

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**Dimensionamiento de una central eléctrica
utilizando biomasa residual para la generación de
energía en el centro poblado Ampliación Villa el Sol**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

AUTOR

Gorqui Zuriko Aguirre Angeles

ASESOR

Luis Alberto Gonzales Bazan

<https://orcid.org/0000-0003-3941-9581>

Chiclayo, 2024

**Dimensionamiento de una central eléctrica utilizando biomasa
residual para la generación de energía en el centro poblado
Ampliación Villa el Sol**

PRESENTADA POR

Gorqui Zuriko Aguirre Angeles

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

APROBADA POR

Jimenez Zuloeta Wilson Alejandro
PRESIDENTE

Querevalu Morante Alexander
SECRETARIO

Luis Alberto Gonzales Bazan
VOCAL

Dedicatoria

A Dios, por brindarme la vida y salud para poder cumplir con cada uno de mis metas y darme la oportunidad de llegar hasta esta etapa de mi vida.

A mis padres, Carlos Aguirre y Maria Angeles, por todos el apoyo, comprensión y amor constante que me han brindado durante toda mi formación académica. Por haberme brindado un buen ejemplo de superación, esfuerzo y perseverancia para poder afrontar las situaciones que se presentan en la vida.

Agradecimientos

A la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, por ser la institución encargada de mi formación académica que permitieron poder desarrollarme como persona.

A los ingenieros por haberme brindado los conocimientos y experiencias impartidas en las aulas de clases durante toda mi etapa universitaria.

A mis amigos de toda la vida Luiggy Diaz, Sergio Cavero, Andres Alva, les agradezco por el apoyo y experiencias dentro y fuera de la universidad.

Dimensionamiento de una central eléctrica utilizando biomasa residual para la generación de energía en el centro poblado Ampliación Villa el Sol

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net	Fuente de Internet	8%
2	tesis.usat.edu.pe	Fuente de Internet	3%
3	es.slideshare.net	Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unprg.edu.pe	Fuente de Internet	1%
5	www.coursehero.com	Fuente de Internet	1%
6	termasol.net	Fuente de Internet	1%
7	www.slideshare.net	Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unj.edu.pe	Fuente de Internet	1%
9	Submitted to Universidad Cesar Vallejo	Trabajo del estudiante	<1%
10	1library.co	Fuente de Internet	<1%
11	renati.sunedu.gob.pe	Fuente de Internet	<1%
12	simarsureste.org	Fuente de Internet	<1%
13	repositorio.udl.edu.pe	Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	8
Abstract	9
Introducción	10
Revisión de literatura	13
Materiales y métodos	30
Resultados y Discusión	31
Conclusiones	62
Recomendaciones.....	63
Referencias	64
Anexos.....	66

Lista de tablas

Tabla 1 Tipos de biomasa agrícola según su composición.	16
Tabla 2 Uso directo de los desechos sólidos.	18
Tabla 3 Conversión de la biomasa.	21
Tabla 4 Composición de los residuos sólidos urbanos de la provincia de Chiclayo.	23
Tabla 5 La generación de residuos sólidos urbanos de la provincia de Chiclayo desde el año 2022 – 2042.	25
Tabla 6 Contenido de humedad típico en RSU.	31
Tabla 7 Contenido de peso seco en porcentaje de los RSU de la provincia de Chiclayo.	32
Tabla 8 Calculo de peso seco de los residuos sólidos incinerable.	33
Tabla 9 Poder calorífico de los residuos incinerables [13].	33
Tabla 10 Energía de la biomasa residual 100 %.	34
Tabla 11 Energía de la biomasa residual 8 %.	34
Tabla 12 Dimensionamiento secador.	39
Tabla 13 Dimensionamiento incinerador.	42
Tabla 14 Dimensionamiento caldero CBF.	43
Tabla 15 Dimensionamiento control ambiental y filtro de mangas.	44
Tabla 16 Dimensionamiento turbina y generador eléctrico.	45
Tabla 17 Dimensionamiento chimenea.	47
Tabla 18 Influencia de la biomasa.	50
Tabla 19 Consumo eléctrico de una vivienda.	51
Tabla 20 Proyección de la población 2021 - 2040.	54
Tabla 21 Costo directo suministro.	56
Tabla 22 Costo directo transporte.	56
Tabla 23 Costo directo instalación.	56
Tabla 25 Costo total del proyecto.	57
Tabla 26 Ingresos por venta de energía eléctrica.	58
Tabla 27 Consumo anual KWh.	59
Tabla 28 VAN Y TIR 2024 al 2034.	60
Tabla 29 VAN Y TIR 2034 al 2044.	60
Tabla 30 VAN - TIR.	61

Lista de figuras

Ilustración 1 Origen de la biomasa	14
Ilustración 2 Colza etíope (<i>Brassica carinata</i>).	15
Ilustración 3 Cardo (<i>Cynara Cardunculus</i>).	15
Ilustración 4 Conversión y formas de energía de la biomasa.	22
Ilustración 5 Generación de RSU de la provincia de Chiclayo (2022-2042).	25
Ilustración 6 Ciclo Rankine [11].	27
Ilustración 7 LBF rectangular para incineración de RSU [3].	28
Ilustración 8 LBF rectangular para incineración de RSU [3].	29
Ilustración 9 Centro Poblado Ampliación Villa El Sol – II etapa.	36
Ilustración 10 imagen referencial del Secador.	39
Ilustración 11 Detalle de la incineración de residuos sólidos.	41
Ilustración 12 Caldero CBF.	43
Ilustración 13 Controlador ambiental.	45
Ilustración 14 Turbina - Generador eléctrico.	46
Ilustración 15 Chimenea.	47
Ilustración 16 Central Eléctrica de Biomasa mediante RSU.	48
Ilustración 17 Diagrama de bloques energético - central de biomasa residual.	49
Ilustración 18 Comportamiento exponencial del crecimiento poblacional CP Villa el Sol. .	52
Ilustración 19 Comportamiento logarítmico del crecimiento poblacional CP Villa el Sol. .	53
Ilustración 20 Comportamiento lineal del crecimiento poblacional CP Villa el Sol.	53

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo dimensionar una central de biomasa en el centro poblado Villa El Sol, utilizando como base los residuos sólidos urbanos (RSU). Se recolectó una muestra representativa del 8% de los residuos generados diariamente en la ciudad, lo que permitió obtener 17.18 toneladas de biomasa residual. El análisis arrojó un potencial energético de 12,435.645 MJ, suficiente para producir 3 454.62 KWh de energía eléctrica.

La planta diseñada cuenta con una capacidad de incineración de 70 m³ y una potencia instalada de 36.84 KW, lo que le permite generar 884.38 KWh. Esta producción cubre la demanda máxima de Villa El Sol, que es de 35.94 KW, con un consumo diario de 758 KWh.

El análisis económico del proyecto estima una inversión total de S/ 2 115 288,00. Los indicadores financieros, como el VAN de S/ 450 884.00 y una TIR del 14%, confirman que el proyecto es rentable en un horizonte de 20 años.

Se concluye que la biomasa residual de Chiclayo tiene un notable potencial para la generación de energía eléctrica, y que la central de biomasa propuesta podría satisfacer la demanda energética de Villa El Sol de manera eficiente.

Palabras Claves: Biomasa residual, central de biomasa, generación de electricidad.

Abstract

This research aims to size a biomass plant in the Villa El Sol town center, using urban solid waste (MSW) as a base. A representative sample of 8% of the waste generated daily in the city was collected, which allowed 17.18 tons of residual biomass to be obtained. The analysis showed an energy potential of 12 435.645 MJ, enough to produce 3 454.62 KWh of electrical energy.

The designed plant has an incineration capacity of 16.5 m³ and an installed power of 36.84 KW, which allows it to generate 884.38 KWh. This production covers the maximum demand of Villa El Sol, which is 35.94 KW, with a daily consumption of 758 KWh. However, the supply would be insufficient to meet the demand of the Reque district.

The economic analysis of the project estimates a total investment of S/ 2 115 288,00. Financial indicators, such as the NPV of S/ 450 884.00 and an IRR of 14%, confirm that the project is profitable over a 20-year horizon.

It is concluded that the residual biomass of Chiclayo has a notable potential for the generation of electrical energy, and that the proposed biomass plant could satisfy the energy demand of Villa El Sol efficiently.

Keywords: Residual biomass, biomass power plant, electricity generation.

Introducción

Nuestro planeta actualmente está pasando por un gran problema de contaminación ambiental, debido a que en las últimas décadas los índices de contaminación han ido aumentando considerablemente a causa del crecimiento de los habitantes en todo el mundo debido a que se encuentra en una etapa de consumo excesivo de productos industrializados que generan todo tipo de desperdicios [1].

Estos desperdicios que son originados día tras día por la población de todo el mundo en su mayoría no reciben ningún tratamiento, esto genera ciertos cambios en nuestro planeta, tanto en el aire, cómo en el suelo y en el agua, ocasionando un peligro en la biodiversidad del mismo. Hace unas décadas, en diferentes partes del mundo, se ha venido desarrollando distintas formas el tratamiento de la basura, con el fin de poder disminuir su impacto en el medio ambiente y a su vez poder darle un uso que pueda ayudar a la sociedad [1].

Uno de los muchos métodos de generación de energía limpia que se ha convertido en un tema de gran interés mundial es mediante el uso de la biomasa de la cual es posible generar energía sin ocasionar daños al medio ambiente, puesto que se puede extraer biogás de los diferentes tipos de biomasa que existen. El biogás se puede obtener mediante una descomposición anaeróbica de la materia orgánica que puede nacer de los desechos de la agricultura, heces animales, desechos de origen municipal, etc. [2].

En el Perú ya existen sistemas de generación de energías renovables que producen energía eléctrica a base de biogás (metano) que es producido por los desechos urbanos(basura), un claro ejemplo es la CENTRAL TERMOELECTRICA DE BIOMASA-HUAYCOLORO de la cual tiene una potencia instalada de 4MW y se encuentra ubicada en la región Lima, provincia de Huarochirí en el distrito de Huaycoloro [2].

La presente investigación tiene como finalidad diseñar una central eléctrica de biomasa residual para aprovechar los RSU del vertedero ubicado en las pampas de Reque para poder beneficiar a los pobladores del Centro Poblado Ampliación Villa El Sol con energía eléctrica.

En el mundo se generan aproximadamente 1.4 billones de residuos sólidos urbanos al año, los cuales terminan en su mayoría en basureros o vertederos que producen la contaminación del medio ambiente, ya que se generan gases como el metano (CH₄) y el dióxido de carbono (CO₂) que aceleran el efecto invernadero.

En el Perú se genera aproximadamente 22 277 toneladas de desechos de manera diaria que son recolectadas por las municipalidades, de los cuales el 52.8% terminan en un vertedero, mientras que el 41.9% en un basurero, el 4.8% es material que se puede reciclar, 0.4% es incinerado y el 0.1% son destinados a una planta de tratamiento [3].

En la región Lambayeque, exactamente en el Distrito de Reque existe un botadero que viene funcionando por más de 40 años, lo cual ha ocasionado una serie de problemas en la salud en la población que habita en los alrededores del botadero, puesto que la basura que se encuentra en el botadero, es acogida de los distritos de Chiclayo, José Leonardo Ortiz, Reque, entre otros distritos aledaños al botadero, generando grandes desasosiegos, no solo ambientales sino también humanas.

Por otra parte, se hace saber que en el botadero que se encuentra ubicado exactamente en las pampas de Reque convirtiéndose en un peligro inminente para la salud de las personas, debido al crecimiento población en los alrededores del botadero. Aproximadamente en un área de 400 hectáreas, es arrojado más de 800 toneladas de basura que son depositadas de manera diaria de las cuales no se le da el tratamiento correspondiente, puesto que no se cuenta con un manejo o selección de los residuos, no se les da ningún uso, ocasionando la contaminación del medio ambiente.

Sabiendo esto, el centro poblado ampliación Villa El Sol II Etapa que se encuentra el distrito de Reque a pocos kilómetros del botadero, se encuentran afectados por la inminente contaminación que hay en los alrededores del lugar. Otro de los problemas que acoge al centro poblado ampliación villa el sol es la carencia del servicio eléctrico debido a los escasos recursos económicos que presentan.

Este proyecto busca solucionar la carencia del fluido eléctrico con los recursos que se encuentran en el botadero de Reque que permitirán la producción de electricidad mediante el uso de los residuos sólidos urbanos orgánicos y a la vez ayudará a de reducir la contaminación presente planteando una central eléctrica de biomasa.

En este sentido, se ha planteado la siguiente pregunta de investigación: ¿Es posible generar energía eléctrica en centro poblado ampliación Villa el Sol a través del dimensionamiento de una central eléctrica utilizando la biomasa residual del vertedero de Reque?

Por todo ello, esta investigación resulta importante y se justifica de manera social, entendiendo como los habitantes del Centro Poblado Ampliación Villa el Sol se verán favorecidos, ya que con la central eléctrica de biomasa residual tendrán acceso a energía eléctrica mejorando así su estilo de vida. Además, teniendo en cuenta el aspecto económico, al desarrollar la investigación, se evitarán los gastos de compras de velas, paneles solares, generadores eléctricos a base de combustible. Ya que con la central eléctrica de biomasa se podrá generar energía eléctrica para poder cubrir la demanda que se necesita en cada hogar, permitiendo así un ahorro económico. Contribuyendo también en el aspecto social, de manera que se reducirá la contaminación ya que se utilizará la biomasa residual del botadero de Reque para poder ser utilizada como materia prima en la central de biomasa evitando así que sigan generando gases contaminantes de efecto invernadero.

Así pues, el objetivo general es determinar la forma en que la Biomasa residual influye en el Diseño de una central en CP Villa el Sol en el Distrito de Reque. Teniendo como objetivos específicos: Identificar las principales características que poseen la biomasa residual, Identificar los componentes principales que tendría una central en el CP Villa el Sol en el Distrito de Reque, Determinar la influencia del uso de la biomasa residual en el diseño de una central en CP Villa el Sol en el Distrito de Reque y por último Realizar una evaluación económica del proyecto.

Revisión de literatura

Según [4] diseñó una central de biomasa para la generar energía eléctrica, obteniendo una generación eléctrica de 2 MW, se necesitó aproximadamente 1.32t/h de combustible bio másico (biomasa forestal) para la generación eléctrica. El coste del proyecto de ampliación asciende a la cantidad aproximada de 206.632,49€. Se realizó una evaluación económica al proyecto siendo un proyecto rentable.

En la investigación de [2] tuvo como principal objetivo el diseño a nivel conceptual de una central eléctrica de biomasa conectada a la red mediante la combustión de biogás. El biogás se obtuvo del botadero no controlado Cancharani ubicado en la Ciudad de Puno. Se logró producir 53.325 m³/h de metano logrando producir 65 kW de potencia continua.

Asimismo, Según [5] realizó un sistema de generación de energía eléctrica mediante los residuos sólidos urbanos generados en Jaén, donde tuvo como hipótesis la existencia de un relleno sanitario donde se deposita y se tratan los RSU logrando obtener de manera teórica para el año 2022 la cantidad de 5 173 562 m³/año de biogás que se produce en dicho botadero logrando generar 4.3MW de potencia eléctrica mediante el ciclo termodinámico Joule Brayton simple abierto. Se concluyó que la construcción del sistema de generación de energía eléctrica utilizando biogás mediante los residuos sólidos urbanos se necesitara la inversión de \$ 3 225 000,00 dólares.

Por otro lado, en el trabajo de [6]“Estudio de factibilidad de una central térmica que aproveche la biomasa residual de Chiclayo” desarrollo un trabajo de investigación del contenido energético de la biomasa residual de la provincia de Chiclayo para poder producir energía eléctrica con el fin de poder construir una central térmica que pueda aprovechar los residuos sólidos de la ciudad. La inversión total del proyecto fue de 223 934 588,49 soles y el TIR fue de 32%, logrando recuperar el capital en 4 años, lo cual demuestra que la investigación propuesta es viable. La generación de energía que se pudo obtener de la central térmica fue de 19.13 MW.

En esa misma línea, según [3] quien realizó un “Análisis técnico-económico de una planta incineradora de residuos sólidos urbanos para la generación de energía eléctrica en la región Lambayeque utilizando recuperación de calor”, el sistema propuesto para la generación de energía fue la incineración por parrilla refrigerada de combustión controlada, la eficiencia de

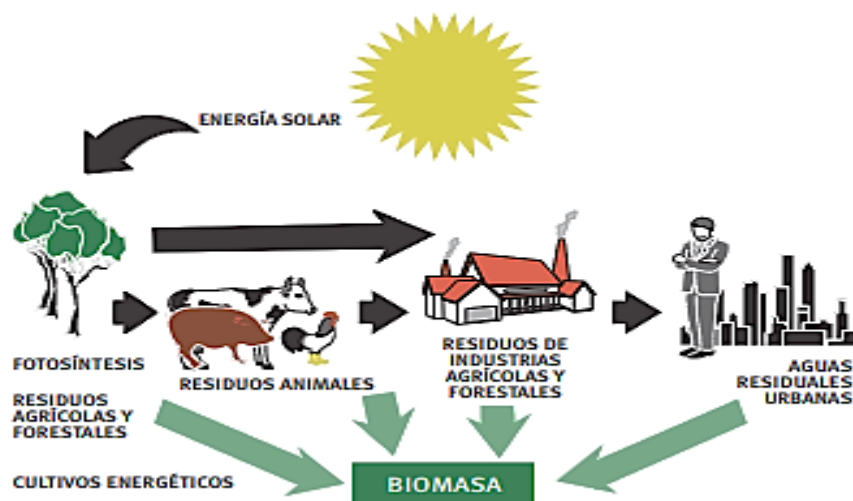
la planta incineradora fue de un 26% , la cantidad de residuos sólidos urbanos tratados fue de 360 mil toneladas anuales ,logrando generar 216,92 GWh anual de energía eléctrica. La inversión total para la construcción e implementación de la planta de tratamiento ascendió los 139,74 MUSD, se llegó a la conclusión de que es un proyecto rentable presentando un tiempo de amortización de 15 años para un VAN de 17.9 MUSD y presentando un TIR de 8%

En la investigación de [7] diseño un sistema electro mecánico de una central termoeléctrica aprovechando la energía calorífica de la cascarilla de arroz, para lograr satisfacer la demanda energética de la empresa agroindustrias Mhil SAC. El funcionamiento de la central termoeléctrica genero electricidad a partir del ciclo termodinámico Rankine. También determinó cumplir con las expectativas de la demanda de energía de la empresa logrando producir anualmente 4454,29MWH, teniendo la posibilidad de ofertar energía a la red pública.

A lo largo de los años, se han dado varias definiciones para las variables de estudio, por lo que se presentan a continuación:

La biomasa es toda la materia orgánica proveniente de los seres vivos que es de origen vegetal o animal de la cual se puede aprovechar su energía calorífica como forma de energía, por ejemplo, cascara de papa, heces de animales, aguas residuales, cascarillas de arroz, residuos forestales, etc. Por lo tanto, la biomasa provendrá de diversas fuentes biodegradables [8].

Ilustración 1 Origen de la biomasa



Fuente: Instituto para la Diversión y Ahorro de la Energía (IDAE).

En la actualidad existen diferentes tipos de biomasa, la podemos clasificar según su composición, según su origen como también según el estado en el que se encuentra presente en la naturaleza [8].

Natural. En tipo de biomasa es toda aquella que se produce en la naturaleza sin necesidad de que el ser humano intervenga, con respecto a su explotación de este tipo de biomasa no es rentable puesto que la gestión de adquisición y transporte de la materia prima conlleva a gastos elevados, en la actualidad la biomasa natural es aprovechada como fuente energética para las pequeñas localidades y países en sub desarrollados [8].

Un ejemplo de biomasa natural sería las podas naturales que se encuentran en los bosques.

Residual. La biomasa residual es generada por las diversas actividades que realiza el ser humano, posee un alto aprovechamiento energético que puede ser muy viable en el futuro, se encuentra presente de forma líquida, sólida, seca o húmeda, dentro de ellas están los residuos agrícolas, residuos industriales, residuos forestales, residuos sólidos urbanos, aguas residuales, residuos ganaderos, residuos agroindustriales, etc. [8].

Cultivo energético. Este tipo de biomasa es aquella que se cultiva con fines no alimenticios puesto que se utiliza netamente para la generación de energía. Una de las características muy importantes de esta biomasa es que presentan resistencia a las sequías, crecen muy rápido, son resistentes a las enfermedades, tienen una gran capacidad de adaptación [8].

Un ejemplo de cultivo energético es la caña de azúcar brasileña que es utilizada para la generación de Bioetanol que sirve como combustible para los vehículos.

Ilustración 2 Colza etíope (*Brassica carinata*).



Ilustración 3 Cardo (*Cynara Cardunculus*).



Fuente: Biomasa, Biocombustible y sostenibilidad.

Según su estado, la biomasa según su composición la podemos encontrar de la siguiente manera:

Biomasa líquida. Es utilizada mayormente para la producción de calor, su aplicación está inclinada a la generación de electricidad o para la automoción, puesto que se puede obtener bioetanol que es utilizado para los motores de combustión, en este grupo también podemos encontrar a las aguas negras o aguas residuales de origen urbano (ARU), residuos ganaderos y también todos los desechos ganaderos que son biodegradables [8].

Biomasa sólida. Este grupo es el más popular puesto que engloba a la madera, una porción de la biomasa residual orgánica de los desechos sólidos urbanos (FORSU), a los residuos forestales, los residuos producidos por las industrias (carpinterías, papelerías, etc), también abarca los residuos obtenidos en la limpieza de los parques y jardines [8].

Biomasa gaseosa. Aquí podemos encontrar al biogás que es obtenido a partir de diferentes residuos como los de origen animal, los agroalimenticios, escombreras y los residuos que se pueden producir en vertederos, el biogás que se obtiene mediante procesos termoquímicos, microbiológicos, etc. [8].

Respecto a la composición de la biomasa se verá reflejada en base al ejemplo de biomasa agrícola en la siguiente tabla:

Tabla 1 Tipos de biomasa agrícola según su composición.

Tipo	Sustancia bio orgánica		Ejemplos
Lípidos			
Oleaginosa			Semillas de girasol, soja, Maíz, lino, almendro
Hidratos de carbono			
Alcoholígena	Monosacáridos	Glucosa	Pulpa de fruta
		Fructuosa	Pulpa de fruta
	Disacáridos	Sacarosa	Caña de azúcar, sorgo Dulce, remolacha
Amilácea /Inulínica	Polisacáridos	Insulina	Tubérculo de patata y rizomas de dalia, achicoria
		Almidón	Granos de cereal, Tubérculo de patata
Lignocelulósica	Polisacáridos	Hemicelulosa	Maderas en general
		Celulosa	Residuos lignocelulósicos

Fuente: Biomasa, Biocombustible y sostenibilidad

Existe una gran variedad de biomasa que, al ser tratadas por diferentes tecnologías de transformación como la pirolisis, combustión de tipo directa, gasificación, digestión que se produce con la ausencia de oxígeno (anaeróbica), etc. Permiten proponer diferentes tipos de aplicación de las cuales una de las principales es la producción de electricidad, la generación de energía térmica, biocombustibles y por último la generación de gases combustibles [8].

La biomasa antes de que pueda ser utilizada con fines de obtención energética, tiene que ser convertido en una forma que nos facilite su transporte como su utilización. La biomasa puede ser transformado en derivados como el gas, energía eléctrica, briquetas y carbón vegetal [9].

Existen diferentes tipos de tecnologías encargadas en el proceso de transformación que abarcan desde procesos complejos hasta procesos simples como la producción de carbón vegetal que se realiza en hogueras que se encuentran bajo tierra; hasta procesos de alto rendimiento como la cogeneración y la dentro energía [9].

Dentro de los procesos de conversión se pueden clasificar en 3 categorías que son las más conocidas las cuales son:

En cuanto al proceso de combustión directa, este proceso es el más común y antiguo que existe hasta la actualidad, puesto que, permite generar energía utilizando como materia prima a la biomasa. El sistema de combustión de tipo directa está aplicado necesariamente hacia la generación de calor, el cual será empleado para la cocción de ciertos alimentos como también puede ser empleado para el secado de los productos agrícolas. La energía de la biomasa también puede ser utilizada para la producción de electricidad mediante la generación de vapor. Esta tecnología es utilizada para generar energía puede ser desde estufas, hornos y calderas de vapor hasta otras tecnologías más avanzadas como es la combustión de lecho fluidizado [9].

El proceso de combustión directa soy muy ineficientes puesto que mucha de la energía que se desprende de la bioenergía o biomasa se llega a ver perder causando contaminación en el medio ambiente cuando no se realiza bajos las condiciones adecuadas. Todos estos resultados se pueden revertir diseñando de manera adecuada y eficiente los equipos que se van a utilizar para la extracción de energía [9].

En cuanto a la densificación, este proceso hace referencia a la compactación de la biomasa en “briquetas”, este proceso se realiza para poder tener una mejor utilización, transporte y

almacenamiento. Las briquetas pueden tener un uso doméstico, como también industrial y comercial [9].

A continuación, se mostrará una tabla de los métodos de combustión de tipo directa de la biomasa.

Tabla 2 Uso directo de los desechos sólidos.

Producto	Tecnología	Usos en América	Características
Polvos	Quemadores de polvo	Moderado a bajo	<ul style="list-style-type: none"> - Alto costo de inversión. - Mejora la eficiencia y las características de la combustión.
Astillas	Hornos y calderas en suspensión y lecho fluidizado	Moderado a bajo	
Pellets			
Briquetas	Hornos y calderas en parrillas	Moderado a bajo	
Leñosos	Hornos y calderas, estufas domesticas	Amplio	El tamaño dificulta el empleo en dispositivos de alta eficiencia.
Carbón vegetal	Estufas domesticas		Se disminuye la eficiencia energética total, pero su uso es más conveniente con menos humo

Fuente: Manuales sobre energía renovable: Biomasa

Por otra parte, el proceso termo-químico es encargado de transformar la biomasa en un combustible que contiene un alto valor energético, con poder calorífico y una densidad mayor, lo cual hace que factible para su utilización y transporte [9].

Cuando se realiza el proceso de quemado de la biomasa bajo ciertas condiciones ya establecidas, de composición se desprende en compuestos que pueden ser de tipo líquido, sólido y gaseoso que son utilizados para la producción de electricidad y calor, esto depende de la tecnología que se utilizará ya que el producto obtenido puede ser combustible sólido, líquido o gaseoso. Este proceso es conocido como pirolisis o carbonización que incluye:

Producción de carbón vegetal. Este proceso de conversión termo-química es la más común que se produce a temperatura mediana. Aquí la biomasa es quemada con ciertas restricciones de aire generando en el proceso que la quema de biomasa sea radical. El residuo que es netamente sólido, es utilizado como carbón vegetal, presenta una mayor disposición energética que la biomasa en su estado natural. La forma de producir el carbón vegetal es mediante hornos hechos de tierra y los de mampostería que consiste en realizar una excavación donde se colocará la biomasa para luego ser recubierta de vegetación y tierra que impedirá la quema completa [9].

Gasificación. Proceso térmico que utiliza la aplicación de altas temperaturas y la mayor cantidad de oxígeno con el fin de mejorar la generación del gas pobre que está formado por monóxido de carbono, metano e hidrogeno. Este se podrá utilizar para la generación de electricidad como también la generación de calor, puede ser aplicado en motores diésel. Hay que tener presente que el valor calorífico y la composición del gas van a depender del tipo de biomasa utilizada [9]. Entre algunas ventajas de la gasificación, se destacan:

- Producción de gas más voluble e inconsistente, es utilizado para los mismos fines que el gas natural.
- El combustible producido no presenta impurezas, por lo tanto, produce menor contaminación al medio ambiente a la hora de quemarse.
- Puede quemarse para la producción de vapor y calor, a su vez puede suministrar a turbinas de gas y a motores de combustión para producir energía eléctrica.

Proceso bio-químico. En este tipo de proceso se utilizarán las características y las acciones metabólicas de los organismos microbiales para producir combustibles ya sea de original liquido o gaseoso. Dentro de los procesos bio-químicos más importantes tenemos:

Digestión anaeróbica. Este proceso se produce mediante la humidificación de bacterias en un ambiente libre de oxígeno (anaeróbico), genera un gas inflamable conocido como biogás. La biomasa (naturalmente desechos animales) se coloca en tanques aislados o cerrados (llamados tanques de fermentación), donde se producirá la fermentación; pasado unos días, dependiendo de la temperatura que tenga el ambiente, se produce el gas que es una mezcla dióxido de carbono y metano. El residuo en el tanque de fermentación es un buen fertilizante orgánico. Los biodigestores se han publicitado mucho en China e India para uso doméstico como

sustituto de la leña. El agua negra y la miel también se pueden utilizar como materias primas, también se utilizan para tratar el agua [9].

Combustibles alcohólicos. Los combustibles de tipo líquidos como el metanol y etanol se pueden generar a partir de biomasa biodegradable. El primero se obtiene por la fermentación de azúcar y el segundo se genera por destilación destructiva de la madera. Esta tecnología se viene utilizando por muchas décadas para producir bebidas alcohólicas y, últimamente, son utilizados como una variante al uso de combustibles fósiles para el transporte, en Brasil. Los combustibles como el metanol y etanol pueden ser utilizados de forma pura o mezclados con otros para el suministro de maquinaria y el transporte [9].

Biodiesel. El biodiésel está compuesto de ácidos grasos y ésteres alcalinos que son variantes del aceites vegetales, grasas recicladas y grasas de origen animal. Mediante un tratamiento que es conocido como la “transesterificación”, los derivados del aceite orgánico se mezclan con alcohol (metanol o etanol) y químicamente se alteran formando ésteres grasos como ésteres etílicos o metílicos. Estos tienen la capacidad de mezclarse con Diesel o pueden ser usados directamente como combustible en motores de tipo estándar. El biodiesel se usa comúnmente como un añadido al combustible Diesel en un 20%, aunque otros niveles son apropiados según el costo base del combustible y los beneficios esperados. El biodiesel presenta una gran ventaja es la disminución significativa de emisiones como el humo negro, etc. [9].

Gas de rellenos sanitarios. Se pueden generar gases inflamables mediante la fermentación de residuos sólidos urbanos en botaderos. Es una combinación de gases como el dióxido de carbono y metano. La fermentación de desechos orgánicos que es común en los botaderos produce un gas de manera natural; sin embargo, este gas normalmente no se usa. Además de producir energía, su uso y explotación de residuos, reduce los riesgos de contaminación ambiental como también las emisiones de gases de efecto invernadero.

Tabla 3 Conversión de la biomasa.

Tipo de biomasa	Características físicas	Procesos de conversión aplicables	Producto final	Usos
Materiales orgánicos con alto contenido de humedad	Estiércol, residuos de animales, efluentes industriales, residuos urbanos	Digestión anaeróbica y fermentación alcohólica	Biogás, metanol, etanol, bio diésel	Motores de combustión, turbinas de gas, hornos y calderas, estufas domésticas.
materiales lignocelulósicos (cultivos energéticos, residuos forestales de cosechas y urbanos).	Polvo, astillas, pellets, briquetas, leños y carbón vegetal.	densificación, combustión directa, pirolisis, gasificación	Calor, gas pobre, hidrogeno, biodiesel	Estufas domésticas, hornos y calderas, motores de combustión y turbinas de gas.

Fuente: Manuales sobre energía renovable: Biomasa

En la actualidad el método más utilizado para transformar la biomasa en energía limpia es el proceso de combustión directa. Los procesos como la digestión anaeróbica y la gasificación se desarrollaron con el fin de tener alternativas más eficientes y convenientes que faciliten el uso de la biomasa con tecnología moderna como los motores de combustión interna o turbinas a base de biogás. Por otro lado, en la actualidad, la aplicación de la combustión directa no es común debido a la complejidad y elevado costo de su aplicación [9].

Actualmente la biomasa puede transformarse en diferentes formas de energía, dentro de ellas encontramos:

Calor y vapor. Mediante el proceso de combustión de la biomasa o el biogás es posible la generación de calor y vapor. El calor obtenido puede ser aplicado en cocción o calefacción o puede ser utilizado como subproducto para la generación de energía eléctrica en centrales que utilizan ciclos combinados de electricidad y vapor [9].

Combustible gaseoso. Mediante los procesos de digestión anaeróbica o la gasificación se obtiene el biogás que puede ser utilizado en motores de combustión interna para la producción

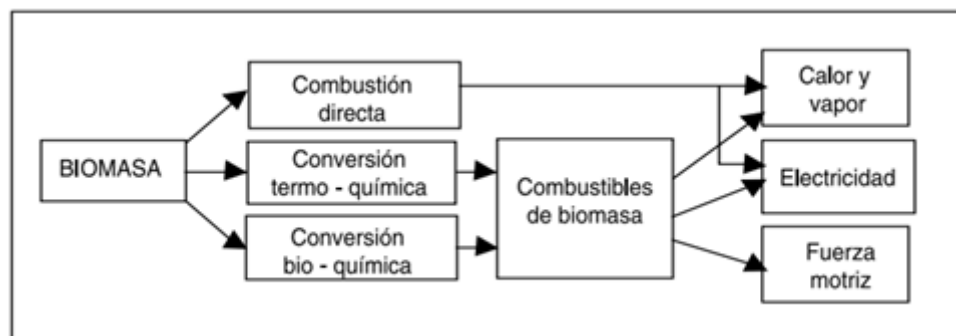
de energía eléctrica, como también para calefacción y el acondicionamiento para el sector comercial, doméstico e institucional [9].

Biocombustible. Los biocombustibles como el biodiesel y el etanol poseen un alto potencial para reemplazar a los combustibles fósiles en aplicaciones de transporte. En el país de Brasil está haciendo uso del bioetanol durante más de 20 años, demostrando que el uso de biocombustibles es factible a gran escala [9].

Electricidad. La energía producida por la biomasa es comercializada como energía verde, puesto que no produce gases de efecto invernadero, ya que no emite emisiones de dióxido de carbono (CO₂) [9].

Cogeneración (calor y electricidad). Hace referencia la generación simultánea de energía eléctrica y vapor, la cual es aplicada en los diferentes procesos que utilizan estas 2 formas de energía. El proceso de cogeneración es muy utilizado en América Central, puesto que utiliza como fuente de energía el bagazo que se producen en los ingenios azucareros [9].

Ilustración 4 Conversión y formas de energía de la biomasa.



Fuente: Manuales sobre energía renovable: Biomasa

Se denominan biomasa residual a la materia prima que se encuentra en los residuos sólidos municipales a todos los desechos que son recaudados por las municipalidades u por otras instituciones encargadas. Los RSM están compuestos por todos los residuos domésticos, desechos recolectados de parques y jardines; y por los residuos institucionales como también los desechos producidos en los mercados e instituciones [10].

Acto seguido, los residuos sólidos se pueden clasificar por su naturaleza en residuos orgánicos e inorgánicos.

Residuos orgánicos. Son todos aquellos que pueden ser de origen vegetal o animal cuya característica principal es la biodegradación natural que presentan, los residuos orgánicos al ser biodegradables generan gases como el metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), entre otros componentes [10].

Residuos inorgánicos. Los residuos inorgánicos con aquellos que son producidos industrialmente o lo que son de origen mineral, la característica principal de los residuos inorgánicos es que no se degradan tan fácilmente y estos pueden ser aprovechados mediante un proceso de reciclaje [10].

Caracterización de los residuos sólidos urbanos. La caracterización abarca el estudio que es producto de las mediciones en campo o los muestreos estadísticos que se realizan, dentro de las mediciones encontramos a la generación per cápita de desechos, que es la cantidad de RSU producido de una población de un lugar en específico, la generación de residuos actual, la composición que tienen los desechos que es medido en porcentaje y la densidad de recolección que tienen los residuos [10].

Composición de los residuos sólidos urbanos en la provincia de Lambayeque. Para un buen manejo de los residuos sólidos urbanos es necesario una clasificación de acuerdo a las particularidades que estos presentan. Estos datos fueron proporcionados por el reporte anual de SIGERSOL del año 2018, el cual muestra como está clasificada los residuos sólidos urbanos de la provincia de Chiclayo.

Tabla 4 Composición de los residuos sólidos urbanos de la provincia de Chiclayo.

Composición de RSU de la provincia de Chiclayo	
Tipo	%
Materia orgánica	56,446
Madera, follaje	6,337
Papel	4,167
Vidrio	2,157
Plástico PET	1,78
Plástico duro	0,983
Bolsas	3,357
Metales	1,623
Telas y textiles	0,91
Cuero, caucho y jebe	0,303

Pillas	5,667
Resto de medicinas, focos	0,593
Residuos sanitarios	5,753
Materia inerte	4,527
Tetrabrik	0,42
Otros	7,02

Fuente: (Reporte anual SIGERSOL,2018)

Proyección de la generación per cápita de residuos. Este indicador no da a conocer la cantidad de residuos generados por habitante, el cual es un recurso importante que nos puede ayudar en la elaboración e implementación estrategias y políticas para la minimización de los residuos [10].

La generación per cápita (gpa) se puede estimar con la siguiente ecuación:

Ecuación N°7: Generación per cápita proyectada en para “n” años

Donde:

Gpf = Generación per cápita futura (kg/hab/día)

Gpa = Generación per cápita actual (kg/hab/día)

r = Tasa del incremento de generación en % (de 0,5 a 1 %)

n = Número de años

Fuente:(Ministerio del Ambiente (MINAM), 2015)

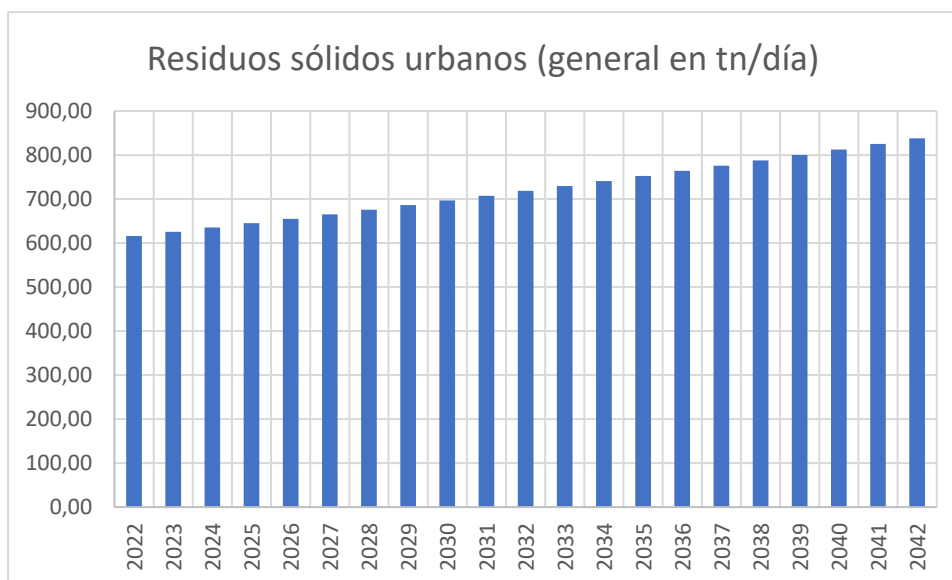
A continuación, se muestra la generación de residuos sólidos urbanos de la provincia de Chiclayo desde el año 2022 – 2042.

Tabla 5 La generación de residuos sólidos urbanos de la provincia de Chiclayo desde el año 2022 – 2042.

Periodo	Año	Poblacion	Generacion Percapita (kg/habitante/día)	Residuos sólidos urbanos (general en kg/día)	Residuos sólidos urbanos (general en tonelada/año)
0	2022	821661	0,75	616160,03	224898,41
1	2023	826130	0,76	625706,43	228382,85
2	2024	830624	0,76	635401,25	231921,46
3	2025	835142	0,77	645245,96	235514,77
4	2026	839684	0,78	655242,74	239163,60
5	2027	844252	0,79	665395,43	242869,33
6	2028	848844	0,80	675704,75	246632,24
7	2029	853461	0,80	686173,82	250453,44
8	2030	858103	0,81	696805,00	254333,83
9	2031	862770	0,82	707600,69	258274,25
10	2032	867463	0,83	718564,15	262275,91
11	2033	872182	0,84	729697,87	266339,72
12	2034	876926	0,85	741003,53	270466,29
13	2035	881696	0,85	752484,53	274656,85
14	2036	886491	0,86	764142,60	278912,05
15	2037	891313	0,87	775982,08	283233,46
16	2038	896161	0,88	788004,81	287621,75
17	2039	901036	0,89	800214,37	292078,24
18	2040	905937	0,90	812612,63	296603,61
19	2041	910864	0,91	825202,41	301198,88
20	2042	915819	0,92	837988,33	305865,74

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 5 Generación de RSU de la provincia de Chiclayo (2022-2042).



Fuente: Elaboración propia

Centrales de biomasa. Es aquella central de generación eléctrica que utiliza como combustible el contenido energético que se encuentra presente en la biomasa mediante los diferentes tipos de transformación energética.

Tratamiento de la biomasa. Las centrales eléctricas que utilizan como combustible la biomasa, poseen un sistema de pretratamiento de la biomasa puesto que la mayoría de las veces la biomasa no presenta las características adecuadas para su conversión en energía. Es por eso que la biomasa pasa por procesos previos encargados de acondicionar a la biomasa para su posterior transformación en energía. El tratamiento consiste en disminuir la humedad presente, la uniformidad y el tamaño de la biomasa, con el fin de lograr la calidad adecuada para ser depositadas en la caldera y esta a su vez consiga una mayor eficiencia de conversión.

Los principales procesos que recibe son:

- Troceado o cortado
- Astillado
- Molienda
- Secado

En cuanto a los tipos de centrales de biomasa según su proceso, se tiene a las Centrales de biomasa con ciclo Rankine. También conocido como el ciclo de vapor, este ciclo es el más utilizado por las plantas termoeléctricas convencionales puesto que presentan una potencia de trabajo constante ya que cuentan con una gran inercia térmica.

El ciclo Rankine consiste en calentar un fluido que circula por la caldera hasta lograr evaporarla logrando elevar la presión del vapor, el vapor producido es llevado a una turbina de vapor que al mismo tiempo este acoplado a un generador eléctrico que es encargado de generar energía eléctrica.

Ilustración 6 Ciclo Rankine [11].

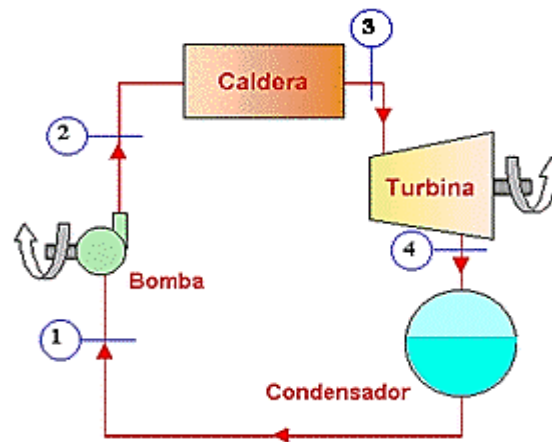


Fig. 1. El ciclo de potencia básico de Rankine.

Tecnologías de incineración. La tecnología de incineración que se realiza de forma controlada utiliza los RSU como combustible y luego los incinera. Los RSU se recogen de las zonas urbanas y se incineran después de la clasificación previa. Tenga en cuenta que la clasificación previa adecuada sirve de apoyo para obtener el poder calorífico de los residuos mencionados anteriormente y garantiza la coexistencia con otros conceptos de gestión de residuos, como el reciclamiento y la disminución de residuos.

El residuo preseleccionado se quema en calentador para formar gases de combustión. Estos gases de combustión se envían a una caldera donde se produce vapor por transferencia de calor (radiación y convección). El proceso posterior al vapor es similar al de la central térmica de Rankine. El vapor generado en la caldera se envía a la turbina. Las turbinas toman vapor y generan electricidad. Existen diferentes tipos de sistemas de incineración, Incinerador tipo parrilla, Hornos rotatorios, Lecho fluidizado.

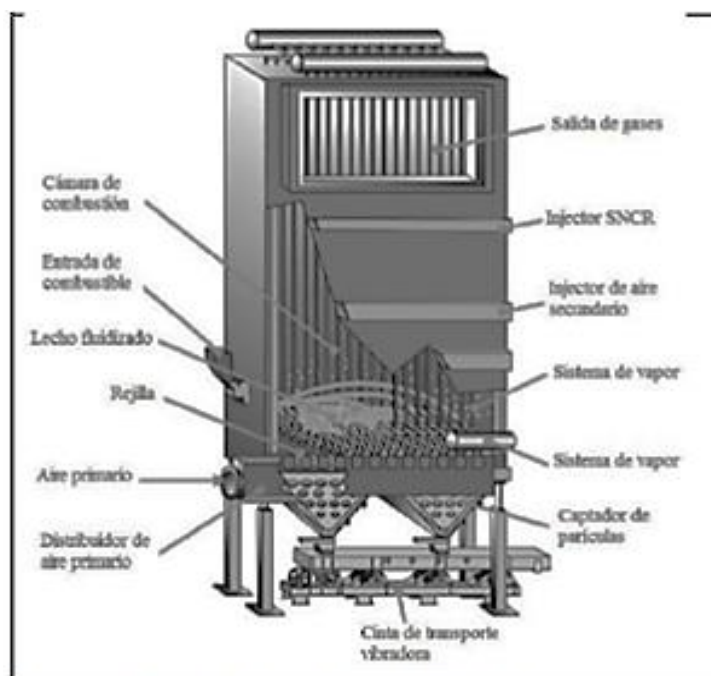
La tecnología de lecho fluidizado es adecuada para restos pretratados clasificados y triturados o restos homogéneos como carbón bituminoso, lodos, residuos peligrosos y biomasa de origen forestal. Entre las tecnologías de combustión, la tecnología de lecho fluidizado ofrece la mayor eficiencia y las emisiones más bajas, principalmente SO₂ y NO_x. Sin embargo, el problema de la corrosión de calderas y chimeneas es cada vez más acuciante debido a la acción del cloruro de hidrógeno (HCL). El combustor o reactor es vertical. Debajo hay una capa de material inerte,

típicamente sílice o piedra caliza, arena, sobre la cual es dirigida hacia arriba una corriente de aire caliente para mantener las partículas en suspensión. El material está en constante movimiento, lo que garantiza una distribución uniforme de la temperatura y el oxígeno. Los desechos se alimentan continuamente al reactor desde la parte superior o lateral. También necesita un sistema de reemplazo de arena para reemplazar la arena perdida con ceniza. La velocidad mínima de fluidización es la velocidad del aire que permite la estratificación. Como señala [8], el módulo de presión y velocidad define tres tipos de lechos fluidizados, que se describen a continuación:

Lecho fluidizado burbujeante (LFB). Aproximadamente el doble de la tasa mínima de fluidización. La técnica LFB se puede encontrar de forma tradicional o en su forma de bucle interno. En este último caso, la estancia es más larga. La presión en el reactor era cercana a la presión atmosférica. La siguiente imagen muestra un reactor tipo LFB para el tratamiento de RSU.

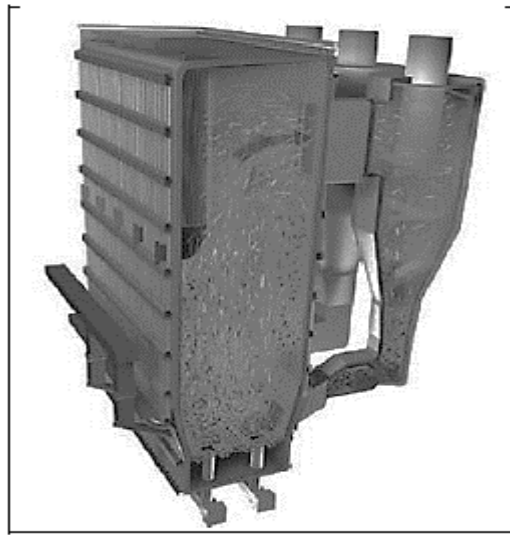
Lecho fluidizado a presión (LFP). La presión donde se produce la combustión es superior a la presión de la atmosfera.

Ilustración 7 LBF rectangular para incineración de RSU [3].



Lecho fluidizado circulante (LFC). Con esta tecnología, las tasas de fluidización pueden ser hasta 20 veces superiores a la tasa estándar mínima. Los ciclones reciben materiales y gases quemados, capturan desechos no quemados y partículas grandes y regresan a la cámara de combustión. Esta configuración puede quemar partículas más grandes que LFB.

Ilustración 8 LBF rectangular para incineración de RSU [3].



Materiales y métodos

La presente investigación se encuentra bajo un enfoque no experimental ya que no se manipularán las variables, ya que se realizará el estudio de los fenómenos producidos tal y como se muestran en su contexto natural para luego poder analizarlos. Así también, la investigación será descriptiva y exploratoria puesto que se analizará la información para así poder describir de manera completa y esta sea utilizada en investigaciones posteriores.

A fin de recolectar información se empleará una encuesta realizada a los pobladores del Centro Poblado Ampliación Villa el Sol – II etapa, bajo reportes estadísticos de la población proporcionados por el INEI, así también como reportes estadísticos de la generación per cápita de RSU proporcionados por SIGERSOL, reporte estadístico de la composición de RSU proporcionado pro SIGERSOL, revisión de tesis y papers y cotización de equipos para la generación eléctrica.

Como procedimiento primeramente se realizaron consultas al INEI para poder analizar la tasa de crecimiento de la población. Seguidamente, la elaboración de la encuesta se realizó con el fin de poder conocer las condiciones de vida de los habitantes, como también poder conocer el tipo de artefactos que estos poseen para poder así determinar la demanda eléctrica requerida por la localidad. Por último, la revisión de tesis y papers sirvieron como sustento para poder desarrollar la investigación, ya que, las fórmulas aplicadas en la presente investigación son extraídas de investigaciones pasadas que garantizan sus resultados.

Resultados y Discusión

1. Identificar las principales características que poseen la biomasa residual.

Según la investigación realizada por [3] nos dice que dentro de las principales características de la biomasa residual tenemos:

- Contenido presente de humedad.
- Poder calorífico
- Contenido de peso seco presente
- Contenido de potencial energético

Cálculo de la humedad teórica. Para poder determinar la humedad presente en los RSU, se utilizará los valores típicos de contenido de humedad por residuo según el “Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe” [11].

Tabla 6 Contenido de humedad típico en RSU.

Tipo de residuos	Contenido de humedad presente (%) en peso	
	Rango	Tipico
Materia Orgánica	50-80	70
Papel	4-10	6
Cartón	4-8	5
Plásticos	1-4	2
Textiles	6-15	10
Vidrio	1-4	2
Aluminio	2-4	2
Madera	15-40	20
Otros metales	2-4	3

Fuente:

http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/2630/Pala_rh.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Según la investigación realizada por [6], señala que para poder calcular la cantidad de humedad presente en los RSU se utiliza la siguiente fórmula:

Donde:

M= Cantidad de humedad presente en el residuo (%).

W=Peso de la muestra (kg)

d=Peso de la muestra después de secarse (kg).

Tabla 7 Contenido de peso seco en porcentaje de los RSU de la provincia de Chiclayo.

Tipo de residuo	Contenido de humedad teórica (%)	Peso inicial (%)	Peso seco (%)
Materia orgánica	70	56.446	16.93
Madera, follaje	20	6.337	5.07
Papel	6	4.167	3.92
Vidrio	2	2.157	2.11
Plástico PET	2	1.78	1.74
Plástico duro	2	0.983	0.96
Bolsas	2	3.357	3.29
Metales	3	1.623	1.57
Telas y textiles	10	0.91	0.82
Cuero, caucho y jebe	6	0.303	0.28
Pillas	3	5.667	5.50
Resto de medicinas, focos	2	0.593	0.58
Residuos sanitarios	6	5.753	5.41
Materia inerte	4	4.527	4.35
Tetrabrik	2	0.42	0.41
Otros	2	5.02	4.92
Total		100.04	57.87

Fuente: Elaboración propia

La tabla 7 muestra que del 100% del peso inicial de los residuos sólidos urbanos de la provincia de Chiclayo considerando el contenido de humedad típica que presenta cada de sus componentes, se obtiene el 57.87% de peso seco.

Cálculo de peso seco. Para poder calcular el peso seco de los residuos sólidos de la provincia de Chiclayo, se tiene que determinar qué tipo de residuos pueden ser potencialmente incinerados.

Según la investigación realizada por [6] nos dice que los residuos que poseen las características de incineración son: el papel, paneles, materia orgánica, telas, plásticos (PET, PVC, entre otros plásticos).

Entonces para calcular el peso en seco se utilizará la cantidad de residuos sólidos urbanos producidos en el año 2022, la cantidad se puede encontrar en la tabla 4.1, que es de 616.160 Tn/día.

Tabla 8 Calculo de peso seco de los residuos sólidos incinerable.

Tipo de residuo	Peso inicial (t)	Contenido de peso teórico (%)	Peso seco (Tn)	Peso seco (kg)
Materia orgánica	347.79767	30%	104.34	104339.30
Papel	25.675387	94%	24.13	24134.86
Telas y textiles	5.607056	90%	5.05	5046.35
Plástico duro	6.0568528	98%	5.94	5935.72
Plástico PET	10.967648	98%	10.75	10748.30
Madera, follaje	39.046059	80%	31.24	31236.85
Residuos sanitarios	35.447685	94%	33.32	33320.82
Total	470.59836		214.76	214762.20

Tn/día.

Fuente: Elaboración propia

De 616.160 Tn de residuos sólidos que se producen en un día para el año 2022, solo 470.59 Tn de residuos son potencialmente incinerables y 214.76 toneladas representan el peso seco de estos residuos.

PCI de los residuos sólidos. Investigación realizada por [12], nos facilita los valores del poder calorífico inferior de los residuos sólidos con potencial de incineración puesto que ya han sido cálculos en estudios anteriores.

Tabla 9 Poder calorífico de los residuos incinerables [13].

Tipo de residuo	PCI (Kcal/kg)
Materia orgánica	1317
Papel	4550
Telas y textiles	4422
Plástico duro	7834
Plástico PET	7834
Madera, follaje	3758
Residuos sanitarios	3984

Para poder realizar el cálculo de la energía que se puede obtener de la biomasa residual se utilizara la siguiente ecuación:

$$\text{Energía biomasa residual} = \text{Peso seco de la biomasa residual} \times \text{Poder calorífico inferior}$$

Tabla 10 Energía de la biomasa residual 100 %.

Tipo de residuo	PCI (Kcal/kg)	RSU Chiclayo (Kg)	Energía (Kcal)	Energía (KJ)
Materia orgánica	1317	104339.3	137414858.1	32842939.32
Papel	4550	24134.86	109813613	26246083.41
Telas y textiles	4422	5046.35	22314959.7	5333403.37
Plástico duro	7834	5935.72	46500430.48	11113869.62
Plástico PET	7834	10748.3	84202182.2	20124804.54
Madera, follaje	3758	31236.85	117388082.3	28056425.02
Residuos sanitarios	3984	33320.82	132750146.9	31728046.58
Total		214762.2	650384272.7	155 445 571.9

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 11 Energía de la biomasa residual 8 %.

Tipo de residuo	PCI (Kcal/kg)	RSU Chiclayo (Kg) 8 %	Energía (Kcal) 8 %	Energía (KJ) 8 %
Materia orgánica	1317	8347.14	10993188.65	2627435.145
Papel	4550	1930.79	8785089.04	2099686.673
Telas y textiles	4422	403.71	1785196.776	426672.2696
Plástico duro	7834	474.86	3720034.438	889109.5694
Plástico PET	7834	859.86	6736174.576	1609984.363
Madera, follaje	3758	2498.95	9391046.584	2244514.002
Residuos sanitarios	3984	2665.67	10620011.75	2538243.726
Total		17 180.98	52030741.81	12 435 645.75

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 10, se muestra el total de energía **12 435 645.75 KJ**, teniendo en cuenta que la cantidad de residuos sólidos urbanos que recolecta Chiclayo es demasiado por ello se tomara el 8 % del total **214 762.2 Kg** teniendo como resultado **17 181 Kg**.

$$\text{Energía biomasa residual} = 12435645.75 \text{ KJ.}$$

$$\text{Energía biomasa residual} = 12435645.75 \text{ KJ} \times (1\text{MJ} / 1000\text{KJ})$$

$$\text{Energía biomasa residual} = 12435.6457 \text{ MJ} \times (0,2778\text{kWh} / 1\text{MJ})$$

$$\text{Energía biomasa residual} = 3 454.62239 \text{ kWh}$$

Según la investigación realizada por [3], la eficiencia que poseen las centrales termoeléctricas varía en un rango de un 25% a 40%. Para la presente investigación se tendrá en consideración un promedio de 32% de la eficiencia total de la central, también se considerará una disponibilidad de la central del 80%. Considerando estos datos, se podrá determinar la cantidad de energía eléctrica que puede generar la central en un día.

$$\text{Energía eléctrica} = 3\,454.62239 \text{ kWh} \times 0,32 \times 0,8$$

$$\text{Energía eléctrica} = 884.38 \text{ kWh}$$

Entonces el total de energía eléctrica que se puede producir en un día será 884.38 kWh

- **Potencia instalada de la central de biomasa residual**

$$\text{Potencia instalada} = \text{Energía eléctrica} / \text{tiempo}$$

$$\text{Potencia instalada} = 884.38 \text{ kWh} / 24\text{h}$$

$$\text{Potencia instalada} = 36.85 \text{ KW}$$

2. Identificar los principales componentes que tendría la central de biomasa residual en el CP Villa el Sol en el Distrito de Reque.

Para poder realizar la identificación de cada uno de los componentes que tendrá la central de biomasa residual en el CP Villa el Sol en el distrito de Reque, se iniciará realizando las consideraciones de la ubicación de la central de biomasa residual.

Ubicación. De acuerdo con la investigación “Nuñez [2]”, expone que una central de biomasa residual dentro una ciudad debe considerar aspectos fundamentales que establecen su ubicación adecuada. Las consideraciones que se deben tener en cuenta para su ubicación son:

- Zona que presente buena ventilación.
- Disponibilidad del servicio de agua.
- Vías de acceso cercanas (carreteras que faciliten el ingreso).
- Cercanía a la producción de materia prima que se utilizara como combustible.
- Acceso cercano a las líneas eléctricas.

Tabla 11: Criterio de ubicación de la central de biomasa residual.

Criterios de ubicación	Reque (Centro Poblado Ampliación Villa el Sol)
Cercanía a la biomasa residual	Si, ubicado a 3,2 Km del botadero de Reque
Recursos cercanos de agua	A 5 km aprox. De la fuente de agua más cercana
Redes eléctricas	Cercanía con las redes eléctricas
Facilidad de acceso	Cuenta con caminos y carreteras

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 9 Centro Poblado Ampliación Villa El Sol – II etapa.

Fuente: Google Earth.

Realizado los criterios para la ubicación de la central y verificando la disponibilidad de los recursos necesarios, se procede a dimensionar la central de biomasa residual con parámetros obtenidos en el objetivo 1, los cuales son:

- Capacidad de generación: 36.85kW
- Cantidad de biomasa disponible: 17 181 Kg
- Energía térmica total: 12 435 645.75 KJ
- Eficiencia del sistema: 32%
- Disponibilidad operativa: 80%

Dimensionamiento:

Para la presente investigación se propone la tecnología de incineración de la biomasa residual. Se asumirá las propiedades energéticas de la biomasa residual aprovechables en su incineración, los principales componentes de una central de biomasa residual son:

- Secador de biomasa
- Incineradora.
- Caldera de lecho fluidizado (CFB)
- Control ambiental
- Chimenea
- Turbina – generador eléctrico

En base a los parámetros para el dimensionamiento, nos serán útiles para proceder con el cálculo de consumo de biomasa.

Consumo de biomasa

- **Energía térmica requerida en 1 hora:**

Según [13], menciona que la energía térmica necesaria de la cual nos permitirá la generación de los 36.85 kW se podrá calcular considerando la eficiencia total de la central eléctrica de biomasa el cual es 32%.

$$Energia\ térmica = \frac{potencia\ eléctrica\ deseada \times 3600s}{eficiencia\ total\ del\ sistema}$$

$$Energia\ térmica = \frac{36.85\ kW \times 3600s}{0.36}$$

$$Energia\ térmica = = 414,562.5\ kJ/h$$

- **Consumo de biomasa por hora**

El consumo de biomasa consumido en una hora se obtiene de la siguiente manera:

$$Consumo\ de\ biomasa\ residual\ x\ hora = \frac{energia\ termica\ requerida}{poder\ calorifico\ promedio\ de\ la\ biomasa}$$

Donde el poder calorífico promedio de la biomasa se obtiene de la siguiente manera:

$$PCP = \frac{\text{Energía térmica total disponible}}{\text{total de biomasa}}$$

$$PCP = \frac{12\,435\,645.75 \text{ kJ}}{17\,181 \text{ kg}} = 723.75 \text{ kJ/kg}$$

Por lo tanto, el consumo de biomasa residual por hora será:

$$\text{Consumo de biomasa residual x hora} = \frac{414\,562.5 \text{ kJ/h}}{723.75 \text{ kJ/kg}}$$

$$\text{Consumo de biomasa residual x hora} \approx 573 \text{ Kg/h}$$

- Horas de operatividad

Las horas de operatividad máximas se podrán calcular en base a la cantidad de biomasa residual disponible el cual es 17 181kg.

$$H. \text{ max operatividad} = \frac{\text{total de biomasa}}{\text{consumo de biomasa residual x hora}}$$

$$H. \text{ max operatividad} = \frac{17\,181 \text{ kg}}{573 \text{ kg/h}}$$

$$H. \text{ max operatividad} \approx 30 \text{ horas}$$

Si bien el consumo de biomasa residual por hora será de 573 kg/h se tendrá en cuenta un margen adicional al 5% , para que se pueda manejar las variaciones en la calidad de la biomasa (tanto en su poder calorífico como en el contenido de humedad presente), considerando también las fluctuaciones operativas, asegurando así un flujo continuo que proporcionara una generación de energía eléctrica estable y a su vez prolongara su vida útil del equipo.

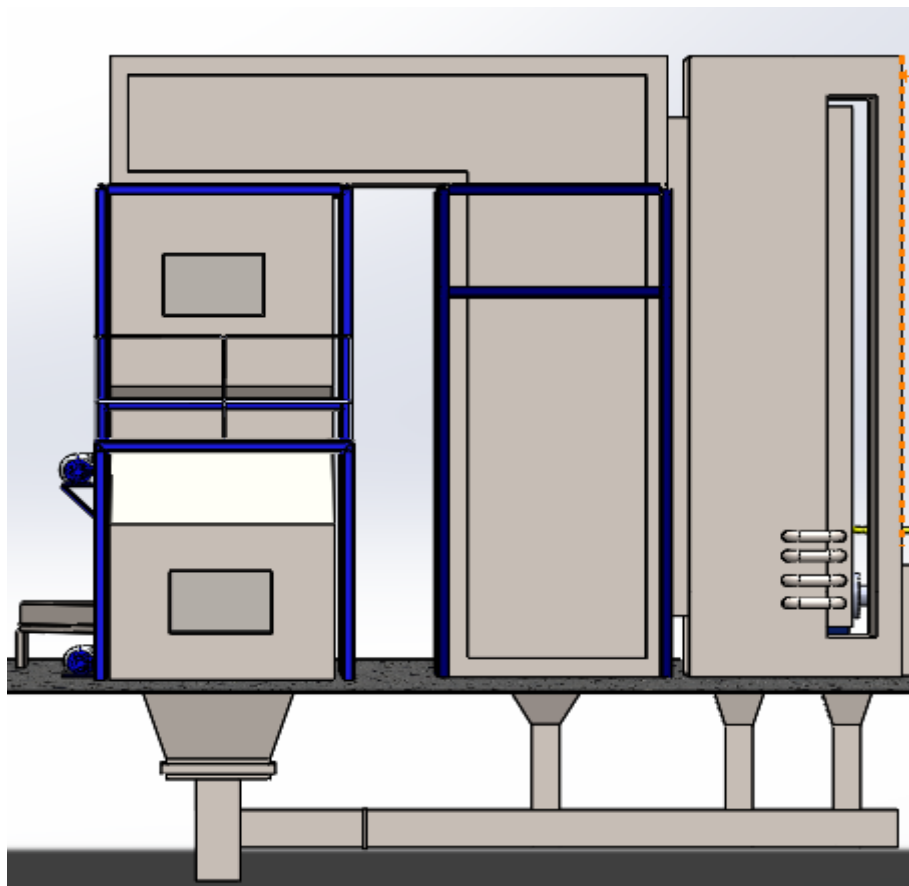
Obtenido los cálculos, se procede a dimensionar los componentes principales de la central eléctrica el cual utiliza biomasa residual, obteniendo lo siguiente:

Secador. La función del secador utilizara para secar los residuos líquidos o en suspensión, convirtiéndolos en un polvo seco. El líquido se atomiza en una cámara de secado y se mezcla con aire caliente, lo que evapora el contenido de agua.

- El resultado es un material seco y manejable.
- El agua evaporada se libera como vapor.

Tabla 12 Dimensionamiento secador.

Componente	Dimensiones	Especificaciones técnicas	Justificación de operatividad
Secador	Largo = 6.5 m Ancho = 1.5m	Capacidad: 600kg/h Tiempo de residencia: 30 minutos. (periodo en el cual los RSU permanecen dentro del secador antes de salir)	Capaz de reducir la humedad de la biomasa residual al 15% lo que conlleva a una mejor combustión

Ilustración 10 imagen referencial del Secador.

Fuente: Elaboración propia

- **Cálculo de la eficiencia del secador:**

Considerando que el secador tiene una capacidad de 600kg/h de biomasa húmeda, el objetivo de este equipo es reducir la humedad presente hasta un 15%, siendo capaz de eliminar aproximadamente 638.68kg de agua por hora.

Teniendo en cuenta la vaporización del agua que es 2260 kJ/kg, la energía útil requerida para realizar la evaporación es de 1 443 4104,53 kJ/h y teniendo en cuenta que la energía térmica suministrada asciende a 2 547 944, 44,000 kJ/h. podemos obtener la eficiencia térmica de secado.

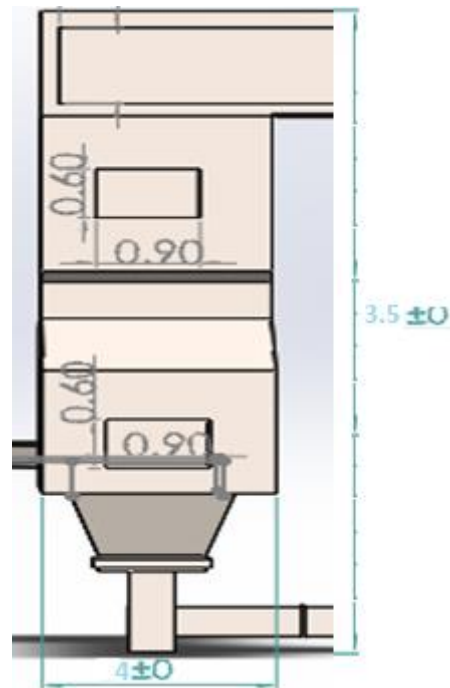
$$n_{secador} = \frac{1\ 443\ 4104,53\ \text{kJ/h}}{2\ 547\ 944,44\ \text{kJ/h.}}$$

$$n_{secador} = 56.65\%$$

Incineradora de RSU. La incineradora en el proyecto se encargará de la combustión de los residuos sólidos urbanos. En este equipo, los residuos se introducen a la cámara de combustión donde se queman a altas temperaturas “generalmente entre 850 y 1,200 °C”. Este proceso reduce significativamente el volumen de los residuos y genera calor, su función es:

- Transmitir el calor generado en la incineración para que reciba la caldera CBF.
- Los residuos se transformarán en cenizas.
- Los gases producidos serán tratados por el controlador ambiental para eliminar los contaminantes antes de ser liberados al ambiente.

Ilustración 11 Detalle de la incineración de residuos sólidos.



Fuente: Elaboración Propia

Para saber el volumen aproximado que se procede incinerar se toma las medidas de la figura 12 para hacer el cálculo correspondiente:

$$V = l \times b \times h$$

Donde:

: Volumen, [m³].

: Ancho, [4 m].

: Largo, [5 m].

: Alto, [3.50 m].

$$V = 2 \times 5.50 \times 1.50$$

$$V = 70 \text{ m}^3$$

Para asegurar el funcionamiento de la central eléctrica de biomasa, es fundamental procesar adecuadamente los residuos sólidos urbanos. El volumen requerido para la incineración en

nuestra planta es de aproximadamente 70 m³ de residuos sólidos. Este volumen representa la cantidad de residuos necesaria para generar suficiente energía a través del proceso de conversión de biomasa, garantizando así el abastecimiento continuo en la planta eléctrica.

Tabla 13 Dimensionamiento incinerador.

Componente	Dimensiones	Especificaciones técnicas	Justificación de operatividad
Incinerador	Largo = 5 m Ancho = 4 m Alto = 3.5m	Capacidad: 600kg/h Material: Acero refractario con revestimiento cerámico resistente a 1200° Tolva: 1200 kg Volumen de captación = 70 m ³	Procesa 600 kg/h. Tiempo de residencia >2s (permite que las sustancias reaccionen completamente con el oxígeno para formar dióxido de carbono y vapor de agua, lo favorece en la reducción de gases contaminantes) lo que le permite una combustión completa.

- **Cálculo de la eficiencia de la incineradora:**

Considerando que el incinerador es capaz de aprovechar los 600kg/h, el tiempo de residencia mayor a los 2s y que la incineradora trabaja en los rangos de temperatura entre los 850 a 1200°C la cual asegura una combustión completa, podemos determinar la eficiencia de la incineradora de la siguiente manera:

$$n_{\text{incineradora}} = \frac{Q_{\text{útil}}}{Q_{\text{química}}}$$

$$Q_{\text{química}} = 600 \text{ kg/h} \times 7,500 \text{ kJ/kg} = 4,500,000 \text{ kJ/h}$$

$$n_{\text{incineradora}} = \frac{2\,700\,000}{4\,500\,000} = 60\%$$

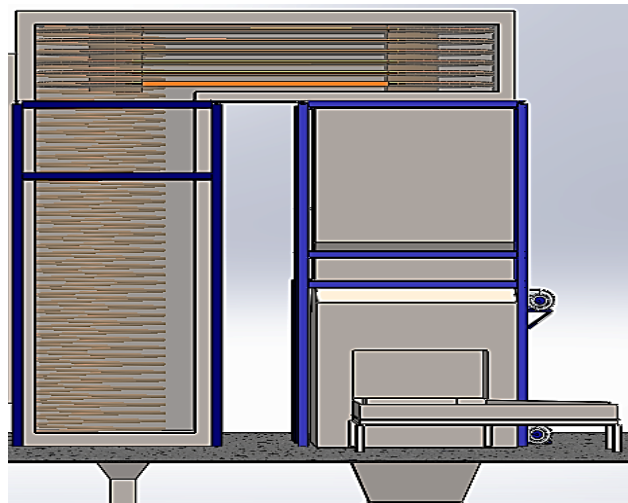
$$n_{\text{incineradora}} = 60\%$$

Caldera CBF. La función de la caldera será utilizar el calor generado en la incineración para calentar agua y producir vapor. El agua se convierte en vapor dentro de un sistema cerrado, aprovechando la alta temperatura del proceso de combustión. El vapor generado es de alta presión y se utilizara para mover la turbina que generara electricidad.

Tabla 14 Dimensionamiento caldero CBF.

Componente	Dimensiones	Especificaciones técnicas	Justificación de operatividad
Caldero CBF	Alto = 3.5m Ancho= 2.2m	Capacidad de vapor: 900kg/h Presión: 25bar Temperatura 400°C	-Capaz de generar el vapor suficiente para la turbina cuya eficiencia térmica es >85%. -La tecnología CBF optimiza la transferencia de calor.

Ilustración 12 Caldero CBF.



Fuente: Elaboración Propia

- Cálculo de la eficiencia de la caldera CBF

Considerando que la energía útil proporcionada por parte de la incineradora es los 2 700 000kJ/h y los datos proporcionados por la tabla N°14, se tendrá en cuenta lo siguiente:

$$h_{vapor} = 3\,229 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{líquido} = 439 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{vapor \text{ útil}} = \dot{m} (h_{vapor} - h_{líquido} 229 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_{vapor \text{ útil}} = 5\,511\,000 \text{ kJ/h}$$

Entonces:

$$n_{caldera} = \frac{2\,511\,000}{2\,700\,000}$$

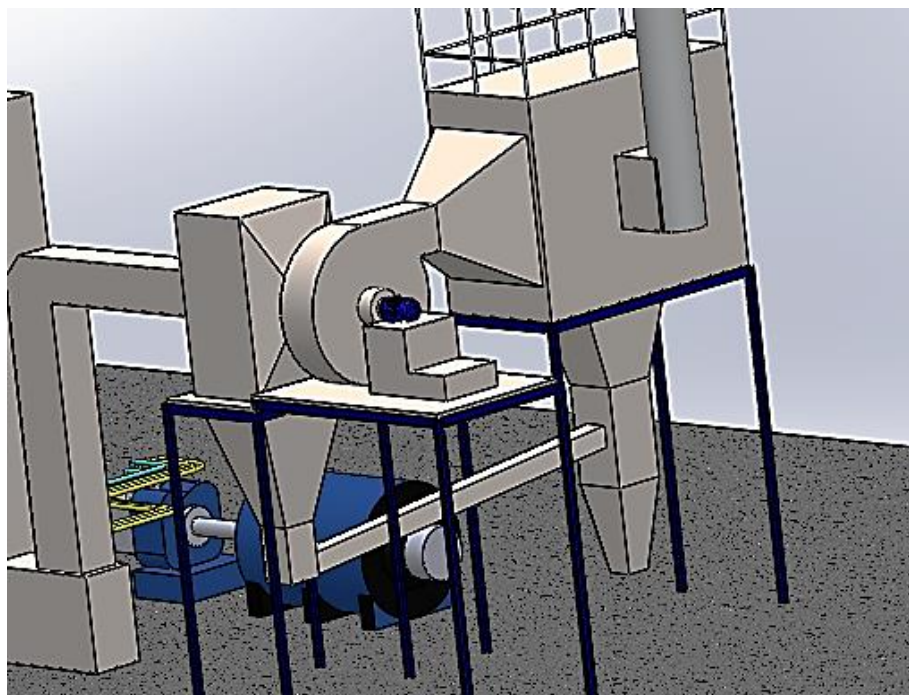
$$n_{incineradora} = 93\%$$

Control ambiental y filtro de mangas. Su función es trabajar en conjunto para garantizar emisiones limpias y reducir las partículas sólidas y contaminantes, minimiza la liberación de las partículas respirables y gases tóxicos.

Este sistema es crucial para asegurar que todas las operaciones cumplan con las normativas ambientales vigentes y sea amigable con el medio ambiente.

Tabla 15 Dimensionamiento control ambiental y filtro de mangas.

Componente	Dimensiones	Especificaciones técnicas	Justificación de operatividad
Control ambiental	Altura = 4.5 m Diámetro= 1.5 m	Flujo de gases: 1200 m ³ /h Eficiencia de separación >90%	-Capaz de capturar partículas gruesas antes del filtro asegurando que sea amigable con el medio ambiente
Filtro de mangas	Altura = 3.5 m Diámetro= 2 m	Retiene las partículas PM10 y contaminantes	Garantiza emisiones dentro los límites normativos siendo amigable con el medio ambiente.

Ilustración 13 Controlador ambiental.

Fuente: Elaboración propia.

Turbina y generador eléctrico. La turbina y el generador eléctrico convertirán la energía mecánica del vapor en energía eléctrica. El vapor producido en la caldera mueve una turbina conectada al generador, transformando así la energía térmica en energía eléctrica.

Tabla 16 Dimensionamiento turbina y generador eléctrico.

Componente	Dimensiones	Especificaciones técnicas	Justificación de operatividad
Turbina	Largo: 2.2m Ancho: 1.5m Alto: 1.2m	Potencia de 50 kW	-Capaz de convertir vapor a alta presión en energía mecánica, teniendo una eficiencia del 75%
Generador eléctrico	Largo: 1.6 m Ancho: 1.3 m Alto: 0.8 m	- Potencia nominal: 40 kW.	Capaz de transformar energía eléctrica con alta eficiencia.

- Cálculo de la eficiencia de la turbina:

$$n_{turbina} = \frac{h_{entrada} - h_{salida\ real}}{h_{entrada} - h_{salida\ isentrópica}}$$

$$n_{turbina} = \frac{(3\ 213 - 2\ 423.25)\ kJ/kg}{(3\ 213 - 2\ 160)\ kJ/kg}$$

$$n_{turbina} = 75\%$$

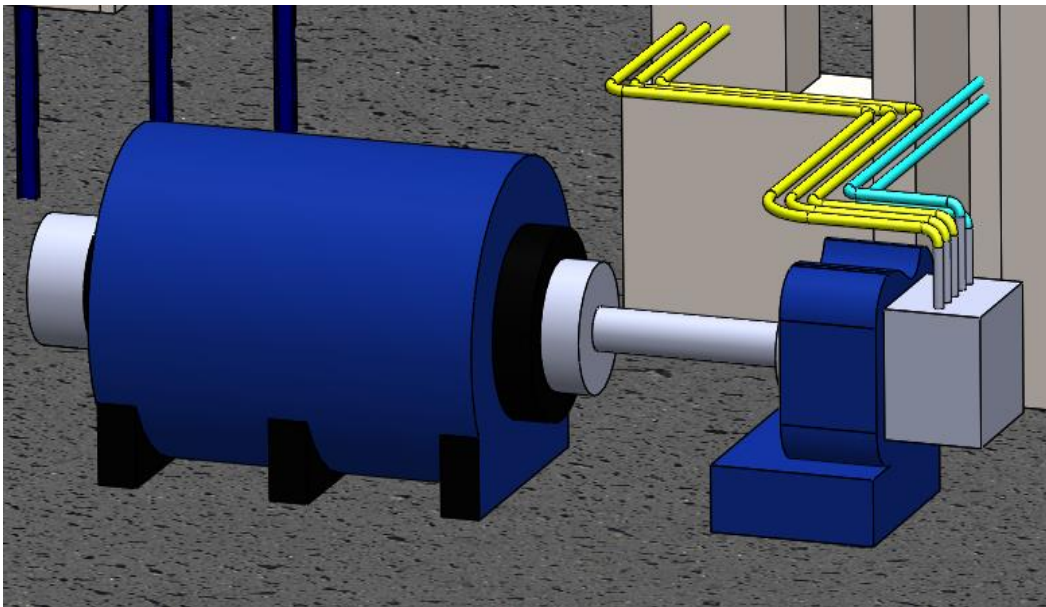
Entonces la potencia mecánica proporcionada será:

$$P_{mecánica} = \frac{36.85\ kW}{0.75} = 49.13\ kW \approx 50\ kW$$

- Cálculo de la eficiencia del generador

$$n_{generador} = \frac{36.85\ kW}{49.13\ kW} = 75\%$$

Ilustración 14 Turbina - Generador eléctrico.



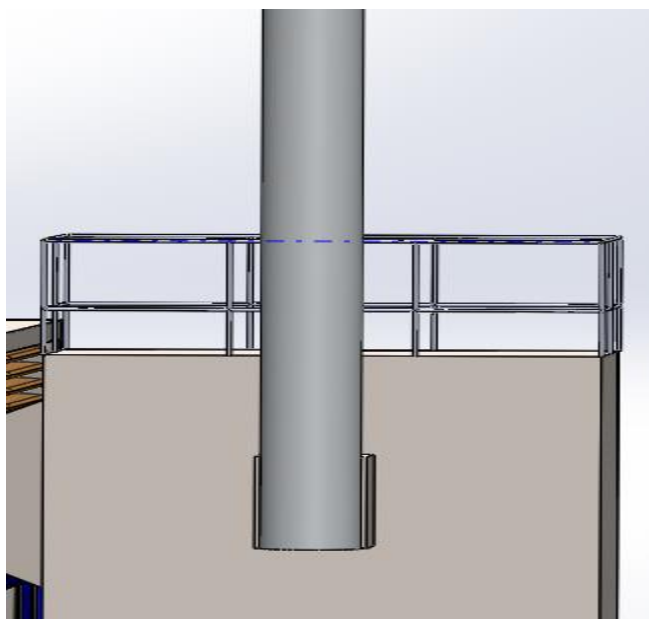
Fuente: Elaboración propia.

Chimenea. La función de la chimenea es liberar los gases de combustión tratados, al ambiente. Actúa como un conducto final para los gases, elevándolos a una altura que facilita su dispersión y dilución en la atmósfera.

Tabla 17 Dimensionamiento chimenea.

Componente	Dimensiones	Especificaciones técnicas	Justificación de operatividad
Chimenea	Largo: 15 m Diámetro: 0.7 m	- Material: Acero inoxidable resistente a ácidos.	-Capaz de asegurar dispersión adecuada de gases y cumplimiento de normativas ambientales.

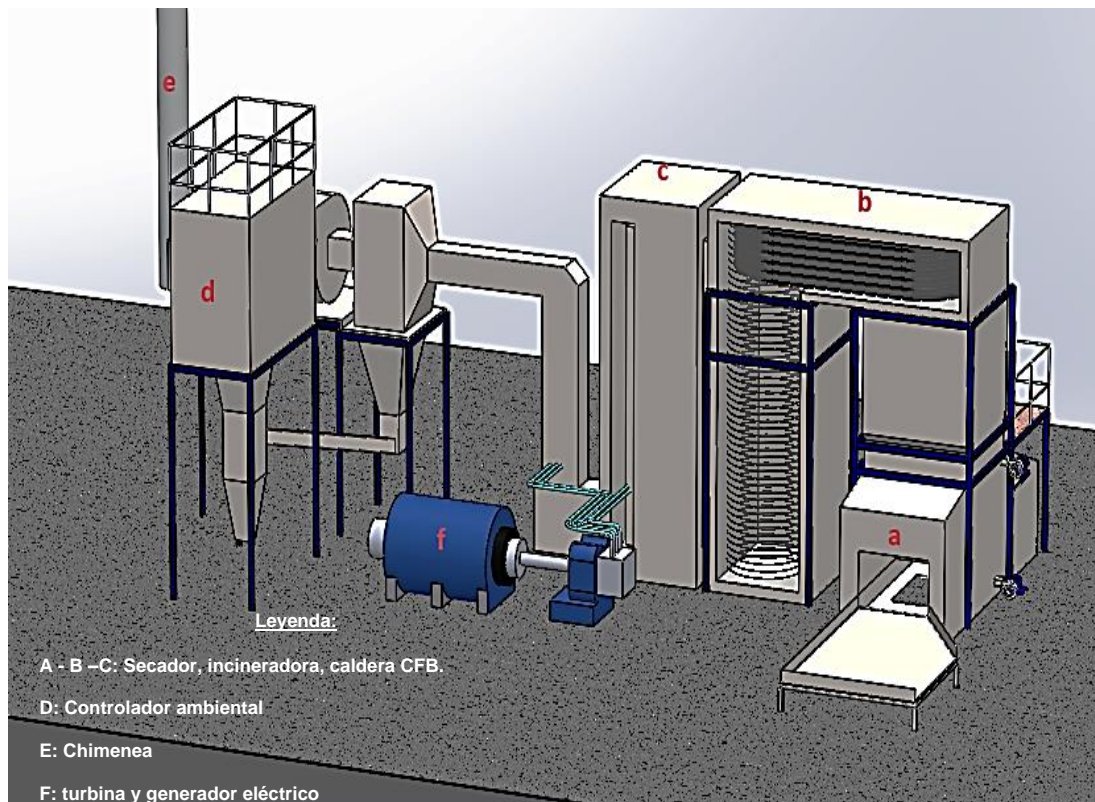
Ilustración 15 Chimenea.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra una imagen representativa de cómo será la central eléctrica que utiliza biomasa residual para la generación de electricidad

Ilustración 16 Central Eléctrica de Biomasa mediante RSU.

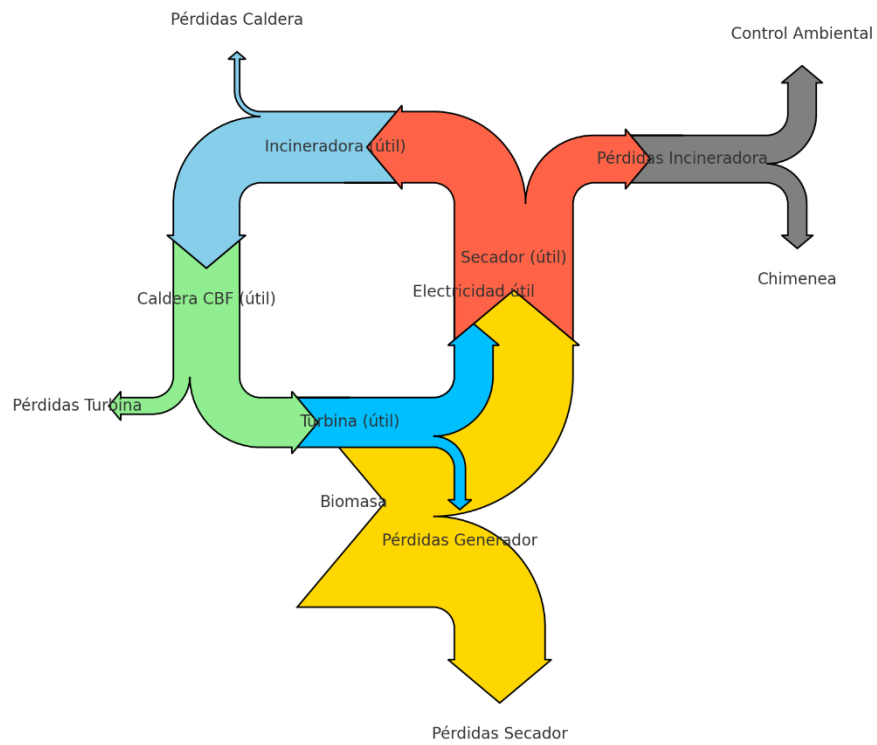


Fuente: Elaboración propio.

Por lo tanto, el funcionamiento de la central eléctrica de biomasa residual inicia con el ingreso de biomasa residual heterogénea con características incinerables, donde primero ingresa al secador el cual reduce su humedad al 15% con el fin de optimizar su combustión. Seguidamente, la biomasa residual seca es ingresada a la incineradora, en el cual es quemado a altas temperaturas, generando así gases calientes.

Estos gases ingresan hacia la caldera de lecho fluidizado (CFB), donde se calienta agua para producir vapor, transformando la energía térmica en energía mecánica, para que después pueda convertirse en energía eléctrica mediante un generador. Los gases generados por el proceso de combustión pasan por el sistema de control ambiental y el filtro de mangas, en el cual, se eliminan las partículas y contaminantes antes de ser expulsados a través de la chimenea, garantizando así el cumplimiento de las normativas ambientales vigentes y así siendo amigable con el medio ambiente.

En consecuencia, la central eléctrica de biomasa residual aprovecha los RSU con características de incineración para poder así generar electricidad de manera eficiente y sostenible.

Ilustración 17 Diagrama de bloques energético - central de biomasa residual

Fuente: Elaboración propio.

3. Determinar la influencia del uso de la Biomasa en el diseño de una central en CP Villa el Sol en el Distrito de Reque.

Según la revista “LA INDUSTRIA DE LA ENERGIA RENOVABLE EN EL PERU, expone que el uso de las energías renovables son una alternativa económicamente competitiva y técnicamente fiable puesto que su aprovechamiento reduce la dependencia energética ya que son una fuente de energía netamente autóctona que a su vez promueven el desarrollo local y procuran lo que es el cuidado del medio ambiente.

En cuanto a la influencia que posee la biomasa residual con respecto a los otros tipos de biomasa es la disponibilidad de materia procedente en el botadero de Reque.

Tabla 18 Influencia de la biomasa.

Tipo de biomasa	Ventajas	Desventajas	Disponibilidad en el lugar (botadero de Reque)	Coste de instalación US\$/kW
Bagazo de caña de azúcar	- Fuente de energía renovable y muy abundante.	- La quema de los residuos genera cenizas, algo que incrementa los costes operacionales.	5.751%	1 574
Forestal			6.337%	2 328
Cascarilla de arroz	- Presentan poca dependencia de los combustibles fósiles.	- Necesita tratamiento previo para poder ser utilizada como fuente de energía.	0.97%	1 340
Biomasa residual de los residuos sólidos urbanos	- Contribuye con el medio ambiente.		73.613%	2 412

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, mediante el uso de la biomasa residual procedente de los residuos sólidos urbanos de la ciudad Reque provincia de Chiclayo, se tiene una reducción del **76.37** % de la cantidad de RSU depositados en el botadero, puesto que representa el total de residuos que serán convertidos en energía eléctrica mediante el proceso de incineración que se produce en la caldera.

En cuanto a la influencia social que representa la implementación de la central de biomasa residual, se puede cubrir la demanda eléctrica requerida por los habitantes del lugar, Centro Poblado Ampliación Villa el Sol, puesto que los habitantes del lugar no cuentan con servicio eléctrico.

El aprovechamiento de los RSU para la generación de electricidad será capaz de cubrir la demanda presentada por los pobladores del CP ampliación villa el sol puesto que se realizó el análisis de consumo por vivienda considerando electrodomésticos básicos del hogar.

A continuación, se evidencia el cálculo realizado:

Para determinar la demanda eléctrica de las viviendas en el Centro Poblado Villa El Sol, se llevó a cabo una encuesta entre los residentes. Los resultados de esta encuesta se incluirán en el Anexo 3.

En promedio, cada vivienda alberga entre 3 a 4 personas, y hay aproximadamente 50 casas en total. El consumo de energía eléctrica en una casa se muestra en la tabla 19, el cual se basa en el uso de electrodomésticos básicos del hogar, como radios, cargadores de celulares, luminarias y televisores, entre otros.

Tabla 19 Consumo eléctrico de una vivienda.

Equipo	Potencia unitaria (w)	Cantidad	Tiempo de uso en horas (h)	Potencia total (w)	Consumo diario (wh)
Tv led 24"	150	1	5	150	750
Laptop	250	1	6	250	1500
Radio	75	1	2	75	150
Luminarias led	20	4	5	80	400
Cargador de celular	10	3	3	30	90
Total	505	10	21,1	585	2 890

Fuente: Elaboración propia

El consumo eléctrico obtenido de la vivienda fue de 2 890 Wh/día con una potencia de 585 W. Para las 50 viviendas se obtiene una potencia total de “29250 W =29.25 kW” como potencia de demanda, este cálculo es para una casa. Mientras que se quiere alimentar 50 casas se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Consumo diario total} = 2890 \text{ Wh/día} \times 50 \text{ casas}$$

$$\text{Consumo diario total} = 144500 \text{ Wh/día} = 144,5 \text{ kW/día}$$

Por lo tanto, el consumo diario total de energía eléctrica para 50 casas es de **144 500 Wh/día** o **144.5 kWh/día**.

Obtenido el consumo diario de energía eléctrica para las viviendas se tendrá que considerar el crecimiento poblacional por lo cual se procede a realizar los siguientes cálculos:

Cálculo del crecimiento poblacional

Para poder calcular la TC de la población haremos uso de las tendencias exponencial, logarítmica y la lineal con ayuda del software Excel.

Centro Poblado Villa el sol

Los datos de la población se obtuvieron mediante las encuestas realizadas, se puede observar en el anexo 1.

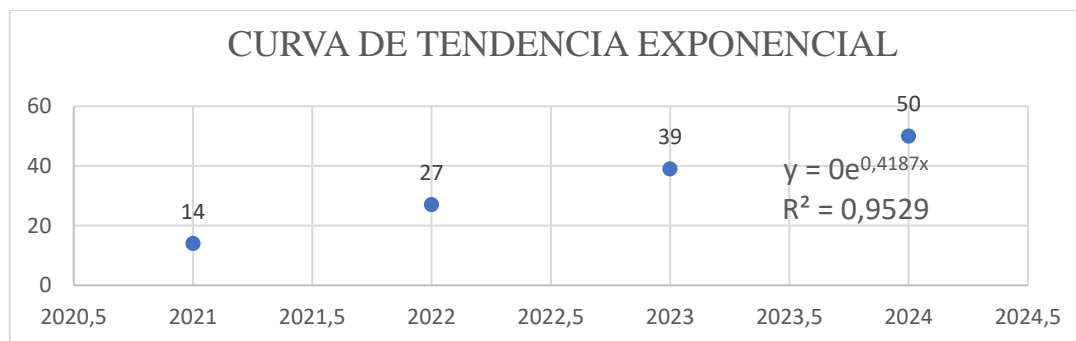
Tabla 20: Centro poblado Villa el Sol II.

Años	Población
2021	14
2022	27
2023	39
2024	50

Fuente: Elaboración propio.

– Tendencia exponencial

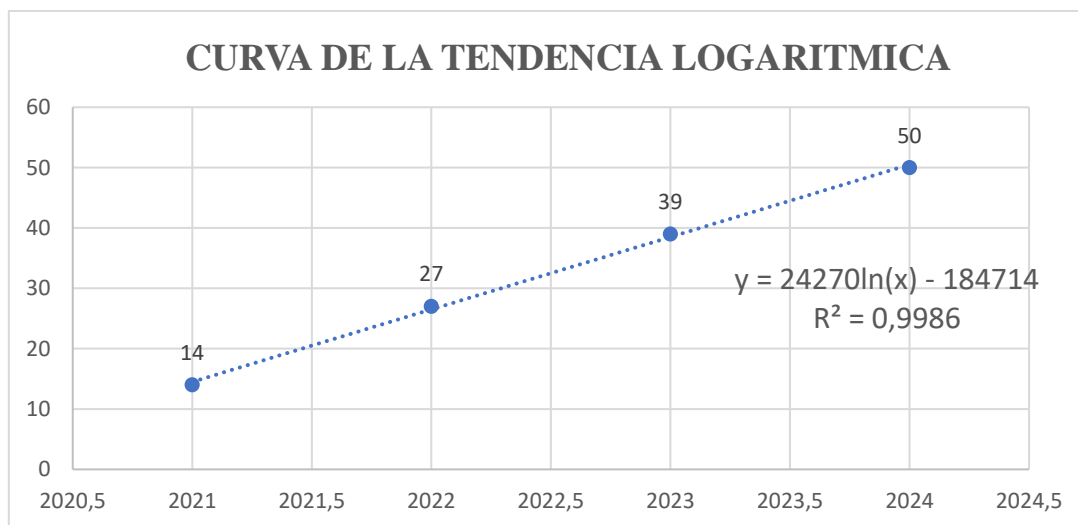
Ilustración 18 Comportamiento exponencial del crecimiento poblacional CP Villa el Sol.



Fuente: Elaboración propio.

Tendencia logarítmica

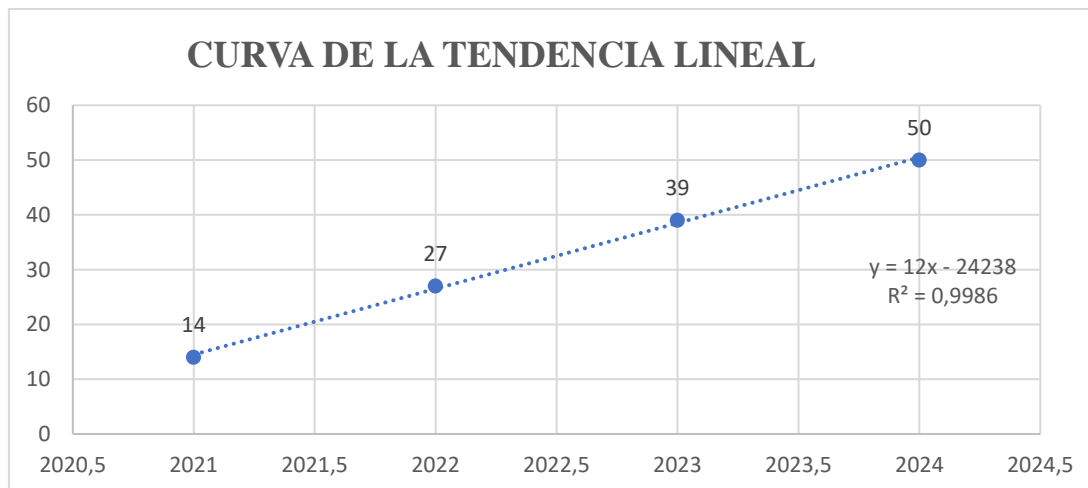
Ilustración 19 Comportamiento logarítmico del crecimiento poblacional CP Villa el Sol.



Fuente: Elaboración propio.

Tendencia lineal

Ilustración 20 Comportamiento lineal del crecimiento poblacional CP Villa el Sol.



Fuente: Elaboración propio.

Tabla 20 Proyección de la población 2021 - 2040.

Años	Crecimiento de Población	Tasa de crecimiento %
2021	14	0.00
2022	27	92.86
2023	39	44.44
2024	50	28.21
2025	62.5	25.00
2026	74.5	19.20
2027	86.5	16.11
2028	98.5	13.87
2029	110.5	12.18
2030	122.5	10.86
2031	134.5	9.80
2032	146.5	8.92
2033	158.5	8.19
2034	170.5	7.57
2035	182.5	7.04
2036	194.5	6.58
2037	206.5	6.17
2038	218.5	5.81
2039	230.5	5.49
2040	242.5	4.21

Fuente: Elaboración propio.

El promedio de la tasa de crecimiento entre los años 2024 al 2040 es de 4.21 %. Teniendo la tasa de crecimiento de la población y obtenida la demanda de potencia eléctrica requerida se podrá proyectar la demanda máxima para 19 años.

Para proyectar la máxima demanda se empleó la siguiente formula:

$$MD_i = MD_0 \times (1 + i)^{(AÑO_i - AÑO_0)}$$

Donde

: Máxima demanda proyectada al año i .

: Máxima demanda en el año 0, [29.25 KW].

: Tasa de crecimiento, [4.21 %].

: Año al cual se proyecta la demanda, [2040].

: Año 0, del cual parte la proyección, [2025].

$$MD_i = MD_0 \times (1 + i)^{(A\tilde{N}O_i - A\tilde{N}O_0)}$$

$$MD_{2042} = 29.25 \text{ kW} \times \left(1 + \left(\frac{4.21}{100}\right)\right)^{(2040 - 2025)}$$

$$\mathbf{MD_{2040} = 35.94 \text{ kW}}$$

Entonces la demanda eléctrica proyectada para un tiempo de 19 años será 35.94 kW. Presentando un consumo eléctrico de 21.1 horas diario, tomado de la tabla 12, como resultado de un consumo de energía eléctrica de 758.33 kWh/día para los pobladores del Centro Poblado Ampliación Villa El Sol.

La central eléctrica de biomasa residual podrá cubrir esta demanda debido a que la capacidad de generación es de 36.85 KW.

4. Realizar una evaluación económica del proyecto.

Para proporcionar la evaluación económica de nuestro proyecto de investigación siguiendo una metodología, podríamos seguir los siguientes pasos:

Costo Directo

Suministro: Costos de todos los materiales y equipos necesarios para el proyecto.

Instalación: Costos de la mano de obra y equipos necesarios para instalar los suministros.

Transporte: Costos asociados con el transporte de los suministros y equipos al sitio del proyecto.

Tabla 21 Costo directo suministro.

ITEM	Costo directo suministro	UNIDAD	METRADO	PRECIO UNITARIO (S/.)	PRECIO TOTAL (S/.)
1	Suministro				
1.1	Residuos solidos	tonelada	17	S/ 20,00	S/ 340,00
1.2	Incineradora	glb	1	S/ 467 000,00	S/ 467 000,00
1.3	Caldera CBF de lecho fluizado	glb	1	S/ 700 000,00	S/ 700 000,00
1.4	Turbina de vapor de 50 KW	glb	1	S/ 380 000,00	S/ 380 000,00
1.5	Generador eléctrico 40 KW	glb	1	S/ 38 000,00	S/ 38 000,00
1.6	Instrumentación y control	und	1	S/ 3 900,00	S/ 3 900,00
1.7	Sistemas de monitorización y control	und	1	S/ 5 200,00	S/ 5 200,00
1.8	Sistemas de protección ambiental	und	1	S/ 18 000,00	S/ 18 000,00
Total					S/ 1 612 440,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22 Costo directo transporte.

ITEM	Costo directo transporte	UNIDAD	METRADO	PRECIO UNITARIO (S/.)	PRECIO TOTAL (S/.)
1	Transporte				
1.1	Transporte de residuos sólidos urbanos	viaje al día	2	S/ 150,00	S/ 300,00
1.2	transporte de componentes de la central eléctrica	viaje al día	5	S/ 6 000,00	S/ 30 000,00
Total					S/ 30 300,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23 Costo directo instalación.

ITEM	Costo directo instalación	UNIDAD	METRADO	PRECIO UNITARIO (S/.)	PRECIO TOTAL (S/.)
1	Instalación				
1.1	Montaje de componentes de la central de biomasa residual (incluye todos los componentes)	glb	1	S/ 120 000,00	S/ 120 000,00
Total					S/ 120 000,00

Fuente: Elaboración propia.

El costo directo: suministro, transporte y instalación. Tiene un costo total de S/ 1 762 740,00 soles, el cual es una inversión para la implementación de la central eléctrica biomasa.

Gastos Generales

Estos son costos indirectos que no están directamente relacionados con una actividad específica del proyecto, como los costos administrativos, alquiler de oficinas, etc.

$$gastos\ generales = \% \times (costo\ directo)$$

$$gastos\ generales = 10\% \times (S/ 1\ 762\ 740,00)$$

$$gastos\ generales = S/ 176\ 274,00$$

Utilidades. Para calcular las utilidades del proyecto, representan también el 10% del costo total directo, por lo tanto:

$$Utilidades = \% \times (costo\ directo)$$

$$Utilidades = \frac{10}{100} \times (S/ 1\ 762\ 740,00)$$

$$Utilidades = S/ 176\ 274,00$$

Costo total del proyecto. Está asociado a la construcción de una planta de biomasa de residuos sólidos para la generación de energía eléctrica en el centro poblado Villa el Sol. Este proyecto, que combina innovación tecnológica y sostenibilidad ambiental, implica una serie de inversiones en equipos, materiales, personal y servicios, todos fundamentales para garantizar el éxito y la eficiencia operativa de la planta.

Tabla 24 Costo total del proyecto.

Costo total del proyecto	Costo (Soles)
Costo Directo	S/ 1 762 740,00
Gastos Generales	S/ 176 274,00
Utilidades	S/ 176 274,00
Total	S/ 2 115 288,00

Fuente: Elaboración propia.

La combinación de estos costos directos y gastos generales constituye el costo total del proyecto dando un equivalente de S/ 2 115 288,00 soles. Asimismo, proporcionando una visión integral de las inversiones necesarias para llevar a cabo la construcción y operación de la planta. Este análisis financiero busca asegurar que todos los aspectos económicos del proyecto estén contemplados, facilitando así una planificación efectiva y una ejecución exitosa.

Ingresos

Venta de energía producida

Según Termasol [14] en Perú, el precio del kilowatt de luz varía según la tarifa eléctrica que se tenga contratada y el consumo de energía. En promedio, se paga alrededor de 0.60 soles por cada kilowatt-hora consumido. Para el año 2023, se espera que el precio del kilowatt de luz aumente entre un 5% y un 10%, lo que significa que el costo por kilowatt-hora podría estar entre 0.63 y 0.66 soles.

Tabla 25 Ingresos por venta de energía eléctrica.

Años	Crecimiento de Población "viviendas"	Tasa de crecimiento	Consumo de energía KWh	Costo energía eléctrica en 24h	Costo de energía eléctrica mes	Costo de energía eléctrica anual
2021	14	0.00	8.19	s/ 103.69	s/ 3 110.56	s/ 37 326.74
2022	27	92.86	15.80	s/ 199.96	s/ 5 998.94	s/ 71 987.29
2023	39	44.44	22.82	s/ 288.84	s/ 8 665.14	s/ 103 981.64
2024	50	28.21	29.25	s/ 370.31	s/ 11 109.15	s/ 133 309.80
2025	62.5	25.00	36.56	s/ 462.88	s/ 13 886.44	s/ 166 637.25
2026	74.5	19.20	43.58	s/ 551.75	s/ 16 552.63	s/ 198 631.60
2027	86.5	16.11	50.60	s/ 640.63	s/ 19 218.83	s/ 230 625.95
2028	98.5	13.87	57.62	s/ 729.50	s/ 21 885.03	s/ 262 620.31
2029	110.5	12.18	64.64	s/ 818.37	s/ 24 551.22	s/ 294 614.66
2030	122.5	10.86	71.66	s/ 907.25	s/ 27 217.42	s/ 326 609.01
2031	134.5	9.80	78.68	s/ 996.12	s/ 29 883.61	s/ 358 603.36
2032	146.5	8.92	85.70	s/ 1 084.99	s/ 32 549.81	s/ 390 597.71
2033	158.5	8.19	92.72	s/ 1 173.87	s/ 35 216.01	s/ 422 592.07
2034	170.5	7.57	99.74	s/ 1 262.74	s/ 37 882.20	s/ 454 586.42
2035	182.5	7.04	106.76	s/ 1 351.61	s/ 40 548.40	s/ 486 580.77
2036	194.5	6.58	113.78	s/ 1 440.49	s/ 43 214.59	s/ 518 575.12
2037	206.5	6.17	120.80	s/ 1 529.36	s/ 45 880.79	s/ 550 569.47
2038	218.5	5.81	127.82	s/ 1 618.23	s/ 48 546.99	s/ 582 563.83
2039	230.5	5.49	134.84	s/ 1 707.11	s/ 51 213.18	s/ 614 558.18
2040	242.5	5.21	141.86	s/ 1 795.98	s/ 53 879.38	s/ 646 552.53
2041	254.5	4.95	148.88	s/ 1 884.85	s/ 56 545.57	s/ 678 546.88
2042	266.5	4.72	155.90	s/ 19 73.73	s/ 59 211.77	s/ 710 541.23
2043	278.5	4.50	162.92	s/ 20 62.60	s/ 61 877.97	s/ 742 535.59
2044	288	3.41	168.48	s/ 21 32.96	s/ 63 988.70	s/ 767 864.45

Fuente: Elaboración propia.

Bonos de carbono. Los bonos de carbono es la remuneración que se le atribuye a una tonelada de CO₂ que no se emite a la atmosfera. De acuerdo con el estado peruano, la remuneración que se realiza por bonos de carbono es de \$ 27.4 dólares por tonelada.

Tabla 26 Consumo anual KWh.

	Consumo Anual	Kg de CO2	CO2 x Tonelada	Pago Total
Energía Kwh	13266	5107.41	5.10741	S/ 511.448

Fuente: Elaboración propia.

Entonces la remuneración por parte del estado es s / 511.448 soles.

Aprovechamiento de cenizas como abono orgánico

De acuerdo con [11] ,las cenizas obtenidas en la combustión de la biomasa pueden utilizarse en el sector agrícola debido a los elementos minerales que posee como es el calcio (ca) potasio (K), fósforo(P) y magnesio (Mg), los cuales son elementos fundamentales para la fertilidad del suelo los cuales pueden ser utilizados como enmienda agrícola. En consecuencia, la central de biomasa residual puede incorporar este modelo de negocio secundario, aprovechando la generación de cenizas para su venta lo que puede generar anualmente el total de S/5 000 soles, teniendo en cuenta la calidad de cenizas, volumen generado y la demanda local.

Operación y mantenimiento.

Los costos de mantenimiento para los componentes de la central de biomasa residual representan el 0.1 % del total de la inversión del proyecto. Entonces los costos de mantenimiento del presente proyecto serán:

$$\text{costo de inversión del proyecto} = 0.01 * S/ 2\ 115\ 288,00 = -S/ 21\ 152,88$$

Dentro de los costos de operación y mantenimiento del sistema, se ha considerado el mantenimiento anual del separador de partículas (control ambiental), el cual será sometido a un mantenimiento preventivo cada 12 meses, de acuerdo con las recomendaciones técnicas del fabricante. Asimismo, se contempla el mantenimiento y eventual reemplazo del filtro de mangas bajo condiciones operativas normales, considerando un intervalo de mantenimiento preventivo también de 12 meses, con inspección del estado de las mangas y limpieza periódica. Ambos elementos son fundamentales para garantizar el cumplimiento de los estándares ambientales y la eficiencia del sistema de tratamiento de gases.

Valorización del proyecto. Para realizar el análisis de valorización del proyecto, se realizará un VAN para poder determinar la viabilidad del proyecto en un tiempo de 20 años y se realizará un TIR para poder determinar la rentabilidad que tendrá nuestro proyecto.

Tabla 27 VAN Y TIR 2024 al 2034.

AÑO	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
EGRESOS	-S/ 2 115 288,00	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88
INVERSIÓN	-S/ 2 115 288,00										
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88
INGRESOS		S/ 172 148,70	S/ 204 143,05	S/ 236 137,40	S/ 268 131,76	S/ 300 126,11	S/ 332 120,46	S/ 364 114,81	S/ 396 109,16	S/ 428 103,52	S/ 460 097,87
VENTA DE ENERGIA ELECTRICA		S/ 166 637,25	S/ 198 631,60	S/ 230 625,95	S/ 262 620,31	S/ 294 614,66	S/ 326 609,01	S/ 358 603,36	S/ 390 597,71	S/ 422 592,07	S/ 454 586,42
VENTA DE CENIZAS COMO ABONO ORGANICO	S/ 5 000,00	S/ 5 000,00	S/ 5 000,00	S/ 5 000,00	S/ 5 000,00	S/ 5 000,00	S/ 5 000,00	S/ 5 000,00	S/ 5 000,00	S/ 5 000,00	S/ 5 000,00
BONO CO2		S/ 511,45	S/ 511,45	S/ 511,45	S/ 511,45	S/ 511,45	S/ 511,45	S/ 511,45	S/ 511,45	S/ 511,45	S/ 511,45
BENEFICIO	-2 115 288,00	S/ 150 995,82	S/ 182 990,17	S/ 214 984,52	S/ 246 978,88	S/ 278 973,23	S/ 310 967,58	S/ 342 961,93	S/ 374 956,28	S/ 406 950,64	S/ 438 944,99

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28 VAN Y TIR 2034 al 2044.

AÑO	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
EGRESOS	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88
INVERSIÓN										
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88	-S/ 21 152,88
INGRESOS	S/ 492 092,22	S/ 524 086,57	S/ 556 080,92	S/ 588 075,28	S/ 620 069,63	S/ 652 063,98	S/ 684 058,33	S/ 716 052,68	S/ 748 047,04	S/ 773 375,90
VENTA DE ENERGIA ELECTRICA	S/ 486 580,77	S/ 518 575,12	S/ 550 569,47	S/ 582 563,83	S/ 614 558,18	S/ 646 552,53	S/ 678 546,88	S/ 710 541,23	S/ 742 535,59	S/ 767 864,45
VENTA DE CENIZAS COMO ABONO ORGANICO	S/ 5 000,00	S/ 5 000,00	S/ 5 000,00	S/ 5 000,00	S/ 5 000,00	S/ 5 000,00	S/ 5 000,00	S/ 5 000,00	S/ 5 000,00	S/ 5 000,00
BONO CO2	S/ 511,45	S/ 511,45	S/ 511,45	S/ 511,45	S/ 511,45	S/ 511,45	S/ 511,45	S/ 511,45	S/ 511,45	S/ 511,45
BENEFICIO	S/ 470 939,34	S/ 502 933,69	S/ 534 928,04	S/ 566 922,40	S/ 598 916,75	S/ 630 911,10	S/ 662 905,45	S/ 694 899,80	S/ 726 894,16	S/ 752 223,02

Fuente: Elaboración propia.

El indicador económico VAN, da un valor de S/450 884.00 y el valor del TIR es de 14% esto nos indica que el proyecto es rentable en un plazo de 20 años y que en el lapso de ese tiempo se recupera S/450 884.00

Tabla 29 VAN - TIR.

TASA DE INTERES	12%
-----------------	-----

VAN	S/ 450 584,00
TIR	14%

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Se identificó las principales características que posee la biomasa residual, los cuales fueron: porcentaje de humedad, poder calorífico, contenido de peso seco presente y su contenido de potencial energético. Dado que la ciudad de Chiclayo acoge muchos residuos sólidos, solamente se tomará el 8% del total de residuos que recolecta por día teniendo como resultado 17.18 toneladas. La biomasa residual posee un potencial energético de 12 435. 64 MJ que es capaz de producir 3 454.622 kWh.

Los principales componentes que conformarán la central de biomasa residual ubicada en el Centro Poblado Villa El Sol, en el distrito de Reque, son los siguientes: un secador con una eficiencia de 56.65%, una incineradora con eficiencia del 60%, una caldera de lecho fluidizado (CBF) con eficiencia del 93%, un sistema de control ambiental, una chimenea, así como una turbina acoplada a un generador eléctrico, cuyo conjunto presenta una eficiencia del 75%.

La unidad de incineración contará con un volumen útil de 70 m³, destinado a procesar los residuos sólidos que permitirán la generación de energía eléctrica. El sistema ha sido dimensionado para producir un total de 884.38 kWh diarios, con una potencia instalada de 36.85 kW. La influencia que presenta la biomasa residual en el diseño de la central eléctrica es la disponibilidad de la materia que se utilizara como combustible como también los beneficios que se obtienen tanto sociales como ambientales.

Por la parte de la influencia social, el dimensionamiento de la central eléctrica puede cubrir la demanda máxima con 35.94 KW del Centro Poblado Ampliación Villa el sol con un consumo de 758 kWh por día.

Se realizó la evaluación económica del proyecto, siendo el costo total de inversión de S/ 2 115 288.00 soles, el análisis realizado al proyecto con los indicadores VAN y TIR nos dio positivo de s/450 884.00 y un 14 % de rentabilidad respectivamente, estos resultados indican que el proyecto es rentable en un tiempo de 20 años.

Recomendaciones

Las siguientes investigaciones deben de realizar un estudio del impacto ambiental que genera la instalación de la central de biomasa residual.

Implementar una planta de valorización de residuos sólidos urbanos que permitan un mejor manejo de la basura que es depositada en el botadero de Reque.

Considerar el impacto ambiental y social más allá del centro poblado Villa el Sol, extendiendo el análisis al distrito de Reque y la región Lambayeque para identificar oportunidades adicionales de aprovechamiento de la biomasa residual y generar más beneficios para la comunidad.

Referencias

- [1] U. A. L. Darrinson, PRINCIPALES ZONAS DEGRADADAS POR RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS EN LA PROVINCIA DE LAMBAYEQUE 2018, Universidad de Lambayeque, 2018.
- [2] J. P. O. Nuñez, DISEÑO DE UNA CENTRAL ELECTRICA DE BIOMASA CONECTADO A LA RED ELECTRICA PUNO, EN EL CERRO DE CANCHARANI - DEPARTAMENTO DE PUNO, Universidad Nacional Del Antiplano - Puno, 2017.
- [3] D. C. J. Cesar, Analisis tecnico - economico de una planta incineradora de residuos solidos urbanos para la generacion de energia electrica en la region Lambayeque utilizando recuperacion de calor, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2021.
- [4] G. A. Peña, Diseño de una central de biomasa de 1MW ampliable a 2MW., Universitat Rovira I Virgili , 2010.
- [5] M. Q. K. A. Pérez Calderón Angel Geancarlo, DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA UTILIZANDO BIOGÁS (METANO) OBTENIDO A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN JAÉN - PERÚ, UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN, 2019.
- [6] T. H. J. Diego, Estudio de factibilidad de una central tèrmica que aproveche la biomasa residual de Chiclayo, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2019.
- [7] F. R. Isminio, Diseño de un sistema de generación termoeléctrica a partir de la cascarilla de arroz, para satisfacer la demanda energética de la empresa agroindustrias Mhil SAC, Picota – 2018, Universiad Cèsar Vallejo, 2018.
- [8] Ana Isabel de Lucas Herguedas, Carlos del Peso Taranco, Encarna Rodríguez García , Prado Prieto Paniagua, «Biomasa, Biocombustible y Sostenibilidad,» 2012. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Ana-De-Lucas/publication/260383181_Biomasa_biocombustibles_y_sostenibilidad/links/54201c510cf241a65a1b01e5/Biomasa-biocombustibles-y-sostenibilidad.pdf.
- [9] BUN-CA, «Manuales sobre energias renovables,» 2002. [En línea]. Available: [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/5EA2E564AF6F41D405257CC1005B2354/\\$FILE/Manuales_sobre_energ%C3%ADa_renovableBIOMASA.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/5EA2E564AF6F41D405257CC1005B2354/$FILE/Manuales_sobre_energ%C3%ADa_renovableBIOMASA.pdf).
- [10] M. d. Ambiente, Guía de Diseño y construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado, Lima, 2008.

- [11] J. Oluwadare, «Design of Engineered Sanitary Landfill for Efficient Solid Waste Management in Ado - Ekiti, South - Western Nigeria,» Journal of Multidisciplinary Engineering Science Studies, Ekiti, 2017.
- [12] M. d. Vivienda, «Reglamento Nacional de Edificaciones,» EL Peruano, LIMA, 2006.
- [13] L. Carrión y N. Cuenca, «Bioensayo con macrofitas acuáticas para el tratamiento de lixiviados procedentes del relleno sanitario de pichacay,» Universidad del Azuay, 2009.
- [14] «SENAMHI,» [En línea]. Available: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=lambayeque&p=lluvia-acumulada>. [Último acceso: 29 09 2022].
- [15] YUNES A CENGEL, MNICHAEL A. BOLES, TERMODINAMICA-SÉPTIMA EDICIÓN, MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2009.
- [16] «meteoblue,» [En línea]. Available: https://www.meteoblue.com/es/tiempo/semana/reque_per%C3%BA_3692900. [Último acceso: 09 10 2022].
- [17] Y. I. H. SILVA, DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO FOTOVOLTAICO-BIOMASA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SECTOR CAFETALERO DE CAMPO REDONDO-AMAZONAS, Chiclayo: UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO, 2021.
- [18] Castro Díaz Sebastián Fernando, Ambato: Universidad Tecnica de Ambato - Ecuador , 2020.
- [19] Acurio, Guido; Rossin, Antonio; Teixeira, Paulo Fernando; Zepeda, Francisco, Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe, Washington, D.C: Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana , 1997.
- [20] Rodriguez, «Ingenieria mecanica,» [En línea]. Available: https://ingemecanica.com/tutoriales/poder_calorifico.html?fbclid=IwAR2uSR2Jts1A-eODZo0sLauJUvw4mrrn2OJCvJKHB91nvSNlrjq8mX8ynus#tabla1. [Último acceso: 04 10 2022].

Anexos

Anexo 1: Encuesta

FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA



ENCUESTA

ENCUESTADOR: AGUIRRE ANGELES GORQUI.

TESIS: DIMENSIONAMIENTO DE UNA MINICENTRAL ELECTRICA
 UTILIZANDO BIOMASA PARA LA GENERACION DE ENERGIA EN EL CENTRO
 POBLADO AMPLIACION VILLA EL SOL.

Nombre:

Edad:

1. ¿Cuál es su ocupación laboral?

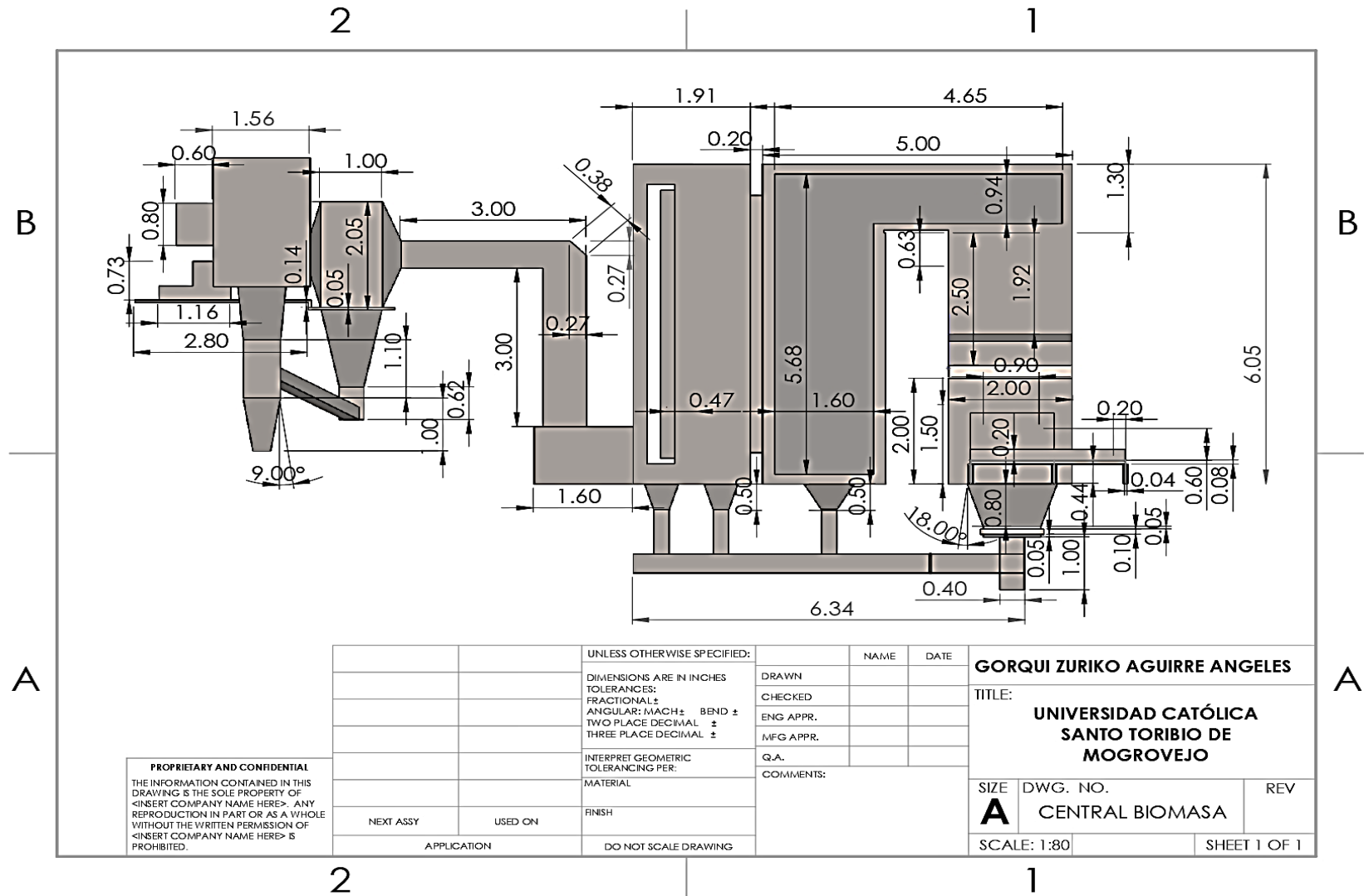
2. ¿Cuántas personas viven en su domicilio?

3. ¿Cuenta con energía eléctrica?

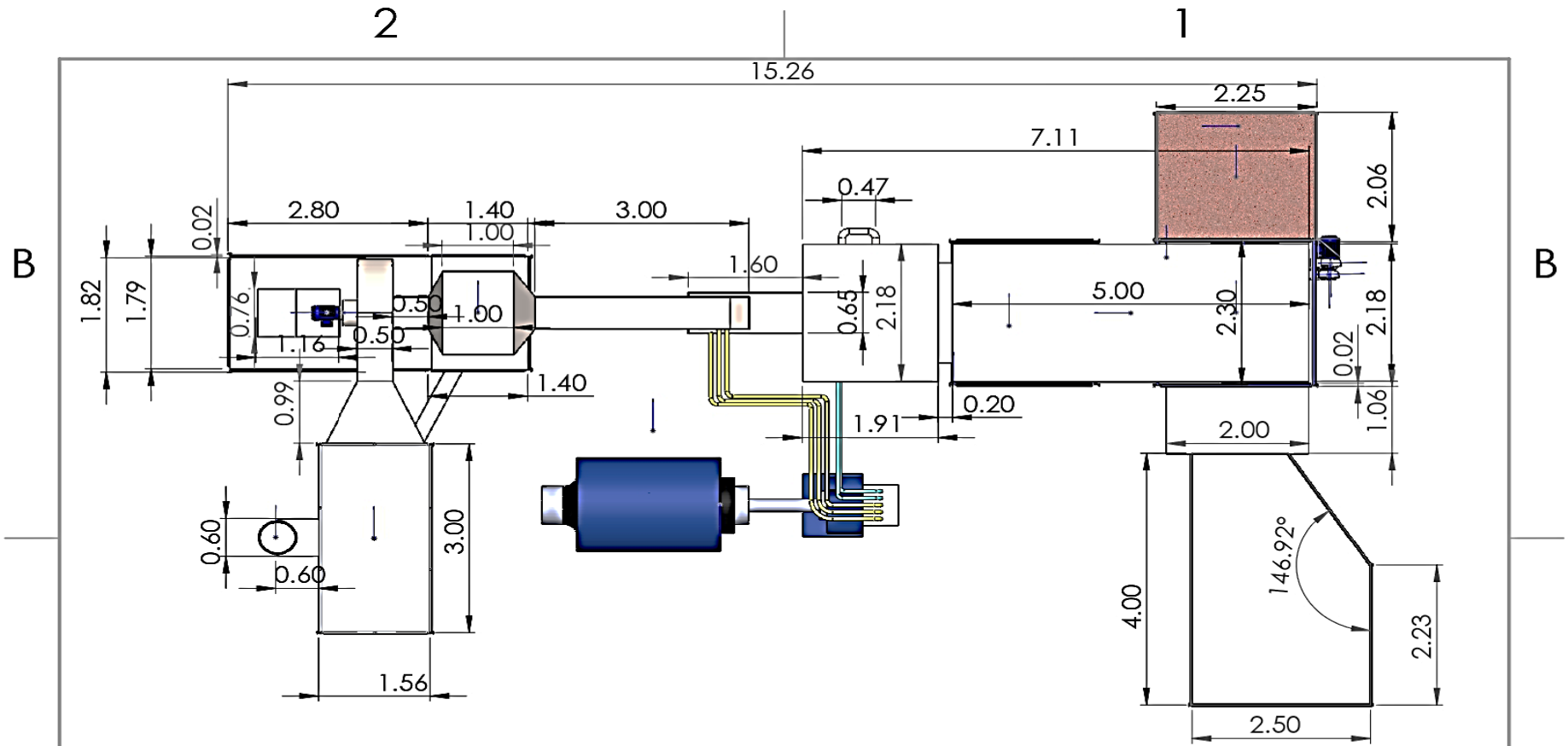
4. Si no cuenta con energía, ¿Cómo hace uso de sus electrodomésticos?

5. ¿Qué tipo de artefactos tiene en su domicilio?

Anexo 2: Planos.



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
 THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF <INSERT COMPANY NAME HERE> IS PROHIBITED.



A

A

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
 THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF <INSERT COMPANY NAME HERE> IS PROHIBITED.

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:	NAME	DATE
		DIMENSIONS ARE IN INCHES	DRAWN	
		TOLERANCES:	CHECKED	
		FRACTIONAL: ±	ENG APPR.	
		ANGULAR: MACH: ± BEND ±	MFG APPR.	
		TWO PLACE DECIMAL ±	Q.A.	
		THREE PLACE DECIMAL ±	COMMENTS:	
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:		
		MATERIAL		
		FINISH		
NEXT ASSY	USED ON			
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING		

GORQUI ZURIKO AGUIRRE ANGELES		
TITLE:		
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO		
SIZE	DWG. NO.	REV
A	CENTRAL BIOMASA	
SCALE: 1:80		SHEET 1 OF 1

2

1

Anexo 3: Operacionalización de variables

VARIABLES	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems
VARIABLE INDEPENDIENTE Dimensionamiento de una central eléctrica utilizando biomasa residual	Dado a la biomasa residual es un recurso cuya intensidad no es constante, el diseño de la central eléctrica se debe realizar a partir de la necesidad de energía eléctrica de la comunidad, según la potencia eléctrica requerida y la cantidad de horas de funcionamiento.	Se aprovechará el poder calorífico de la biomasa residual para generar energía eléctrica.	Biomasa residual	Poder calorífico Residuos sólidos urbanos Volumen Tiempo	Kcal/kg Kg h
VARIABLE DEPENDIENTE Generación de energía	La obtención de energía eléctrica proporcionará el desarrollo de la comunidad, puesto que la energía eléctrica tendrá diferentes usos por parte de los pobladores que serán beneficiados.	Se obtendrá el número de viviendas y la cantidad habitantes podremos determinar la potencia eléctrica requerida a generar para la comunidad.	Potencia eléctrica	Potencia	kW

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Plano eléctrico

