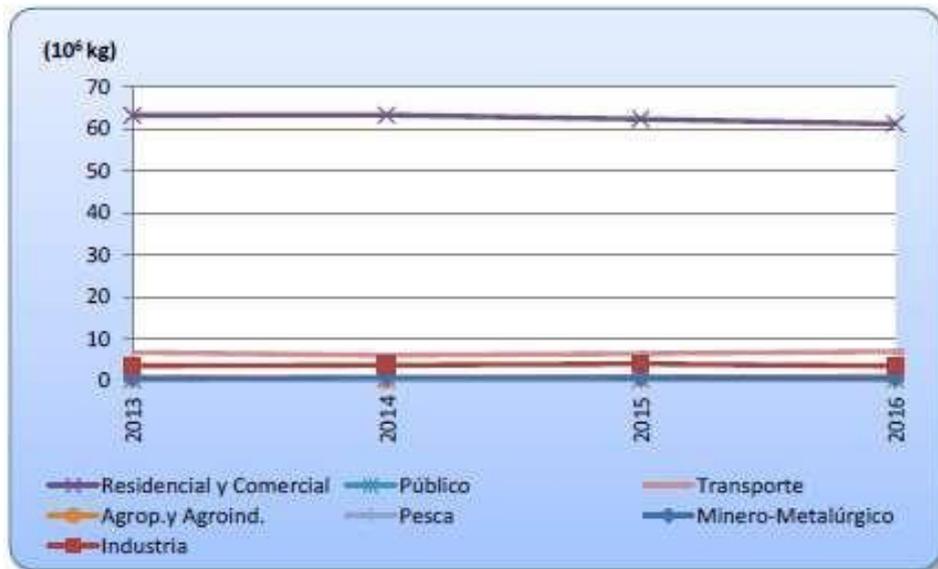


Figura 16 Emisiones de Partículas por Sectores Económicos
(Fuente Balance Nacional de Energía 2016 MEM)

2.2.9.3. Indicadores de Emisiones

Los gráficos siguientes, se observa las evoluciones de las emisiones con respecto al consumo final de energía y respecto a la población, esto, comprendido entre los años 2013 hasta 2016. (Gutierrez Naveda, Caro Jara, & Mendoza Sosa, 2016, págs. 52-53)

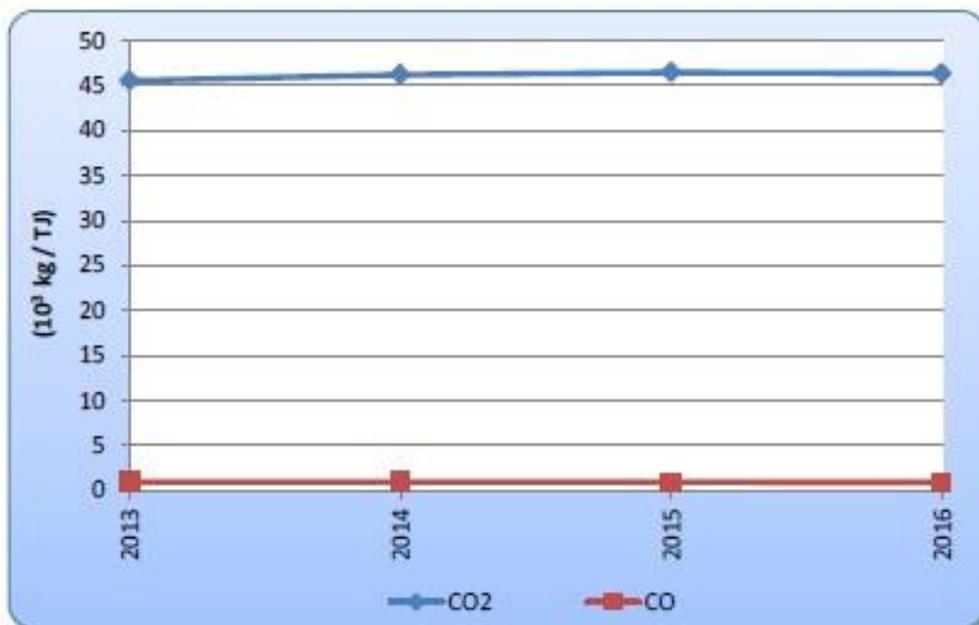


Figura 17 Intensidad de emisión del Carbono
(Fuente Balance Nacional de Energía 2016 MEM)

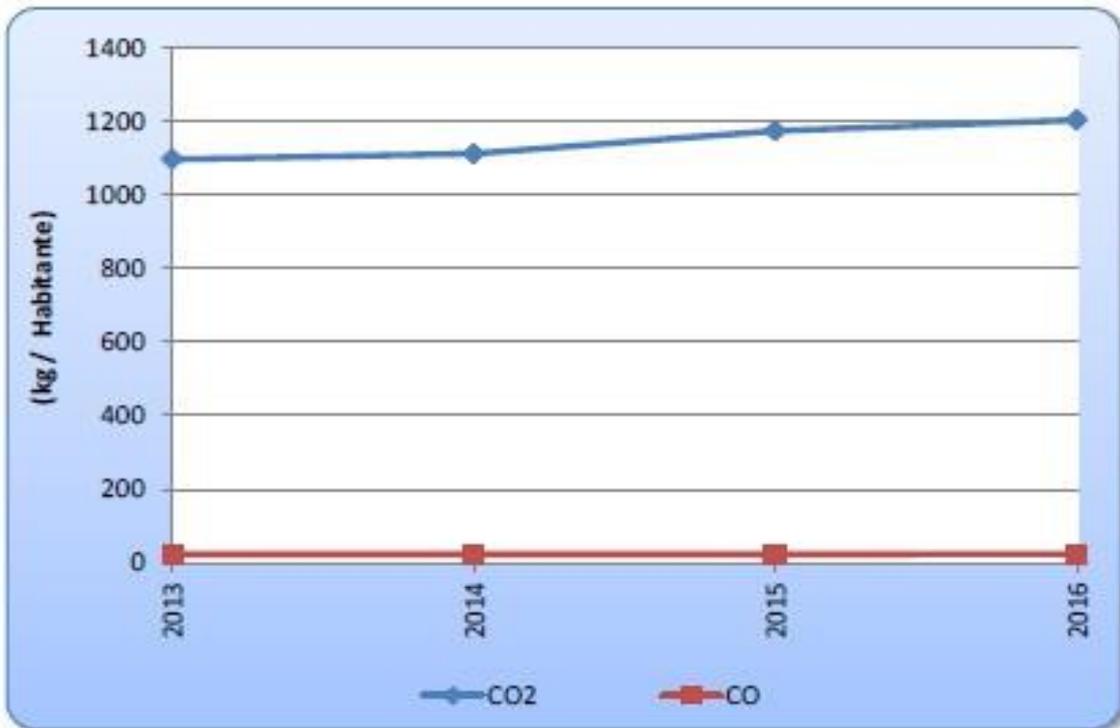


Figura 18 Intensidad de las emisiones NO_x, CH₄, SO_x y Partículas
(Fuente Balance Nacional de Energía 2016 MEM)

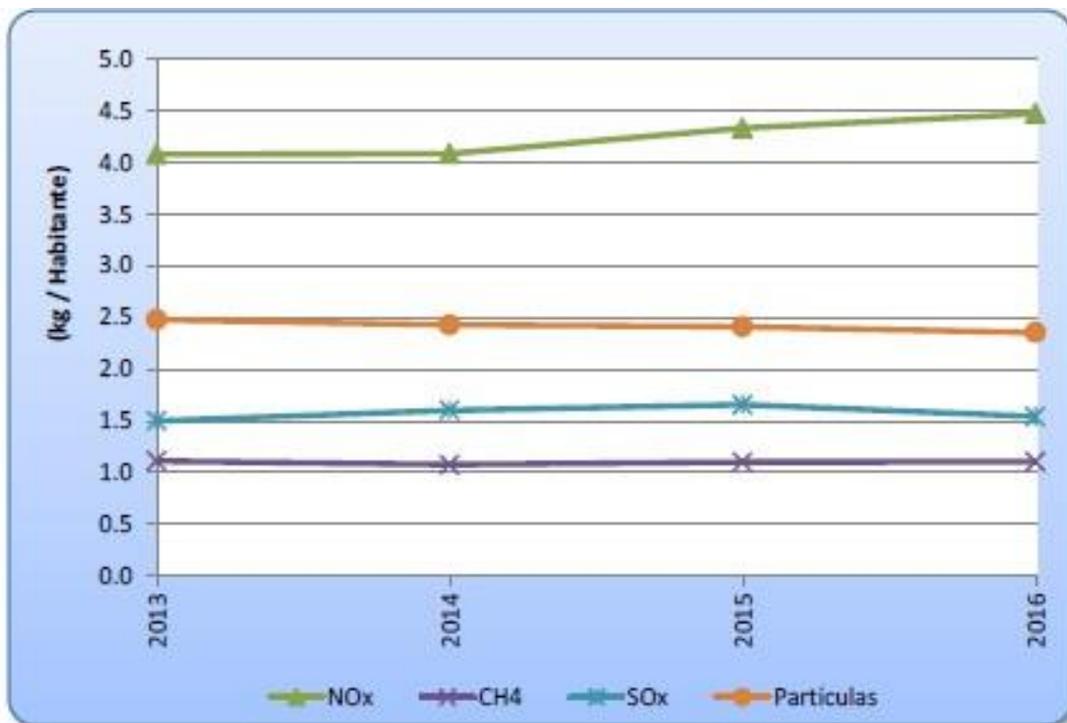


Figura 19 Emisiones de CO₂ y CO per cápita
(Fuente Balance Nacional de Energía 2016 MEM)

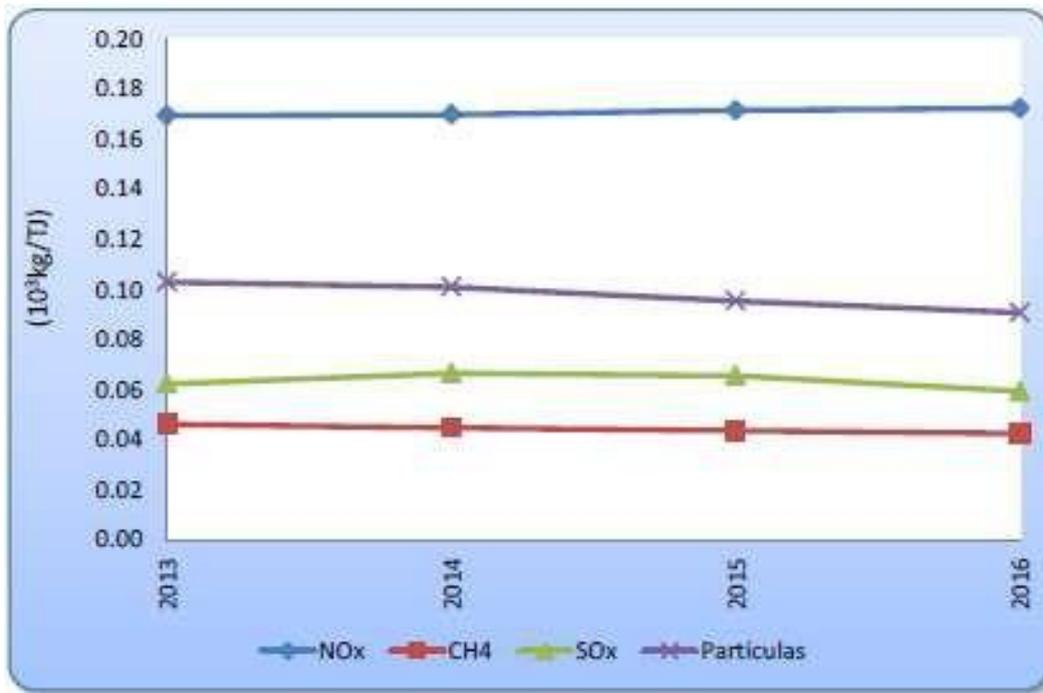


Figura 20 Emisiones de NOx, CH₄, SOx y Partículas per cápita
(Fuente Balance Nacional de Energía 2016 MEM)

2.3. Definición de términos básicos

Botadero:

El almacenamiento inadecuado de residuos sólidos en carreteras y lugares públicos, como también en áreas urbanas, rurales o baldías, puede generar riesgos para la salud o el medio ambiente. Carecen de permisos de saneamiento. (Ley N° 27314, págs. 32, 10°)

Ciclo de vida:

Fases continuas e interrelacionadas, incluida la obtención o producción, fabricación, distribución, uso, reciclaje y eliminación de materias primas como residuos. (DL N°1278, págs. 32, ANEXOS)

Coprocesamiento:

Utilizar residuos adecuados en el proceso de fabricación para recuperar energía y recursos, reduciendo así su uso mediante la sustitución de combustibles y materias primas tradicionales. (DL N°1278, págs. 32, ANEXOS)

Disposición final:

El proceso u operación de tratamiento o disposición de residuos sólidos en un solo lugar como etapa final de manejo de manera permanente, higiénica y ambientalmente segura. (Ley N° 27314, págs. 32, 10°)

Ecoeficiencia:

Uso eficaz de materias primas y suministros para mejorar los procesos de producción y la prestación de servicios, y aminorar el impacto ambiental. (DL N°1278, págs. 32, ANEXOS)

Generación per cápita (GPC):

Es la cantidad de residuos sólidos producidos por unidad, y generalmente se relaciona a la cantidad de residuos sólidos producidos por persona por día.

Generador:

Persona jurídica o natural que produce residuos sólidos como consecuencia de sus actividades, ya sea como fabricante, importador, comerciante, distribuidor o usuario. Cuando no se pueda determinar el productor real y el gobierno municipal a partir de las actividades de recolección, también se tiene en cuenta como productor al propietario de los residuos sólidos peligrosos. (Ley N° 27314, págs. 32, 10°)

Gestión de residuos sólidos:

Todas las diligencias técnicas administrativas de coordinación, planificación, concertación, aplicación, diseño y evaluación de estrategias, políticas, planes y planes de acción para el adecuado manejo de los residuos sólidos a nivel nacional, regional y local. (Ley N° 27314, págs. 33, 10°)

Gestión integral de residuos.

Toda la planificación técnica administrativa, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes y planes de acción para el correcto manejo de los residuos sólidos. (DL N°1278, págs. 33, ANEXOS)

Manejo de residuos sólidos:

Todas las actividades de operación técnica de residuos sólidos que involucren tratamiento, preparación, transporte, transferencia, tratamiento, disposición final o distintos medios de operación técnica a partir de la generación hasta la disposición final. (Ley N° 27314, págs. 33, 10°)

Manejo integral de residuos sólidos:

Refiere al conjunto de acciones financieras, normativas y de planificación aplicables a las etapas del manejo de residuos sólidos empezando de la generación, con base en los estándares de saneamiento ambiental y la factibilidad técnica y económica de reducción, uso, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos desde la fuente. (Ley N° 27314, págs. 32, 10°)

Plan de minimización y manejo de residuos sólidos:

Un documento de planificación para generadores de residuos no municipales, que detalla las medidas de minimización y manejo de residuos sólidos que debe seguir el generador para asegurar una adecuada gestión ambiental y de saneamiento. Para todas las actividades sujetas a SEIA, el plan se ha integrado en la herramienta de gestión ambiental. (DL N°1278, págs. 33, ANEXOS)

Planta de valorización de residuos:

La infraestructura está diseñada para reutilizar el material de desecho tratado o la energía. (DL N°1278, págs. 33, ANEXOS)

Poder Calórico:

La cantidad de calor generado por kilogramo o metro cúbico de la sustancia cuando está completamente oxidada. La unidad más utilizada para medir el poder calorífico, es decir, el calor producido por la reacción es: kcal / kg; kcal / m³; BTU / lb; unidad térmica británica / ft³. El poder calorífico siempre se ha medido por unidad de masa o unidad de volumen de combustible oxidado (quemado)... (Ingemecánica, s.f.)

Poder calorífico superior (PCS):

Es el calor total liberado cuando el vapor de agua producido cuando 1 kg de combustible se quema por completo se condensa, así que calcule el calor liberado durante el cambio de fase. (Ingemecánica, s.f.)

Poder calorífico inferior (PCI):

Es el calor total liberado cuando 1 kg de combustible se quema por completo, excluyendo la parte que corresponde al calor latente de vapor de agua ardiente, porque no hay cambio de fase, se descarga en forma de vapor. (Ingemecánica, s.f.)

Principio de la Cogeneración:

La cogeneración es la productividad entre la electricidad y calor útil (calor) por parte de los usuarios a partir de un solo combustible. Simultáneamente esta generación de calor y electricidad conlleva a una mayor utilización de la fuente de energía primaria, que se convierte cuando la electricidad y el calor se generan por separado. (ABSORSISTEM, s.f.)

Reaprovechar:

Es volver a obtener los beneficios de las materias primas, artículos, elementos o parte de ellos que constituyen residuos sólidos. Reciclarlo, reciclarlo y reutilizarlo se considera una tecnología de reutilización. (Ley N° 27314, págs. 33, 10°)

Relleno sanitario:

De acuerdo con los principios y métodos de saneamiento e ingeniería ambiental, instalaciones para la disposición sanitaria y ambientalmente segura de desechos en basuras urbanas superficiales o subterráneas. (Ley N° 27314, págs. 34, 10°)

Relleno de seguridad:

Es la infraestructura ambientalmente segura para la disposición final de residuos peligrosos sanitaria. (DL N°1278, págs. 33, ANEXOS)

Relleno mixto:

La infraestructura para la disposición final de residuos urbanos, que también incorpora unidades de seguridad para la gestión de residuos peligrosos en la gestión urbana y no urbana. (DL N°1278, págs. 33, ANEXOS)

Residuos domiciliarios:

Son residuos producidos por las actividades del hogar que se realizan en el hogar, incluidos residuos de alimentos, revistas, periódicos, botellas, latas, cartones, pañales desechables, embalajes generales, residuos de higiene personal, etc. (Ley N° 27314, págs. 34, 10°)

Residuos municipales:

Residuos generados en el ámbito de la gestión municipal o residuos urbanos, incluidos los residuos domésticos y los residuos generados por la limpieza y limpieza de lugares públicos, incluyendo playas, actividades comerciales y otras actividades urbanas no residentes, y sus residuos pueden ser absorbidos para brindar servicios al aseo público, en todas las áreas bajo su jurisdicción. (DL N°1278, págs. 34, ANEXOS)

Residuos no municipales:

Los residuos generados en el ámbito de la gestión no municipal o residuos no municipales se refieren a residuos no peligrosos y peligrosos generados en las actividades de desarrollo, producción y servicios. Incluyen los producidos en las instalaciones principales y auxiliares de la operación. (DL N°1278, págs. 34, ANEXOS)

Residuos sólidos:

Se comprende por residuo sólido todo objeto, sustancia, material o elemento que se genera a partir del consumo o uso de bienes o servicios, el propietario lo desecha o intencionalmente o está obligado a eliminarlo, reciclar preferentemente los residuos y finalmente gestionarlos para su Disposición final.

Los desechos sólidos incorporan cualquier residuo o desperdicio en una fase sólida o semisólida. También se consideran desechos el líquido o gas contenido en

el contenedor o tanque a procesar, y el líquido o gas que no pueda ingresar al sistema de descarga y tratamiento de aguas residuales por sus propiedades físicas y químicas no se pueden descargar al medio ambiente. En estos casos, el gas o líquido debe ajustarse de manera segura para su eliminación final adecuada. (DL N°1278, págs. 34, ANEXOS)

Residuo sólido no aprovechable:

Es cualquier material sólido o semisólido o material de origen inorgánico y orgánico generados en hogares, industria, comercio, instituciones y actividades de servicios, esté podrido o no, y no brinda posibilidad de uso, reutilización o recombinación en la etapa de producción. Estos residuos sólidos carecen de valor comercial, que requieren tratamiento y disposición final, por lo que se incurre en costos de disposición. (DL N°1278, págs. 34, ANEXOS)

Tecnología limpia:

El etapa de fabricación o tecnología anexa a la etapa de producción tiene como objetivo reducir los residuos contaminantes generados en el propio proceso. (DL N°1278, págs. 34, ANEXOS)

Tratamiento:

Refiere algún proceso, método o tecnología que accede modificar las características químicas, físicas o biológicas de los residuos sólidos para eliminar o reducir los potenciales peligros de daño a la salud y al medio ambiente, con el propósito de su posterior reciclaje o disposición final. (DL N°1278, págs. 34, ANEXOS)

Valorización:

Cualquier operación que se dirija a los desechos (uno o más materiales que constituyen desechos) se reutiliza y se utiliza con fines útiles al reemplazar otros materiales o recursos en el proceso de producción. La recuperación puede ser material o energética. (DL N°1278, págs. 35, ANEXOS)

Valorización energética:

Se compone de operaciones de valorización energética que tienen como objetivo aprovechar los residuos para aprovechar su potencial energético, tales como: coprocesamiento, coincineración, producción de energía basada en procesos de biodegradación, biocarbón, etc. (DL N°1278, págs. 35, ANEXOS)

Valorización material:

Se compone de operaciones de recuperación de materiales: reutilización, reciclaje, compostaje, recuperación de petróleo, conversión biológica y otras alternativas que demuestren su viabilidad técnica, económica o ambiental mediante procesos de conversión físicos, químicos u otros. (DL N°1278, págs. 35, ANEXOS)

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

3.1.-Resultados

Para determinar el poder calorífico de los residuos orgánicos se llevó a cabo en el laboratorio de Energías Renovables de la Universidad nacional Agraria La Molina. Para estimar el potencial de generación de energía de los residuos sólidos municipales a través de distintos tipos de Sistema de Cogeneración con sus respectivos factores de conversión y para estimar a cuantas personas o familias serán beneficiarias por esta energía nos ayudaremos con Boletín "El supervisor de la Energía y Minería de Osinergmin.

3.1.1. Cálculo del Poder Calorífico Inferior

Para el cálculo del poder calorífico de los residuos sólidos municipales de Villa El Salvador nos enfocaremos en el Método Experimental.

3.1.1.1. Método Experimental (practico).

En el Laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina se realizará la determinación del poder calorífico a través del Método Experimental de los residuos orgánicos.

El Método Práctico se realiza a través de normas internacionales ya mencionadas en el punto N° 2.2.1.

Los resultados se mostrarán en el ANEXO N°7. Reporte de Análisis de Biomasa.

En el resultado que se obtuvo de laboratorio el poder calorífico inferior de residuos orgánicos en base seca es de: 722.23 cal/g.

3.1.2. Estimación del potencial de generación de energía de los residuos sólidos.

Para la estimación del potencial de generación de energía de los residuos sólidos domiciliarios, no domiciliarios y municipales necesitaremos los datos de la Tabla N° 5. Composición física de los tipos de Residuos Municipales (%), generación de residuos sólidos (Kg/día), Poder Calorífico Inferior (cal/g) y

Porcentaje de energía térmica, eléctrica y pérdida de los diferentes tipos de Sistema de Cogeneración.

Para calcular cuánto poder calorífico contribuirá los residuos orgánicos al sistema de cogeneración se explicará en la tabla N°6.

Tabla 6
Tabla de Datos para el cálculo el potencial de generación de energía.

Residuo sólido	Composición física %	PCI individual cal/g	Contribución del PCI al Sist. de cogeneración
Residuos orgánicos	40.7	722.23	293.95

Para calcular la contribución del PCI al Sistema de Cogeneración se multiplica la composición física por el PCI individual del residuo. **Fuente elaboración propia**

El equivalente de 293.95 cal/g en MJ/Kg es 1,2.

Para calcular cuánto potencial de generación de energía se obtendrá de los residuos orgánicos los datos que utilizaremos se explicaran en las siguientes tablas.

En la tabla N°7 se explica cuanta de energía se puede obtener a través del sistema de Cogeneración con Motor Alternativo.

Tabla 7
Tabla de cálculo el potencial de generación de energía con el sistema de cogeneración con Motor Alternativo

residuos	Generación (Kg/día)	Contribución del PCI al Sistema de cogeneración (MJ/Kg)	Tiempo de funcionamiento del sistema de cogeneración. (días/s)	% de energía (térmica, eléctrica y pérdida)	Cantidad de energía (MW)
Domiciliarios	95156600	1.2		0.55	726.8

				0.33	436.1
			$\frac{1}{86400}$	0.12	158.6
				0.55	597.5
No domiciliarios	78213190	1.2	$\frac{1}{86400}$	0.33	358.5
				0.12	130.4
				0.55	1324.4
Municipales	173369790	1.2	$\frac{1}{86400}$	0.33	794.6
				0.12	288.9

Datos para el cálculo el potencial de generación de energía. **Fuente elaboración propia**

En la tabla N°8 se explica cuanta de energía se puede obtener a través del sistema de Cogeneración con Turbina de Gas.

Tabla 8
Tabla de cálculo el potencial de generación de energía con el sistema de cogeneración con Turbina de Gas.

residuos	Generación (Kg/día)	Contribución del PCI al Sistema de cogeneración	Tiempo de funcionamiento del sistema de cogeneración. (días/s)	% de energía (térmica, eléctrica y perdida)	Cantidad de energía
				0.55	726.9
Domiciliarios	95156600	1.2	$\frac{1}{86400}$	0.25	330.4

				0.20	264.3
				0.55	597.5
No domiciliarios	78213190	1.2	$\frac{1}{86400}$	0.25	271.6
				0.20	217.3
				0.55	1324.4
Municipales	173369790	1.2	$\frac{1}{86400}$	0.25	601.9
				0.20	481.6

Datos para el cálculo el potencial de generación de energía. **Fuente elaboración propia.**

En la tabla N°9 se explica cuanta de energía se puede obtener a través del sistema de Cogeneración con Turbina a Vapor.

Tabla 9
Tabla de cálculo el potencial de generación de energía con el sistema de cogeneración con Turbina a Vapor.

residuos	Generación (Kg/día)	Contribución del PCI al Sistema de cogeneración	Tiempo de funcionamiento del sistema de cogeneración. (días/s)	% de energía (térmica, eléctrica y perdida)	Cantidad de energía
				0.74	977.9
Domiciliarios	95156600	1.2	$\frac{1}{86400}$	0.16	211.5
				0.10	132.2

				0.74	803.9
No domiciliarios	78213190	1.2	$\frac{1}{86400}$	0.16	173.8
				0.10	108.6
				0.74	1781.9
Municipales	173369790	1.2	$\frac{1}{86400}$	0.16	385.3
				0.10	240.8

Datos para el cálculo el potencial de generación de energía. Fuente **elaboración propia**

Para visualizar los gráficos del potencial generación de energía ver el ANEXO N°8 Gráficos de Potencial de Generación de Energía.

3.1.3. Consumo de energía

Según el censo realizado en el 2017 por el Instituto Nacional de estadísticas e informática INEI, las viviendas en Villa el Salvador en promedio cuentan con 3 habitaciones sin contar baño y cocina. Para este estudio se tomará en cuenta el número de habitaciones en una vivienda con baño y cocina.

En la siguiente tabla se detallada el consumo por día de una vivienda promedio en Villa el Salvador con 5 habitaciones.

Tabla 10
Consumo de una vivienda familiar promedio con 5 habitaciones

Artefacto eléctrico	Potencia (W)	Potencia (kW)	Horas de uso en un día	Consumo (kW/d)
Foco unidades)	(5 180	0,18	6	1,08

Lavadora	500	0,5	4	2
Refrigerador	350	0,35	24	8,4
Televisor	120	0,12	5	0,6
Licuadaora	300	0,3	1	0,3
Equipo de sonido	80	0,08	3	0,24
Plancha	1000	1	2	2
Computador	300	0,3	3	0,9

Datos obtenidos del Boletín "El supervisor de la Energía y Minería"
Fuente: (Osinergmin, El supervisor de la energía y Minería, 2014)

El consumo diario de una vivienda promedio en Villa el Salvador es de 15,52 (kW/d).

CONCLUSIONES

- Las energías limpias que tienen como materia prima a diferentes residuos sólidos en su mayoría son menos contaminantes produciendo una mínima cantidad de CO₂ en comparación con otras fuentes de energías. Mejoran la calidad de vida de los pobladores que además de ser beneficiarias de una energía limpia tendrán nuevas oportunidades de empleos. En su mayoría los residuos que generan estas tecnologías son reciclables y beneficiosas para otras actividades teniendo así una economía circular activa.
- El Poder Calorífico Inferior en base húmeda de los residuos de residuos orgánicos es de 722.23 cal/g, este dato es determinante para saber cuánta energía se puede reaprovechar de los residuos sólidos municipales. El poder calorífico se puede aprovechar de dos maneras tanto en energía eléctrica como energía térmica siendo una mínima cantidad la energía que se pierde.
- En cuanto al Potencial de Generación de energía por los residuos de residuos orgánicos, se estimó a través de tres sistemas de cogeneración las energías Térmicas, Eléctricas y la energía que se pierde durante el proceso (mecánica, radiación y emisión de gases) y se calculó de los residuos domiciliarios, no domiciliarios y municipales para ver el consumo a diferentes escalas. En el sistema de cogeneración con Motor Alternativo con residuos domiciliarios se obtuvo una generación de energía térmica de 726,8 MW, energía eléctrica de 436,1 MW y energía perdida de 158,6 MW; con residuos no domiciliarios se obtuvo una generación de energía térmica de 597,5 MW, energía eléctrica de 358,5 MW y energía perdida de 130,4 MW y con residuos municipales se obtuvo una generación de energía térmica de 1324,4 MW, energía eléctrica de 794,6 MW y energía perdida de 288,9 MW. De esta energía perdida el 5% son emisiones con gases contaminantes. En el sistema de cogeneración por Turbinas a Gas con residuos domiciliarios se obtuvo una generación de energía térmica de 726,9 MW, energía eléctrica de 330,4 MW y energía perdida de 264,3 MW; con residuos no domiciliarios se obtuvo una generación de energía térmica de 597,5 MW, energía eléctrica de 271.6 MW y energía perdida de 217,3 MW y con

residuos municipales se obtuvo una generación de energía térmica de 1324,4 MW, energía eléctrica de 601,9 MW y energía perdida de 481,6 MW. De esta energía perdida el 2% son emisiones con gases contaminantes. En el sistema de cogeneración por Turbinas a Vapor con residuos domiciliarios se obtuvo una generación de energía térmica de 977,9 MW, energía eléctrica de 211,5 MW y energía perdida de 132,2 MW; con residuos no domiciliarios se obtuvo una generación de energía térmica de 803,9 MW, energía eléctrica de 173,8 MW y energía perdida de 108,6 MW y con residuos municipales se obtuvo una generación de energía térmica de 1781,9 MW, energía eléctrica de 385,3 MW y energía perdida de 240,8 MW. De esta energía perdida el 7% son emisiones con gases contaminantes.

- De acuerdo a los diferentes Sistemas de cogeneración, el sistema que mayor energía valoriza es Sistema con Motor Alternativo, reaprovechando los residuos municipales del distrito de Villa El Salvador con generación de energía térmica de 1324,4 MW, energía eléctrica de 794,6 MW y energía perdida de 288,9 MW.
- Villa El Salvador tiene una población de 393 254 habitantes, la Energía Eléctrica que se obtendría a través del Sistema de Cogeneración con Motor Alternativo podrá atender a 2133 familias (8 532 personas) por día en Villa el Salvador teniendo un promedio de 5 habitaciones por vivienda y un Kilo de residuos orgánicos produce 3MJ de energía.

RECOMENDACIONES

- Revisando los antecedentes nacionales se encontraron opciones de valorización energética como biogás, diésel, gas natural, bagazo, entre otros más no se ha encontrado métodos como sistemas de cogeneración que puedan valorizar de otro modo los residuos sólidos optimizando su poder calorífico que es otra fuente de energía.
- Es importante que las autoridades pongan énfasis en la problemática de los residuos sólidos ya que sus consecuencias al ambiente van incrementándose por consiguiente afectara en la salud de los ciudadanos y no solo a grupos específicos.
- La cultura ambiental es muy escasa en los ciudadanos eso hace que desconozcan las consecuencias que conllevan sus malos hábitos, se tiene que inculcar a la ciudadanía a la reducción y reciclaje en la fuente de los residuos sólidos para así evitar la gran acumulación y aumento de puntos críticos y mejorar la calidad de vida en la ciudad.
- Se tiene que poner en práctica nuevas tecnologías para generar energías renovables y así reducir los grandes impactos que se están desarrollando con el pasar de los años aprovechando materias primas que no todas las empresas le dan un valor económico en temas de valoración energética.

BIBLIOGRAFÍA

ABSORSISTEM. (s.f.). Obtenido de ESPECIALISTAS EN EFICIENCIA Y AHORRO EN COSTES ENERGETICOS: <https://www.absorsistem.com/tecnologia/cogeneracion/principio-de-la-cogeneracion>

CerEner. (2014). *Generación de energía a partir de la basura*. Obtenido de Certificados Energéticos: <https://www.certificadosenergeticos.com/generacion-energia-basura-energia-100-limpia>

DL N°1278, D. L. (s.f.). Ley de Gestión Integral de residuos sólidos.

ECI, E. C. (Agosto de 2017). Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales en el distrito de Villa el Salvador 2017. Villa El Salvador, Lima , Perú.

Elías, X. (s.f.). Valoración Energética de Residuos. *Aplicaciones*. España.

Fernandez, J. (s.f.). *Poder Calorífico*. Obtenido de UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL: http://www.edutecne.utn.edu.ar/maquinas_termicas/01-poder_calorifico.pdf

Flores, S., Encarnación, G., & Ibarra, M. (Agosto de 2015). DETERMINACIÓN DEL PODER CALORIFÍCO EN RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS. Ciudad de México, México: Tecnológico de Monterrey.

Fraile, D. (2006). COGENERACIÓN: ASPECTOS TECNOLÓGICOS. *Master en Energías Renovables y Mercado Energético*. EOI Escuela de Negocios.

Gutierrez Naveda, F., Caro Jara, J. L., & Mendoza Sosa, R. (2016). Balance Nacional de Energía. *Balance Nacional de Energía 2016*. Lima, Perú.

Ingemecánica. (s.f.). Obtenido de https://ingemecanica.com/tutoriales/poder_calorifico.html

Ley N° 27314, L. G. (s.f.). Ley General de Residuos Sólidos.

- Moratorio, D., Rocco, I., & Castelli, M. (Agosto de 2012). CONVERSIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN ENERGÍA. Paysandú, Uruguay: ISSN.
- MORATORIO, R. &. (2012). Conversión de Residuos Sólidos Urbanos en Energía. *Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica*, 118.
- MuniVES. (s.f.). Ubicación y Geografía. Villa El Salvador, Lima, Perú.
- Osinermin. (2014). El supervisor de la energía y Minería. Lima, Perú.
- Osinermin. (marzo de 2018). División de Supervisión de Electricidad. *Unidad de Supervisión de Inversión en Electricidad*. Lima, Perú.
- OSINERGMIN. (2018). Energía Solar. *Energías Renovables*. Lima, Perú.
- OSINERGMIN. (2018). Energía Solar. *Energías Renovables*. Lima, Perú.
- Peréz Rubio, L. (16 de agosto de 2016). Sistema de Cogeneración con Motor Alternativo, Turbina a vapor, Turbina de Gas. *Energías Renovables*. Arquitectura y Energía.
- Peréz, M., Valencia, J., Rubiano, J., Feo, D., & Cuellar, E. (Junio de 2010). ENERGÍA DE LA BASURA. Bogota, Colombia: Tecnura vol 14/ SCIELO.
- SDI. (2008). Energía Solar. *Energías Renovables*. Argentina.
- SINIA, S. N. (2017). *Cifras Ambientales 2017*.
- Vargas, F., & Ramírez, Y. (Jul-Dic de 2014). POTENCIAL DE ENERGÍA CALORÍFICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES PARA REEMPLAZAR EL CARBÓN MINERAL. Guanentá, Colombia: TEKNOS vol 14.
- Zegarra Reátegui, J. (2011). De la basura a la electricidad. Lima, Perú.

ANEXOS

ANEXO 1 Infraestructuras de disposición final a nivel nacional.



Figura 21 Infraestructuras de Disposición Final a nivel nacional
(fuente: cifras ambientales 2017, SINIA pg. 15)

ANEXO 2 Mapa de Ubicación del AAHH Aires de Pachacamac.

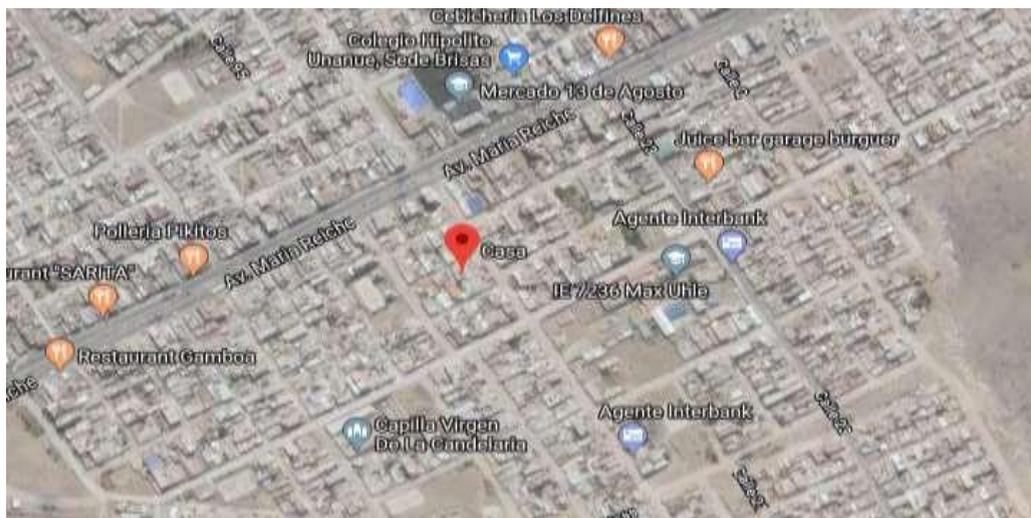


Figura 22 Ubicación del AAHH Aires de Pachacamac
Fuente: Google Maps (punto rojo indica lugar del espacio temporal del proyecto).

ANEXO 3. Mapa de Villa El Salvador.



Figura 23 Delimitación de Villa El Salvador
Fuente: Google Maps (delimitación del tiempo espacial del proyecto)

ANEXO 4. Flujograma de sistema de cogeneración.

4.1. Flujograma de un Sistema de Cogeneración con motor alternativo

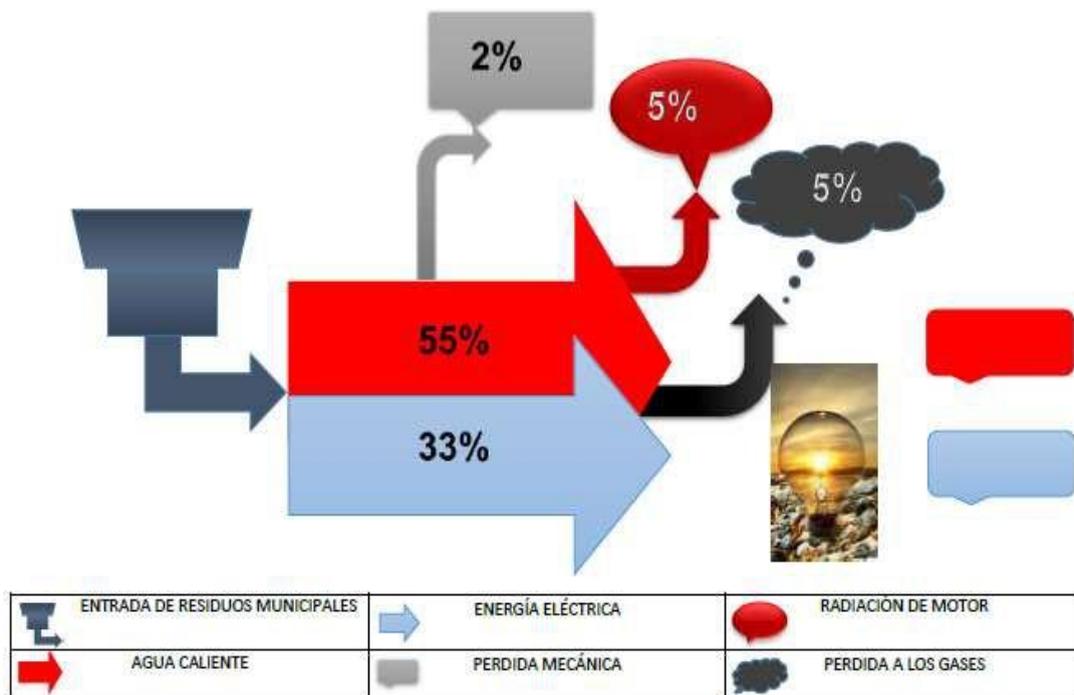


Figura 24 Flujograma de un Sistema de Cogeneración con motor alternativo
Fuente elaboración propia

4.2. Flujograma de un Sistema de Cogeneración con turbina de gas

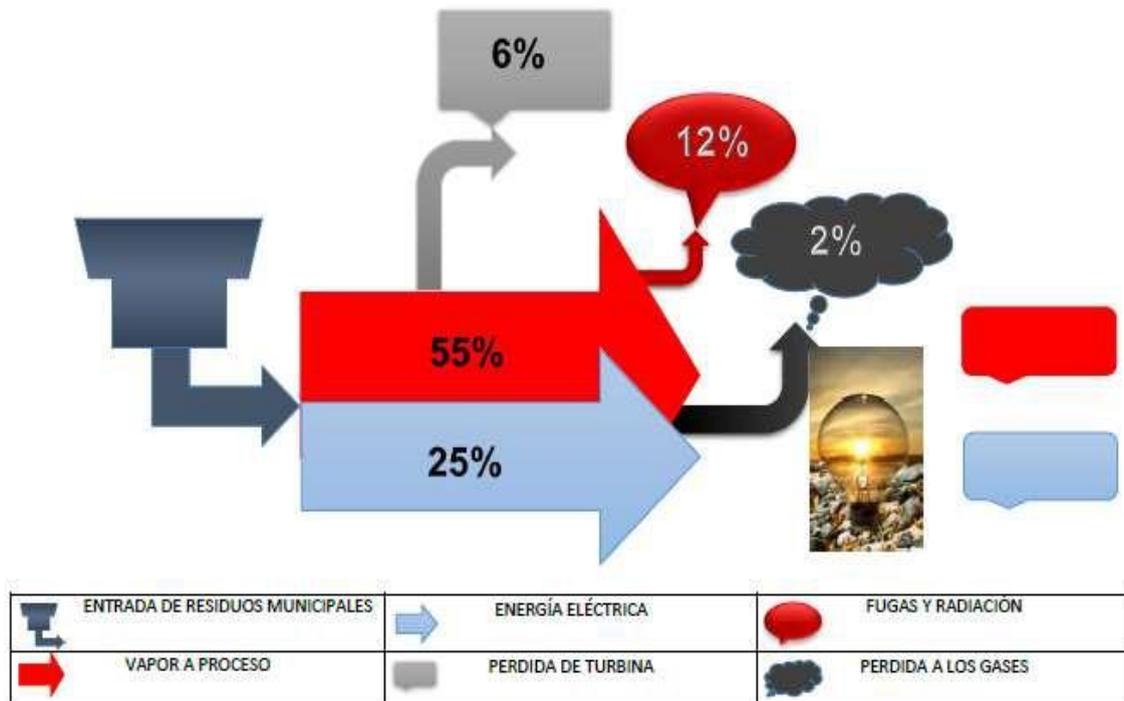


Figura 25 Flujograma de un Sistema de Cogeneración con turbina de gas
Fuente elaboración propia

4.3. Flujograma de un Sistema de Cogeneración con turbina de vapor

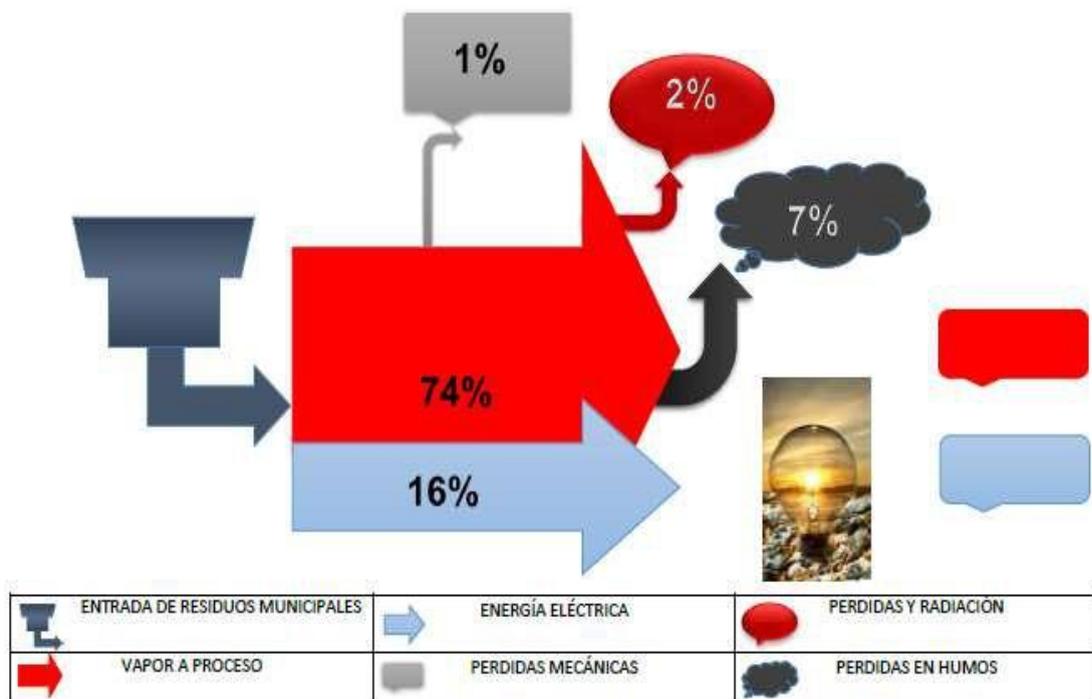


Figura 26 Flujograma de un Sistema de Cogeneración con turbina de vapor
Fuente elaboración propia

ANEXO 5. Reporte de Análisis de Biomasa.

5.1. Reporte de Análisis de Poder Calorífico.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
LABORATORIO DE ENERGÍAS RENOVABLES
Unidad de Biomasa Energética

REPORTE DE ANÁLISIS DE PODER CALÓRICO
(CALORÍMETRO)
LER – BIOMASA 009 - 2019

Solicitante : Srta. María Sarait Quispe Salas
Atención : Srta. María Sarait Quispe Salas
Muestra : Restos alimenticios
Procedente de : Lima, Perú
Fecha Recepción : 07 / 03 / 2019
Norma: : ASTM D5865 – 13



N. LABORATORIO	CÓDIGO DE CAMPO	BASE SECA	BASE HÚMEDA
		PCS (Cal/g)	PCI (Cal/g)
UBE-(03/2019)-0047	Restos alimenticios	3950.77	722.23

NOTA:

- Las muestras fueron analizadas en base seca (las muestras tal como se recibieron fueron secadas en estufa durante 24 horas a 105 °C).
- El PCI se obtiene por cálculo a partir del PCS determinado sobre la muestra analizada. El cálculo del PCI exige el conocimiento del contenido de humedad de la muestra analizada.
- Se realizó el análisis por triplicado de cada muestra, obteniéndose resultados aproximados y se determinó la desviación estándar (medida de la dispersión de los valores respecto a la media) de la muestra.



Laboratorio de Energías Renovables
José Calle Maraví, Ph. D.
Jefe del Laboratorio de Energías Renovables

Figura 27 Reporte de Análisis de Poder Calorífico.
Fuente: Laboratorio de Energías Renovables de la UNALAM

5.2. Reporte de Análisis Termogravimétrico-TGA(PROXIMAL)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
LABORATORIO DE ENERGÍAS RENOVABLES
Unidad de Biomasa Energética

REPORTE DE ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO – TGA (PROXIMAL)
LER – BIOMASA 008 - 2019

Solicitante : Srta. María Sarait Quispe Salas
Atención : Srta. María Sarait Quispe Salas
Muestra : Restos alimenticios
Procedente de : Lima, Perú
Fecha Recepción : 07 / 03 / 2019
Norma: : ASTM D7582

N. LABORATORIO	CÓDIGO DE CAMPO	BASE HUMEDA			
		CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	MATERIA VOLÁTIL (%)	CENIZAS (%)	CARBONO FIJO (%)
UBE-(03/2019)-0047	Restos alimenticios	81.73	---	---	---

NOTA:

- El análisis se realizó con las muestras en base húmeda (La base húmeda se refiere al análisis de las muestras sin tratamiento previo).
- Se realizó el análisis por triplicado de cada muestra, obteniéndose resultados aproximados y se determinó la desviación estándar (medida de la dispersión de los valores respecto a la media) de la muestra.




Laboratorio de Energías Renovables
José Calle Maravi, Ph. D.
Jefe del Laboratorio de Energías Renovables

Figura 28 Reporte de Análisis Termogravimétrico-TGA (PROXIMAL)
Fuente: Laboratorio de Energías Renovables de la UNALAM

ANEXO 6. Gráficos de Potencial de Generación de Energía

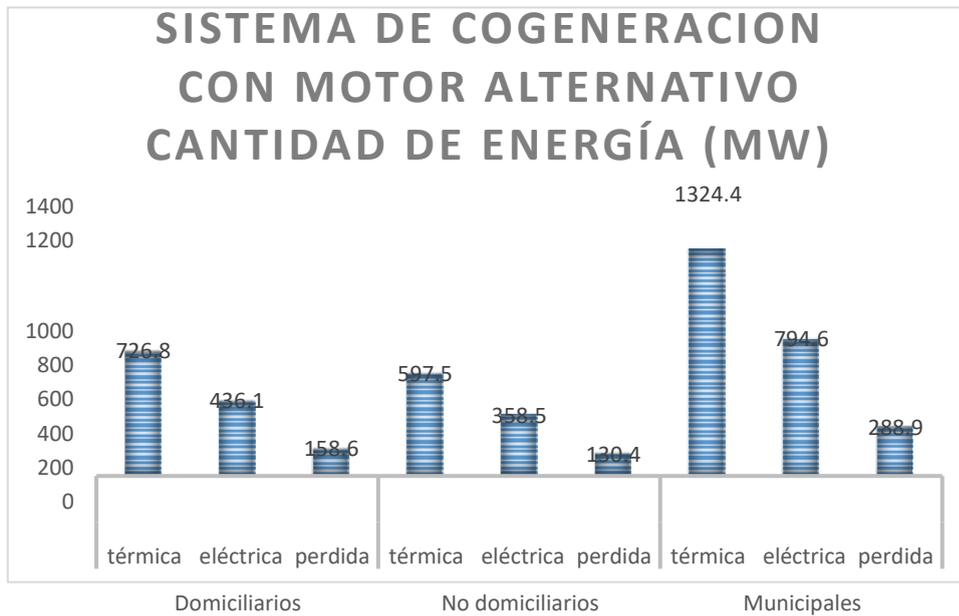


Figura 29 Sistema de Cogeneración con Motor Alternativo
Fuente: elaboración propia.

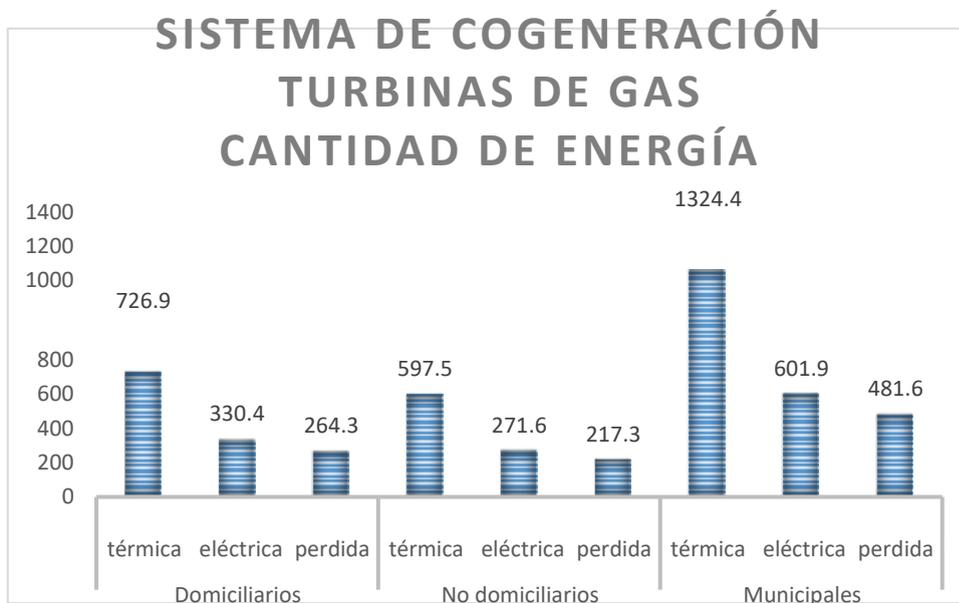


Figura 30 Sistema de Cogeneración Turbinas de Gas
Fuente: elaboración propia.

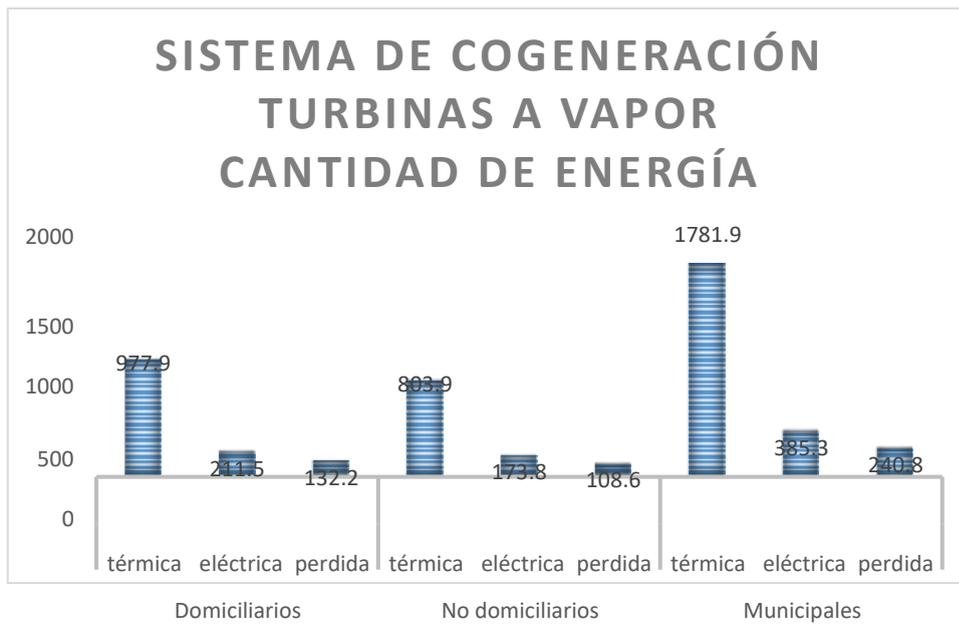


Figura 31 Sistema de cogeneración Turbinas a vapor
Fuente: elaboración propia.

ANEXO 7. Solicitud de Acceso a la Información a la Municipalidad Distrital de Villa El Salvador.

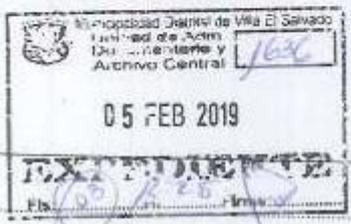
FORMULARIO		INFORMACIÓN PÚBLICA (Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM)	
I. FUNCIONARIO RESPONSABLE DE ENTREGAR LA INFORMACIÓN:			
II. DATOS DEL SOLICITANTE:			
APELLIDOS Y NOMBRES / RAZÓN SOCIAL GUISPE SALAS MARIA SARANT		DOCUMENTO DE IDENTIDAD D.N.I./L.M./C.E./OTRO 70936683	
DOMICILIO			
AV/CALLE/UR/PSJ. M2 Y L176	N°/DPTO./INT.	DISTRITO V.E.S.	URBANIZACIÓN AMP. AÍDRES DE PALMACHAC
PROVINCIA LIMA	DEPARTAMENTO LIMA	CORREO ELECTRÓNICO maria.sarant24@gmail.com	TELÉFONO 971636745
III. INFORMACIÓN SOLICITADA:			
ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS (ULTIMO).			
PARA OBTENER MI TÍTULO PROFESIONAL COMO ING AMBIENTAL, CON REALIZADO UN ANÁLISIS DEL PODER CALÓRICO DE BRS PARA ELLO NECESITO EL RESULTADO DE CARACT.			
IV. DEPENDENCIA DE LA CUAL SE REQUIERE LA INFORMACIÓN:			
GERENCIA DE SERVICIOS MUNICIPALES Y GESTIÓN AMBIENTAL			
V. FORMA DE ENTREGA DE LA INFORMACIÓN (marcar con una 'X')			
COPIA SIMPLE	<input checked="" type="checkbox"/>	DISQUETE	<input type="checkbox"/>
CD	<input type="checkbox"/>	CORREO ELECTRÓNICO	<input checked="" type="checkbox"/>
OTRO	<input type="checkbox"/>		
APELLIDOS Y NOMBRES GUISPE SALAS MARIA SARANT		FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN	
FIRMA <i>AS</i>			
OBSERVACIONES:			
NOTA: PRESENTAR EN ORIGINAL Y COPIA			

Figura 32 Solicitud de acceso a la información Fuente Municipalidad de Villa El Salvador

ANEXO 8. Registros fotográficos



Figura 33 Selección de muestra
Fuente elaboración propia



Figura 34 Acondicionamiento de muestra
Fuente elaboración propia