

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ENERGÍA



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

“Análisis del potencial energético solar y residuos orgánicos, mediante la simulación de un sistema híbrido fotovoltaico - biogás en el distrito de Nepeña, Perú 2023”

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGIA

AUTORES:

Bach. Falcon Blanco, Katherine Tracy
Bach. Murillo Murillo, Álvaro Miguel

ASESOR:

Mg. Rojas Flores, Amancio Ramiro

Nuevo Chimbote – Perú
Junio 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



CONFORMIDAD DEL ASESOR

La presente Tesis ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando en cuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa de acuerdo a la denominación siguiente:

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN
ENERGÍA**

**“ANÁLISIS DEL POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR Y RESIDUOS ORGÁNICOS,
MEDIANTE LA SIMULACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO FOTOVOLTAICO -
BIOGAS EN EL DISTRITO DE NEPEÑA, PERÚ 2023”**

AUTORES

:
Katherine Tracy Falcon Blanco
Álvaro Miguel Murillo Murillo

Amancio Ramiro Rojas Flores
DNI: 32806031
CÓD. ORCID: 0000-0003-4897-7585

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

El presente Jurado Evaluador da la conformidad del presente informe, desarrollado en cumplimiento del objetivo propuesto y presentado con forme al Reglamento General para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, titulado:

**“ANÁLISIS DEL POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR Y RESIDUOS ORGÁNICOS,
MEDIANTE LA SIMULACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO FOTOVOLTAICO -
BIOGAS EN EL DISTRITO DE NEPEÑA, PERÚ 2023”**

AUTORES:

Katherine Tracy Falcon Blanco
Álvaro Miguel Murillo Murillo

Revisado y evaluado por el siguiente Jurado Evaluador:

Dr. Gualberto Antenor Mariños Castillo

PRESIDENTE

DNI: 17890841

CÓD. ORCID: 0000-0001-7514-9908

Mg. Amancio Ramiro Rojas Flores

SECRETARIO

DNI: 32806031

CÓD. ORCID: 0000-0003-4897-7585

Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano

INTEGRANTE

DNI: 42009679

CÓD. ORCID: 0000-0002-6119-2072



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

El día miércoles 10 del mes de abril del año dos mil veinticuatro, siendo las 10:00 a.m. en el Aula E1 de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, en cumplimiento al Art. 66 del Reglamento General de Grados y Títulos, aprobado con Resolución N°580-2022-CU-R-UNS de fecha 22.08.22, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante **Resolución N° 082-2024-UNS-CFI** de fecha 19.01.24, integrado por los siguientes docentes:

- Dr. Gualberto Antenor Mariños Castillo : Presidente
- Mg. Amancio Ramiro Rojas Flores : Secretario
- Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano : Integrante

Y según la **Resolución Decanal N°161-2024-UNS-FI** de fecha 04.04.24 se **DECLARA EXPEDITO** a la bachiller para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis, titulada: **"ANALISIS DEL POTENCIAL ENERGETICO SOLAR Y RESIDUOS ORGÁNICOS, MEDIANTE LA SIMULACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO FOTOVOLTAICO-BIOGAS EN EL DISTRITO DE NEPEÑA, PERU 2023"**, perteneciente a los bachilleres: **KATHERINE TRACY FALCON BLANCO** con código de matrícula N°0200411007 y **ALVARO MIGUEL MURILLO MURILLO** Cód. N° 0201211008, teniendo como asesor al docente **Mg. Amancio Ramiro Rojas Flores**, según Resolución Decanal N° 031-2023-UNS-FI de fecha 18.01.23.

Terminada la sustentación de la Bachiller, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 71° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
KATHERINE TRACY FALCON BLANCO	17	Bueno

Siendo las 11:15 a.m. del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.


Dr. Gualberto Antenor Mariños Castillo
PRESIDENTE


Mg. Amancio Ramiro Rojas Flores
SECRETARIO


Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano
INTEGRANTE



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA
Dirección E.P. de Ingeniería en Energía

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

El día miércoles 10 del mes de abril del año dos mil veinticuatro, siendo las 10:00 a.m. en el Aula E1 de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, en cumplimiento al Art. 66 del Reglamento General de Grados y Títulos, aprobado con Resolución N°580-2022-CU-R-UNS de fecha 22.08.22, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante **Resolución N° 082-2024-UNS-CFI** de fecha 19.01.24, integrado por los siguientes docentes:

- Dr. Gualberto Antenor Mariños Castillo : Presidente
- Mg. Amancio Ramiro Rojas Flores : Secretario
- Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano : Integrante

Y según la **Resolución Decanal N°161-2024-UNS-FI** de fecha 04.04.24 se **DECLARA EXPEDITO** a la bachiller para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis, titulada: **"ANALISIS DEL POTENCIAL ENERGETICO SOLAR Y RESIDUOS ORGÁNICOS, MEDIANTE LA SIMULACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO FOTOVOLTAICO-BIOGAS EN EL DISTRITO DE NEPEÑA, PERU 2023"**, perteneciente a los bachilleres: **KATHERINE TRACY FALCON BLANCO** con código de matrícula N°0200411007 y **ALVARO MIGUEL MURILLO MURILLO** Cód. N° 0201211008, teniendo como asesor al docente **Mg. Amancio Ramiro Rojas Flores**, según Resolución Decanal N° 031-2023-UNS-FI de fecha 18.01.23.

Terminada la sustentación de la Bachiller, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 71° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
ALVARO MIGUEL MURILLO MURILLO	17	Bueno

Siendo las 11:15 a.m. del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.


Dr. Gualberto Antenor Mariños Castillo
PRESIDENTE


Mg. Amancio Ramiro Rojas Flores
SECRETARIO


Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano
INTEGRANTE

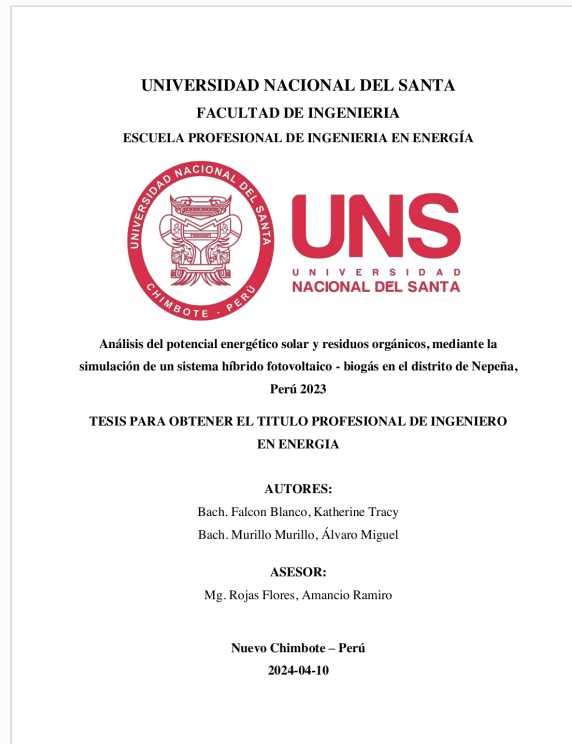


Recibo digital

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

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Falcon Blanco, Katherine Tracy Murillo Murillo, Álvaro Migue
Título del ejercicio: tesis falcon
Título de la entrega: Análisis del potencial energético solar y residuos orgánicos, ...
Nombre del archivo: TESIS_FALCON_MURILLO.pdf
Tamaño del archivo: 6.77M
Total páginas: 128
Total de palabras: 14,226
Total de caracteres: 87,550
Fecha de entrega: 07-jun.-2024 04:59p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2397873943



Análisis del potencial energético solar y residuos orgánicos, mediante la simulación de un sistema híbrido fotovoltaico - biogás en el distrito de Nepeña, Perú 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
2	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
3	www.fvet.uba.ar Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	issuu.com Fuente de Internet	1%
6	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	1%
7	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	rinfi.fi.mdp.edu.ar Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a nuestros padres por habernos formado como personas de bien, por su apoyo incondicional y consejos.

Los autores

A mi madre Zenobia por su apoyo incondicional y a mi padre Luis por ser un ejemplo a seguir adelante.

A mis hermanos Willy y Ever que son mi ejemplo de lucha y perseverancia por cumplir los objetivos propuestos y salir adelante.

Katherine Tracy Falcon Blanco

A mi padre Alex por ser un ejemplo para mí en siempre dar lo mejor y a mi madre Paula por su amor y apoyo. A mis hermanos Camilo y Eduardo por ser mi impulso para salir adelante, a mi mamá Aleja y papá Goyo por estar siempre conmigo y a mi tío Kike por confiar en mi desde el inicio.

Álvaro Miguel Murillo Murillo

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a DIOS, porque sin el nada de esto hubiera sido posible, además de habernos permitido llegar a este punto de nuestra carrera profesional, habernos dado salud, protección, guía y por motivarnos a salir adelante.

A nuestros padres, que nos apoyaron incondicionalmente en el transcurso de nuestra carrera profesional.

Al Mg. Amancio Rojas Flores, asesor de este proyecto de tesis, por brindarnos su tiempo, conocimientos y apoyo constante.

Los autores

INDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
I. INTRODUCCION	1
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	1
1.2. OBJETIVOS	3
1.2.1. Objetivo General	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. HIPÓTESIS	4
1.4. JUSTIFICACIÓN	4
II. MARCO TEORICO	6
2.1. ANTECEDENTES	6
2.1.1. Antecedentes Internacionales	6
2.1.2. Antecedentes Nacionales	8
2.2. MARCO CONCEPTUAL	9
2.2.1. Energía Renovable	9
2.2.2. La energía Solar	10
2.2.3. Biomasa	18
2.2.4. Biogás	23
2.2.5. Biodigestores	26
2.2.6. Sistemas de Energías Híbridas en las Energías Renovables	34
2.2.7. Indicadores para la evaluación económica	35
III. MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.1. MATERIAL	37
3.1.1. Tangibles	37
3.1.2. Intangibles (software)	37
3.2. MÉTODO	37
3.4. UBICACIÓN	40

IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	41
4.1.	RESULTADOS	41
4.1.1.	Cuantificación de los Residuos Orgánicos	41
4.1.2.	Dimensionamiento del Biodigestor	44
4.1.3.	Cálculo del Recurso Solar	46
4.1.4.	Estimación de la Demanda Energética	48
4.1.5.	Propuesta en los Diferentes Porcentajes de Participación en un sistema hibrido	49
4.2.	Discusión	88
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
5.1.	CONCLUSIONES	92
5.2.	RECOMENDACIONES	94
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	96
VII.	ANEXOS	99

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Técnicas e instrumentos	39
Tabla 2: Cantidad de animales por cada centro poblado del distrito de Nepeña	41
Tabla 3: Total de animales del distrito de Nepeña	42
Tabla 4: Cantidad total diaria del biogás	43
Tabla 5: Tiempo de fermentación de la materia orgánica	45
Tabla 6: Capacidad del biodigestor	46
Tabla 7: Irradiación solar C.P. San Jacinto	47
Tabla 8: Demanda energética por vivienda	48
Tabla 9: Resumen del Sistema fotovoltaico	52
Tabla 10: Costo total del sistema hibrido	56
Tabla 11: Evaluación económica	58
Tabla 12: Resumen del Sistema fotovoltaico	59
Tabla 13: Costo total del sistema hibrido	62
Tabla 14: Evaluación económica	64
Tabla 15: Resumen del Sistema fotovoltaico	65
Tabla 16: Costo total del sistema hibrido	69
Tabla 17: Evaluación económica	70
Tabla 18: Resumen del Sistema fotovoltaico	72
Tabla 19: Costo total del sistema hibrido	74
Tabla 20: Evaluación económica	76
Tabla 21: Resumen del Sistema fotovoltaico	77
Tabla 22: Costo total del sistema hibrido	80
Tabla 23: Evaluación económica	81
Tabla 24: Comparación de las diferentes participaciones para un sistema hibrido	83
Tabla 25: Comparación TIR y PAYBACK	85

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Las energías renovables	10
Figura 2: Panel solar	12
Figura 3: Tipos de paneles fotovoltaicos	13
Figura 4: Comparación de tecnologías fotovoltaicas	14
Figura 5: Residuos orgánicos de diversos orígenes	19
Figura 6: Composición química de diversos residuos de origen animal	20
Figura 7: Rango de niveles de nutrientes en diversos residuos de origen animal	21
Figura 8: Relación carbono y nitrógeno de diversos residuos de origen animal	22
Figura 9: Energía equivalente (Valor Energético) Biogás vs. otros tipos de gases	25
Figura 10: Producción de biogás por tipo de residuo animal	26
Figura 11: Proceso generación de biogás	27
Figura 12: Biodigestor tubular	28
Figura 13: Biodigestor tipo hindú o campana flotante	29
Figura 14: Biodigestor tipo chino	30
Figura 15: Características de modelos de biodigestores	31
Figura 16: Características del lugar de estudio	40
Figura 17: Producción de biogás por tipo de residuo animal	42
Figura 18: Biodigestor tubular	45
Figura 19: Sistema Híbrido Fotovoltaico-Biogás	49
Figura 20: Lugar de estudio.....	50
Figura 21: Perfil diario	51
Figura 22: Perfil estacional	51
Figura 23: Perfil anual	52
Figura 24: Panel solar	53
Figura 25: Batería	54
Figura 26: Inversor	55
Figura 27: Generador	55
Figura 28: Costo total	56
Figura 29: Comparación económica	57
Figura 30: Comparación económica	57

Figura 31: Producción eléctrica	58
Figura 32: Resumen de consumo combustible	59
Figura 33: Panel solar	60
Figura 34: Batería	61
Figura 35: Inversor	61
Figura 36: Generador	62
Figura 37: Costo total	63
Figura 38: Comparación económica	63
Figura 39: Producción eléctrica	64
Figura 40: Resumen de combustible	65
Figura 41: Panel solar	66
Figura 42: Batería	67
Figura 43: Inversor	67
Figura 44: Generador.....	68
Figura 45: Costo total	69
Figura 46: Comparación económica	70
Figura 47: Producción eléctrica.....	71
Figura 48: Resumen de combustible	71
Figura 49: Panel solar	72
Figura 50: Batería	73
Figura 51: Inversor	73
Figura 52: Generador.....	74
Figura 53: Costo total	75
Figura 54: Comparación económica	75
Figura 55: Producción eléctrica	76
Figura 56: Resumen de consumo de combustible	77
Figura 57: Panel solar	78
Figura 58: Batería	78
Figura 59: Inversor	79
Figura 60: Generador.....	79
Figura 61: Costo total	80

Figura 62: Comparación económica.....	81
Figura 63: Producción eléctrica	82
Figura 64: Resumen de combustible	82
Figura 65: Capital inicial	83
Figura 66: Costo total neto presente	84
Figura 67: Costo de operación	84
Figura 68: TIR	86
Figura 69: PAYBACK.....	86
Figura 70: Sistema hibrido fotovoltaico - biogás optimo	87

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Selección del panel solar	99
Anexo 2: AA.HH. Bellavista.....	100
Anexo 3: AA.HH. Virgen de Guadalupe.....	100
Anexo 4: Biomasa animal	101
Anexo 5: Guía de entrevista a ganaderos	102
Anexo 6: Validación de Instrumento.....	103
Anexo 7: Ficha Resumen de la entrevista	115

RESUMEN

En el presente informe de investigación se ha analizado el potencial energético solar y de residuos orgánicos para simulación de un sistema híbrido fotovoltaico - biogás en el distrito de Nepeña. De acuerdo con el objeto de estudio, la investigación desarrollada fue de tipo no experimental y aplicada, utilizamos los conocimientos relacionados con sistemas de biogás y solares fotovoltaicos para dar solución a la problemática del distrito. En el estudio se determinó el potencial energético de ambos recursos utilizando herramientas y programas como el Software Excel, PVGIS TMY 5.2, Homer Pro, libros y catálogos. Posteriormente se estimó la demanda energética de los AA. HH. Virgen de Guadalupe, Bellavista y Villa Hermosa la cual es 1,576.16 kWh/día. Finalmente se efectuaron el análisis de cinco configuraciones distintas, contemplando la cantidad de residuos orgánicos obtenidos, con la finalidad de proponer una configuración óptima desde la perspectiva económica. La investigación demostró que el sistema híbrido logra cubrir la demanda energética propuesta y que el porcentaje de participación óptima es de 30% del recurso solar y 70% residuos orgánicos.

Palabras clave: Sistema fotovoltaico, biodigestor, biogás, energía eléctrica.

ABSTRACT

In this research report, the solar energy potential and organic waste have been analyzed for simulation of a hybrid photovoltaic biogas system in the district of Nepeña. In accordance with the object of study, the research developed was non-experimental and applied, we used knowledge related to biogas and solar photovoltaic systems to provide a solution to the district's problems. In the study, the energy potential of both resources was determined using tools and programs such as Excel Software, PVGIS TMY 5.2, Homer Pro, books and catalogs. Subsequently, the energy demand of the human settlements Virgen de Guadalupe, Bellavista and Villa Hermosa was estimated, which is 1,576.16 kWh/day. Finally, the analysis of five different configurations was carried out, considering the amount of organic waste obtained, with the aim of proposing an optimal configuration from the economic perspective. The research showed that the hybrid system manages to cover the proposed energy demand and that the optimal participation percentage is 30% of the solar resource and 70% organic waste.

Keywords: Photovoltaic system, biodigester, biogas, electrical energy.

I. INTRODUCCION

En el mundo la demanda de electricidad es cada vez mayor por lo que debemos considerar las fuentes de energía renovables como fuentes viables de generación eléctrica y en este caso mezclarlas para optimizar los resultados.

Esta investigación se realizó en cuatro secciones:

En la primera sección fue necesario comprender el problema, el propósito, el alcance y las limitaciones de la investigación, así como el motivo y los antecedentes de la elección del tema. Realizamos una investigación en profundidad para saber más sobre la viabilidad del proyecto.

En la segunda sección, exploramos los diferentes tipos de energía renovable que tenemos disponibles, de antemano sabemos que debido a la ubicación y producción de residuos orgánicos que nos brinda la zona en estudio, podemos considerar a la biomasa y al recurso solar como dichas fuentes viables de generación.

En la tercera sección, tenemos los materiales y métodos para el desarrollo de este proyecto. Entre ellos, consideramos más allá del aspecto material, algunos softwares destinados a evaluaciones energéticas que son de mucha ayuda en estos casos.

En la cuarta sección, obtuvimos los resultados económicos, los costos de inversión de cada sistema, además de dar respuesta a la problemática y cumplir los objetivos.

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

A nivel mundial, la población sigue aumentando y por ende requieren mayor demanda de servicios básicos, en este caso la energía eléctrica, y las fuentes convencionales se están agotando, por lo que es necesario buscar nuevas fuentes renovables que sean capaces de satisfacer las necesidades de las personas. Asimismo, los asentamientos humanos Villa

Hermosa y Virgen de Guadalupe ubicados en el distrito de Nepeña no cuentan con el servicio de energía eléctrica.

Por otra parte, el Atlas de la Energía Solar señala que tenemos un potencial de energía solar promedio de 5.24 kWh/m^2 (Gamio Aita, S.F.). Esto nos muestra el alto potencial energía solar que tiene el país del Perú y que debe ser aprovechado por sus habitantes.

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental del Perú (OEFA) señala que el distrito de Nepeña dispone de 8 toneladas diarias.

El distrito de Nepeña posee una biomasa animal y vegetal, aproximadamente se tiene 7500 animales de diferentes especies como porcino, ovino, caprino, vacuno, cuyes y aves que producen aproximadamente 3.7 toneladas de excreta diaria; además tenemos residuos vegetales. Asimismo, los pobladores o específicamente los ganaderos desconocen cómo utilizar estos desechos que producen sus animales, simplemente botan todo lo que genera en lugares cerca a los centros poblados y al botadero. Los pobladores del distrito y especialmente en San Jacinto perciben esa contaminación de dicha biomasa.

El distrito de Nepeña no cuenta con las instalaciones y sistema óptimo para tratamiento de estos desechos. El distrito de Nepeña tiene un botadero, pero no está debidamente implementado, esto ocasiona un impacto negativo a la salud y al ambiente.

Según el informe elaborado por el Órgano de Control Institucional de la Municipalidad Provincial del Santa titulado “Actividades de operación y recuperación de áreas degradadas por residuos sólidos- botadero Solivin” que la Municipalidad Distrital de Nepeña no cautela la ejecución de acciones de control y mitigación de posibles impactos negativos en el área degradada por residuos sólidos lo que ocasionaría la afectación al

medio ambiente. Además, se constató que la municipalidad del distrito de Nepeña no cuenta con un Plan de Contingencia y/o medidas ante la posible ocurrencia de emergencias en el ADRS. Cabe resaltar que, durante la inspección realizada, se constató la quema de residuos sólidos y presencia de personas externas que se encontraban realizando segregación de residuos, situación en la cual la Entidad tendría que efectuar acciones ante la ocurrencia de eventos de este tipo.

Con todo lo señalado en cuanto a la situación del distrito de Nepeña nos proponemos el siguiente problema:

Formulación del problema:

¿Cuáles son los porcentajes de participación óptimo del potencial energético solar y de residuos orgánicos del distrito de Nepeña para cubrir la demanda energética residencial?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Analizar el porcentaje de participación del potencial energético solar y de los residuos orgánicos del distrito de Nepeña, para determinar un sistema híbrido fotovoltaico – biogás optimo, mediante la simulación.

1.2.2. Objetivos específicos

- Cuantificar los residuos orgánicos de origen animal y calcular su potencial energético de biogás.
- Determinar el potencial energético solar en el distrito de Nepeña.
- Estimar la demanda energética de los AA. HH. Villa Hermosa, Bellavista y Virgen de Guadalupe del distrito de Nepeña.

- Estimar las diferentes combinaciones del porcentaje de participación energético que estos recursos pueden aportar al sistema.
- Realizar la evaluación económica de las diferentes combinaciones del porcentaje de participación energético.
- Proponer el sistema híbrido óptimo que permita satisfacer las necesidades de demanda energética residencial.

1.3. HIPÓTESIS

Los porcentajes de participación óptima del potencial energético solar y de residuos orgánicos del distrito de Nepeña es 30% y 70% para cubrir la demanda energética residencial

1.4. JUSTIFICACIÓN

En el distrito de Nepeña debido a su continua expansión poblacional, siempre surge la necesidad de considerar nuevos lugares o asentamientos humanos para poder habitar, con esta necesidad de un lugar donde habitar también surgen muchas necesidades más, entre ellas y la cual es motivo de esta investigación que es el evaluar el potencial de los recursos biomasa y solar para satisfacer ciertas necesidades de la población.

En respuesta al aumento de la contaminación en los últimos años lo que se busca es optar por energías renovables, las cuales ayudan a mitigar en gran parte este problema de contaminación.

Justificación técnica.

La propuesta del sistema híbrido solar y biogás es una tecnología limpia muy utilizada en diferentes países, especialmente en zonas alejadas, por ser renovable y económicamente barata.

Justificación ambiental.

La propuesta de un sistema híbrido de generación de energía solar - biogás es una tecnología limpia y amigable con el medio ambiente, por lo que contribuye a la reducción de gases de efecto invernadero al utilizarla para la producción como subproducto fertilizante para cultivos locales.

II. MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Según Asprilla (2016) en su tesis de Maestría titulado “Estudio de Sistemas Híbridos De Energía Renovable (solar – gasificación de biomasa) como alternativa para satisfacer necesidades energéticas en Zonas no Interconectadas del Departamento del Chocó”, esto demuestra que la utilización de fuentes de energía renovables ha surgido como una alternativa hacia la solución de problemas de conexiones eléctricas, especialmente en zonas remotas por su difícil disponibilidad. Se tuvo que el potencial de radiación es de $4,25 \text{ kWh/m}^2\text{-año}$ y de biomasa es de 680 kWh/año . Por lo tanto, se requiere un sistema fotovoltaico de 150 kW y una planta de gasificación de 268 kW para alimentar esta comunidad.

Pecoraro (2022) en su trabajo de maestría titulado “Diseño de un sistema híbrido para generar energía eléctrica mediante gasificación de biomasa residual y generación fotovoltaica para diferentes usos en países en desarrollo” tuvo el objetivo de encontrar una solución económicamente viable y sostenible para el abasto de energía y agua en los países en desarrollo utilizando un sistema híbrido. Se han seleccionado nueve de los tipos de biomasa residual más comunes para proporcionar resultados más completos. Se desarrollo métodos de cálculo detallados a partir de datos experimentales y convertiremos la biomasa de materia prima en gas de síntesis. Se concluyó que este proyecto piloto demuestra que la gasificación de tiro descendente no solo es una solución simple y ecológica, sino que también es muy ventajoso desde un punto de vista práctico y económico y puede ser utilizado y aplicado a todos los lugares del mundo, con el mix adecuado de biomasa e instalaciones.

Astudillo S. (2022) en su artículo titulado “Control energético y optimización del tamaño de un sistema híbrido de energía renovable a pequeña escala con combinación de sistemas de almacenamiento, Ecuador 2022” tuvo como objetivo analizar el impacto que tendría sobre un sistema híbrido de generación renovable compuesto por generadores basados en biomasa y paneles fotovoltaico. Se realizó una simulación con los mismos sistemas, pero soportados únicamente por una tecnología de almacenamiento obteniendo como resultado el sistema respaldado únicamente por baterías de plomo-acido porque es económicamente más bajo y si se analizan las emisiones de dióxido de carbono el que mejor desempeño tiene son los sistemas con almacenamiento híbridos basados en baterías de litio.

Marcos et al. en su artículo titulado “Sistema híbrido termo solar–biomasa para generar energía eléctrica” tuvo como objeto estudiar el sistema híbrido para producción de electricidad en el sur de España. Para ello recopiló datos de los cultivos energéticos forestales como biomasa y solar. En conclusión, esto sería menos beneficioso económicamente porque requiere mayores costes de inversión.

Roldán et al. (2023) en su artículo titulado “Optimización de un sistema híbrido fotovoltaico y de biogás para el suministro de energía sostenible en áreas rurales” en Valencia, España. Tuvo como objetivo proponer un método para evaluar la configuración óptima de un sistema que comprende a ambos (biomasa y fotovoltaica). Asimismo, el estudio se aplicó en un pequeño municipio rural de la comunidad de Valencia. La metodología proporciona un procedimiento general para hibridar tanto las plantas como la red para cumplir con las necesidades energéticas. El criterio adoptado para la decisión sobre la composición óptima del híbrido sistema ha sido la TIR más alta durante un

período de 12 años, junto con la condición de garantizando a los miembros de la comunidad energética un descuento del 20% en el costo de la energía. En el caso analizado se encontró una combinación óptima de 140 kW de potencia nominal del generador de biogás, que es inferior a la demanda máxima de 366 kW y 80 kW de potencia instalada en la planta fotovoltaica, resultando una TIR de 6,13% sobre 12 años.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Manay, R. (2019) en su tesis “generación de energía eléctrica mediante biogás de los residuos orgánicos ganaderos y energía solar fotovoltaica en el caserío Chenten en la provincia de Chota-Huambos - Cajamarca” tiene como finalidad producir energía eléctrica a través de dos sistemas. La metodología es una investigación de tipo aplicada y diseño no experimental. Para las 56 unidades de viviendas proyectadas se estimó la energía promedio diaria requerida de 41 008,00 Wh y la potencia instalada de 10 532 W en el caserío. Así mismo, según SENAMHI se ha obtenido un valor promedio de radiación solar de 4,75 kWh/ m²/día y según la NASA el valor crítico de irradiación solar de 4,61 kWh/m²/día. Se determinó las dimensiones de los equipos para la planta fotovoltaica y biogás y con un costo de referencia para el sistema biogás- fotovoltaico de S/.216 819,42.

Torres, N. (2021) en su tesis “Diseño de un sistema híbrido fotovoltaico-biogás para la generación de energía eléctrica en la comunidad San Jacinto distrito de Nauta departamento de Loreto 2021” tiene como objetivo establecer el diseño de dos sistemas, el primero fotovoltaico y el segundo biogás para generación energía eléctrica a la comunidad San Jacinto ya que no cuenta con el servicio. La radiación solar promedio de 4.66 kWh/m² y una materia orgánica diversa de 91.29 kg/día.

Herrera, S. (2021) en su tesis titulado “Diseño de un sistema híbrido fotovoltaico-biomasa para la generación de energía eléctrica en el sector cafetalero de Campo Redondo-Amazonas” tuvo como objetivo proponer un sistema híbrido solar y biomasa. La investigación es de tipo aplicada, nivel exploratorio y descriptivo y con un enfoque mixto. Se tomo datos de los recursos biomasa y solar, se utilizó 3 generadores de 3,5 kW para generar aproximadamente 10,5 kW. Para la construcción de esta planta se necesita una inversión de S/ 60 855 nuevos soles donde la energía eléctrica que se va a generar tendrá un costo de kWh de S/ 0,2. Ha sido analizado con los indicadores VAN y TIR dando un resultado positivo de S/. 11 684,41 y un 15 % de rentabilidad respectivamente.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Energía Renovable

Las energías renovables comprenden todas aquellas que se extraen de fuentes que se regeneran de manera natural, lo que garantiza que no se agoten y que se consideren en principio limpias o verdes, porque contaminan muy poco, y no emiten los gases que producen el efecto de invernadero (Mendible, 2013).

Tipos de energías renovables

De acuerdo a la figura se dividen en los siguientes:

Figura 1

Las energías renovables



2.2.2. La energía Solar

De acuerdo con OSINERGMIN (2019) nos dice que es un tipo de energía renovable que se obtiene mediante la captura de la radiación electromagnética del sol. Asimismo, los sistemas de recolección de energía solar se dividen en dos grupos: pasivos y activos. Los pasivos no requieren de dispositivos para la captación de la energía solar, esta se realiza con la aplicación de elementos arquitectónicos bioclimáticos, capaces de dispersar la luz. Los sistemas activos, por otro lado, requieren dispositivos que capturen la radiación, como paneles fotovoltaicos.

Tipos de Tecnología Solar

***a.* Tecnología solar fotovoltaica.**

Es la conversión de la radiación solar en energía eléctrica a partir de materiales semiconductores como las células solares fabricadas a partir de silicio, uno de los metaloides más abundantes del mundo (OSINERGMIN, 2019, p.24).

***b.* Tecnología solar térmica.**

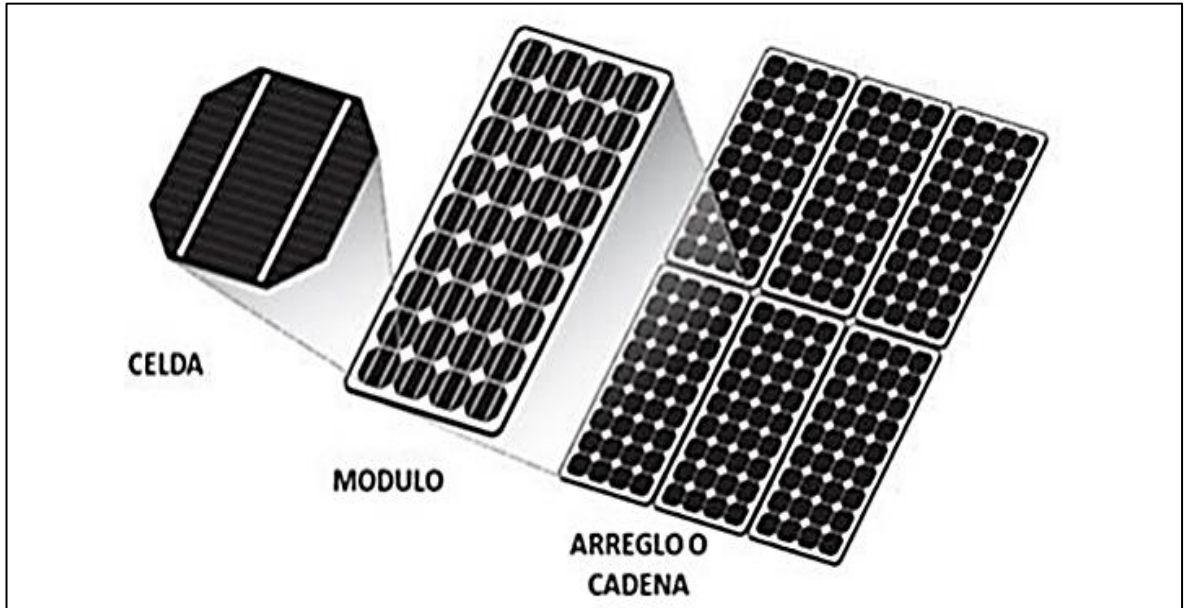
La energía solar térmica utiliza la energía del sol y la convierte en calor a través de un colector o colectores por los que fluye esta energía. (OSINERGMIN, 2019, p.25).

Paneles solares

Están formados por agrupaciones de celdas fotovoltaicas. Estas se conectan en serie para conseguir una tensión de salida de un valor deseado y a su vez conectadas en varias ramas en paralelo para aumentar la corriente (TRITEC, 2017).

Figura 2

Panel solar



Nota: Clasificación de celda, modulo y panel en orden creciente tomado de Gobierno de la Provincia de Santa Fe (2019)

Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

El propósito de seleccionar un sistema fotovoltaico es calcular los componentes del sistema que proporcionan un determinado consumo de energía.

a. Dimensionamiento de paneles

Los paneles solares se componen de unidades más pequeñas llamadas celdas fotovoltaicas.

Existen tres tipos de tecnologías de celdas de silicio:

- Silicio monocristalino: poseen una estructura cristalina uniforme, donde todos los átomos están perfectamente alineados, formando un solo cristal.

- Silicio policristalino: presentan una estructura cristalina ordenada por regiones, en la que sus átomos presentan distintas direcciones.
- silicio amorfo: El material semiconductor se deposita como una fina película sobre diferentes soportes, ayudando a crear módulos rígidos o flexibles.

Figura 3

Tipos de paneles fotovoltaicos



Fuente: TRITEC (2017)

Las celdas fotovoltaicas son el corazón del panel solar, pero no su único componente. Todas las celdas requieren de una superficie sobre la cual montarse e interconectarse (Gobierno de la Provincia de Santa Fe, 2019, p.12).

Figura 4

Comparación de tecnologías fotovoltaicas

Descripción	Silicio Monocristalino	Silicio Policristalino	Silicio Amorfo
Eficiencia típica del módulo	16 - 19 %	14 - 17 %	7 - 8 %
Mejor eficiencia en celdas	25%	21%	13.4%
Área requerida para obtener 1 kWp	6 – 8 m ²	7 – 9 m ²	15 – 17 m ²

Fuente: Gobierno de la Provincia de Santa Fe (2019)

- Cálculo de la potencia del sistema

La potencia característica de un módulo fotovoltaico se expresa en “Watt Pico” (Wp). El panel solar puede generar mayor o menor potencia, según las condiciones ambientales donde se encuentre instalado (Gobierno de la Provincia de Santa Fe, 2019).

$$P_{GFV} = \frac{L_{md}}{HPS_{crit} \times PR \times 1000} \dots\dots\dots (1)$$

Donde,

L_{md} : Consumo medio energético diario

HPS_{crit} : son las horas del sol pico del mes crítico calculado

PR: Factor global de funcionamiento

Para el cálculo tomamos la siguiente fórmula:

$$PSV = \frac{E_{demandada}}{I \times \eta_{sistema}} \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

$E_{demandada}$ es la energía demandada en unidades de kWh/día

I es irradiación mínima tomada en unidades de kWh/m²/día

$\eta_{sistema}$ es la eficiencia del sistema

- **Numero de modulos**

Según AMCOP (2020) muestra lo siguiente:

$$N_T = \frac{P_{GFV}}{P_{MPP}} \dots\dots\dots (3)$$

Donde,

P_{MPP} : Es la potencia pico del módulo en condiciones estándar.

En este caso llamaremos a N_T como $N_{modulos}$, al P_{MPP} como P_{modulo} y al

P_{GFV} como la $P_{sistema}$.

$$N_{modulos} = \frac{P_{sistema}}{P_{modulo}} \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

$P_{sistema}$ es la potencia del sistema (W)

P_{modulo} es la potencia del modulo (W)

b. Dimensionamiento de baterías

Las baterías son la parte más importante de una instalación aislada. En ellas se debe almacenar la energía necesaria para consumir durante el día, con una reserva para un número de días marcados, para no quedarte nunca sin luz disponible.

- **Capacidad nominal de baterías**

La capacidad de las baterías debe de ser:

$$C(kWh) \geq \frac{\text{Consumo}(kWh)}{P_d} \times \text{N}^\circ \text{ días de autonomía}$$

Representandose así a $C(kWh)$ como C_n , al $\text{Consumo}(kWh)$ como C_{md} , a los N° días de autonomía los llamaremos como A y por último al P_d como P_{dmax} .

Entonces se determina con la siguiente fórmula:

$$C_n = \frac{C_{md} \times A}{P_{dmax}} \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

C_{md} es el consumo medio diario

A son los días de autonomía

P_{dmax} es la profundidad de descarga máxima

- **Numero de baterías**

La diferencia entre conectar baterías en serie y en paralelo radica en cómo afecta la tensión y la capacidad total del sistema de baterías. Al conectar baterías en serie, se aumenta el voltaje total, pero la capacidad en amperios-hora permanece igual. Por otro

lado, al conectar baterías en paralelo, se mantiene el voltaje, pero la capacidad en amperios-hora se suma.

Arreglo de baterías (OFF GRID)

En un banco, las baterías se conectan en serie y en paralelo para obtener el voltaje y la capacidad en amperios-hora deseada. La conexión en serie se utiliza para aumentar el valor del voltaje de salida del banco. La conexión de paralelo se utiliza para aumentar la capacidad en amperios-hora del banco (Gobierno de la Provincia de Santa Fe, 2019).

Ventajas de la conexión en PARALELO

- Aumento de la capacidad: Al conectar baterías en paralelo, se suma la capacidad en amperios-hora. Esto es útil para aplicaciones que requieren mucha energía almacenada, como sistemas de respaldo.
- Mayor tiempo de funcionamiento: La conexión en paralelo permite aumentar la capacidad del sistema, lo que a su vez incrementa el tiempo que un equipo puede estar en funcionamiento.

Ventajas de la conexión en SERIE

Al conectar baterías en serie, se aumenta el voltaje total, lo que es ventajoso para aplicaciones que requieren mayor voltaje, como sistemas de energía. Esto facilita un mejor funcionamiento de todo el sistema y permite que las baterías lleguen al 100% de su carga. Lo que a su vez, reduce las pérdidas a lo largo de los cables (Recuperadora de Baterías Extremeña S.L., s.f.).

c. Dimensionamiento del inversor

Un inversor paralelo es un dispositivo que permite que varios inversores trabajen juntos al unísono, esencialmente combinando sus salidas para satisfacer las demandas de energía de su hogar o instalación (PowMr, 2023).

Esto se basa en la comunicación entre inversores en paralelo, que normalmente se logra a través de un bus de comunicación compartido. Este bus facilita el intercambio de datos, lo que permite a los inversores sincronizarse y monitorear el desempeño de cada uno.

Los inversores deben trabajar juntos, asegurándose de que produzcan energía en la misma frecuencia y fase.

- Numero de inversores

La suma de la potencia nominal de los inversores que haya será la potencia nominal del sistema.

$$N_{\text{inversores}} = \frac{P_{\text{propuesto}}}{P_{\text{inveror}}} \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

$P_{\text{propuesto}}$ es la potencia propuesta del inversor (W).

P_{inveror} es la potencia por inversor (W).

2.2.3. Biomasa

Definiciones

La biomasa es la cantidad total de materia biológica en una comunidad ecológica, creada mediante el proceso de fotosíntesis utilizando energía solar. En otras palabras, es una sustancia orgánica que puede utilizarse como fuente de energía (UBA, 2021).

Según el diccionario Larousse “la biomasa es materia orgánica que se produce de forma espontánea o inducida por procesos biológicos y puede utilizarse como fuente de energía” (Larousse Editorial, 2007).

Naturaleza de los residuos orgánicos

Según la FAO (2011) se clasifican en:

Figura 5

Residuos orgánicos de diversos orígenes

Tipos de residuos	Descripción
Residuos de origen animal	Estiércol, orina, guano, camas, residuos de mataderos (sangre y otros), residuos de pescados.
Residuos de origen vegetal	Malezas, rastrojos de cosechas, pajas, forraje en mal estado.
Residuos de origen humano	heces, basura, orina.
Residuos agroindustriales	Salvado de arroz, orujos, cosetas, melazas, residuos de semillas.
Residuos forestales	Hojas, vástagos, ramas y cortezas.
Residuos de cultivos acuáticos	Algas marinas, jacintos y malezas acuáticas.

Nota: Tipología de residuos orgánicos tomado de Varnero & Arellano (1990)

Figura 6

Composición química de diversos residuos de origen animal

Materia Prima	Lípidos (%)	Proteínas (%)	Celulosa Hemicelulosa (%)	Lignina (%)	Ceniza (%)
Bovino	3.23	9.05	32.49	35.57	19.06
Porcino	11.50	10.95	32.39	21.49	23.67
Aves	2.84	9.56	50.55	19.82	17.23
Equino	2.70	5.00	40.50	35.00	17.80
Ovino	6.30	3.75	32.00	32.00	25.95
Caprino	2.00	4.70	34.00	33.00	26.40

Nota: Composición química de los residuos de origen animal (valores promedios, base seca) extraído de Varnero & Arellano (1990).

Figura 7

Rango de niveles de nutrientes en diversos residuos de origen animal

Materia Prima	C (%)	N (%)	P₂O₅ (%)	K₂O (%)	CaO (%)	MgO (%)
Excretas:						
Bovino	17.4 - 40.6	0.3 - 2.0	0.1 - 1.5	0.10	0.35	0.13
Porcino	17.4 - 46.0	1.1 - 2.5	0.4 - 4.6	0.30	0.09	0.1
Caprino	35.0 - 50.0	1.0 - 2.0	0.2 - 1.5	2.30		
Equino	35.0 - 52.0	0.3 - 0.8	0.4 - 1.6	0.35	0.15	0.12
Ovino	35.0 - 46.0	0.3 - 0.6	0.3 - 1.0	0.15	0.33	
Conejos	23.0 - 35.0	1.0 - 1.9	0.9 - 1.8	2.10	0.45	0.15
Aves	28.0 - 35.0	1.4 - 2.0	2.0 - 2.8	1.40	0.80	0.48
Patos	29.0 - 41.0	0.6 - 0.8	1.0 - 1.5	0.40	0.80	
Pavos	17.4 - 41.0	0.6 - 0.8	0.5 - 0.8	1.10	0.80	

Nota: Porcentajes de cada nutriente que contiene los residuos de origen animal tomado de Varnero & Arellano (1990).

Figura 8

Relación carbono y nitrógeno de diversos residuos de origen animal

Residuos Animales	% C	% N	C/N
Bovino	30	1.30	25:1
Equino	40	0.80	50:1
Ovino	35	1.00	35:1
Porcino	25	1.50	16:1
Caprino	40	1.00	40:1
Conejos	35	1.50	23:1
Gallinas	35	1.50	23:1
Patos	38	0.80	47:1
Pavos	35	0.70	50:1

Nota: Valores promedios aproximados de la relación carbono/nitrógeno de algunos residuos de tipo animal tomado de Varnero & Arellano (1990).

Clasificación

Se clasifican en los siguientes:

a. La digestión aeróbica. Procesos realizados por diversos grupos de microorganismos que en presencia de oxígeno actúan sobre la materia orgánica disuelta, transformándola en productos finales inocuos y materia celular (FAO, 2011, p.13).

b. Digestión anaeróbica. La digestión anaeróbica produce entre 400 y 700 litros de gas por kilogramo de volátiles destruidos. El poder calorífico del biogás (por metano) procedente del digester es de aproximadamente 4.500 a 5.600 Kcal/m³ y puede incrementarse eliminando todo o parte del CO₂ contenido en el biogás (FAO, 2011, p.14).

2.2.4. Biogás

Definición.

Es una mezcla de gases que se crea por descomposición microbiana de sustancias orgánicas en ausencia de oxígeno. Está formado por metano (CH_4) en una proporción, que oscila entre un 50% a un 70%, dióxido de carbono (CO_2) y pequeñas cantidades de hidrógeno (H_2), nitrógeno (N_2), oxígeno (O_2) y sulfuro de hidrógeno (H_2S) (García, 2015, p.13).

Parámetros Físico-Químicos de Control.

Tenemos los siguientes parámetros:

Temperatura. Esta depende de varias variables. Hay tres rangos de temperatura en los que pueden operar los microorganismos anaerobios: psicrófilos (por debajo de 25 °C), mesófila (25-45 °C) y termófila (45-65 °C). Como ya se mencionó, trabajar a temperaturas más altas permite tiempos de residencia más cortos además de una metanogénesis más alta (UBA, 2021, p.40).

pH. El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una determinada solución. Es fundamental controlar este factor ya que, como se señaló, el sistema biológico encargado de la generación de biogás (FAO, 2019, p.8).

El pH puede variar como consecuencia de las características de la mezcla que ingresa al biodigestor y debido a los procesos que ocurren allí dentro (Babae & Shayegan, 2011).

Tiempo de retención hidráulica. Esta variable determina el volumen del reactor y se encuentra directamente relacionada con la temperatura y, en consecuencia, con la tecnología a utilizar (FAO, 2019, p. 10).

De acuerdo a los distintos procesos, los TRH pueden ser muy variables:

- Psicrofílicos: de 50 a 120 días.
- Mesofílicos: de 25 a 50 días.
- Termofílicos: de 15 a 25 días.

La FAO (2019) señala que, para determinar el tamaño del biodigestor, es necesario conocer la cantidad diaria de nutrición y la TRH.

$$\text{TRH (días)} \times \text{Cantidad de carga (m}^3/\text{día)} = \text{Volumen útil del biodigestor (m}^3) \dots (1)$$

Velocidad de carga orgánica. Este parámetro indica la cantidad de materia orgánica introducida por unidad de volumen y tiempo.

Relación Carbono/Nitrógeno. La relación carbono/nitrógeno (C/N) expresa la proporción entre esos componentes en un sustrato orgánico (FAO, 2019, p.11).

Contenido en humedad. Un alto contenido de agua generalmente facilita la digestión anaeróbica (UBA, 2021, p.42).

Principios de combustión

La combustión es una reacción química en la cual ocurre una rápida oxigenación/oxidación del biogás. La combustión completa puede ser representada por la siguiente:

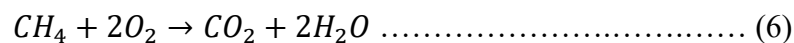


Figura 9

Energía equivalente (Valor Energético) Biogás vs. otros tipos de gases

Valores	Biogás	Gas Natural	Gas Propano	Gas Metano	Hidrog.
Valor Calorífico (kWh/m³)	7	10	26	10	3
Densidad (t/m³)	1.08	0.70	2.01	0.72	0.09
Densidad con respecto al aire	0.81	0.54	1.51	0.55	0.07
Límite de explosión (% de gas en el aire)	6-12	5-15	2-10	5-15	4-80
Temperatura de encendido	687	650	470	650	585
Máxima velocidad de encendido en el aire (m/s)	0.31	0.39	0.42	0.47	0.43
Requerimiento teórico de aire (m³/m³)	6.6	9.5	23.9	9.5	2.4

Nota: Composición promedio del biogás: CH₄ (65%) – CO₂ (35%) tomado de Varnero & Arellano (1990)

Producción de biogás.

Figura 10

Producción de biogás por tipo de residuo animal

Estiércol	Disponibilidad (kg/día)	Relación C/N	Volumen de biogás	
			(m ³ /kg húmedo)	(m ³ //día)
Bovino (500 kg)	10.00	25:1	0.04	0.400
Porcino (50 kg)	2.25	16:1	0.06	0.135
Ovino (32 kg)	1.50	35:1	0.05	0.075
Caprino (50 kg)	2.00	40:1	0.05	0.100
Equino (450 kg)	10.00	50:1	0.04	0.400
Conejo (3 kg)	0.35	23:1	0.06	0.021
Aves (2 kg)	0.18	19:1	0.08	0.014

Nota: Producción de biogás de los residuos orgánicos de animales tomados de Varnero & Arellano (1990)

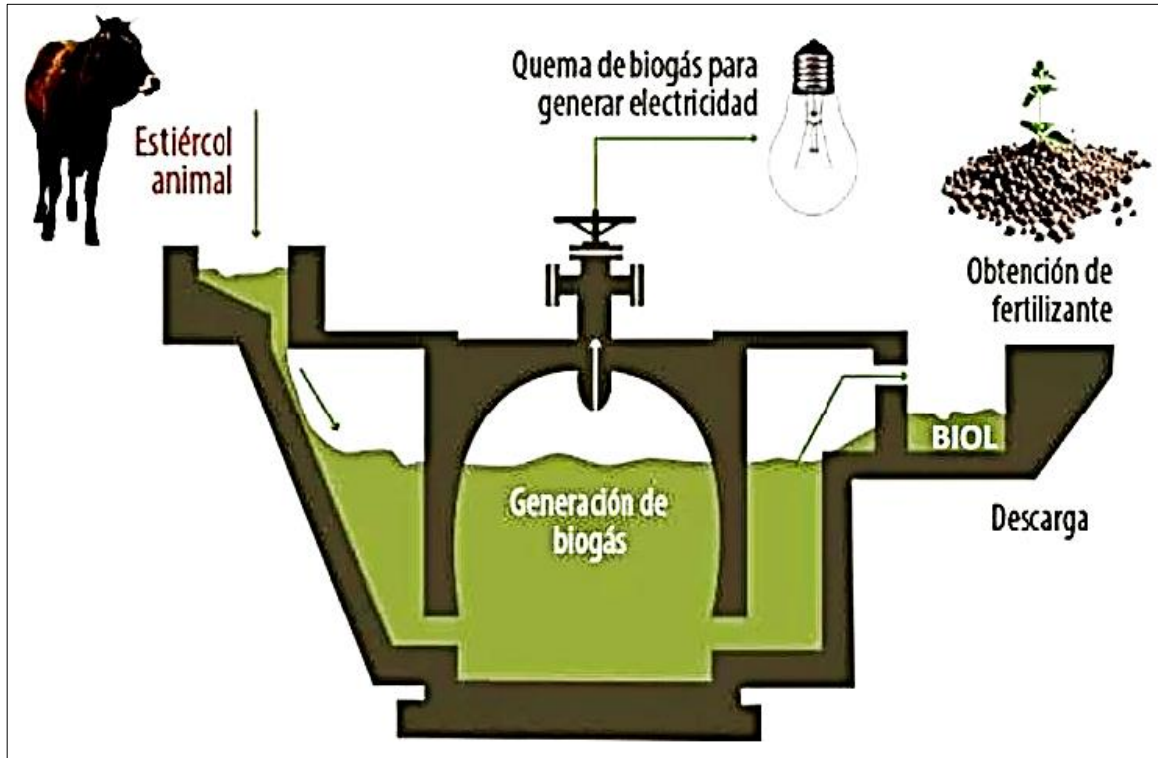
2.2.5. Biodigestores

Definición

Un biodigestor es un recipiente cerrado en el que los microorganismos crecen de forma anaeróbica (sin oxígeno). Protozoos, hongos y bacterias que degradan la materia orgánica disuelta en medios acuosos. Como resultado, se produce biogás. Componentes energéticos para la generación de electricidad, calor, etc. y subproductos formados a partir de suspensiones acuosas y que pueden ser utilizados como fertilizantes orgánicos – biofertilizantes: BIOL y BIOSOL (García, 2015).

Figura 11

Proceso generación de biogás



Nota: Proceso de generación de biogás tomado de García (2015)

Tipos

Los biodigestores pueden ser diseñados a diferentes escalas dependiendo de los objetivos y capacidades de las partes involucradas, la cantidad de materia prima disponible y las necesidades energéticas de los beneficiarios.

a. Biodigestores tubulares, o taiwaneses, o flexibles

Es ampliamente utilizado en Taiwán y se fabrica con diferentes tipos de diafragmas. Difieren en términos de tipo de material, espesor, costo y propiedades (FAO, 2019).

Figura 12

Biodigestor tubular



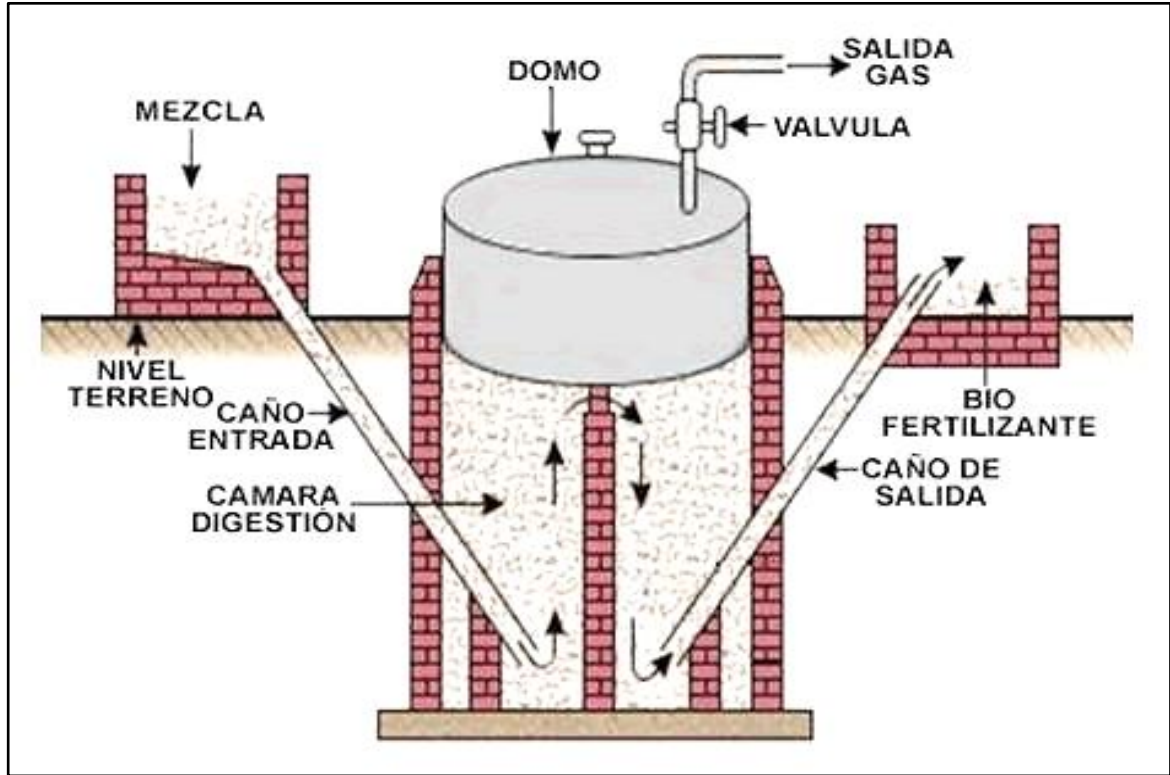
Nota: El biodigestor tubular tomado de Cidelsa, 2023

b. Biodigestores de campana flotante

Este tipo de biodigestor también conocido como tipo hindú, puede ser utilizado cuando se necesite de un abastecimiento continuo de biogás y fertilizante, caracterizándose por funcionar como depósito del gas producido (García, 2015).

Figura 13

Biodigestor tipo hindú o campana flotante



Nota: Esquema del funcionamiento y estructura de un biodigestor tipo campana flotante tomado de García (2015).

c. Biodigestores chinos o rígidos

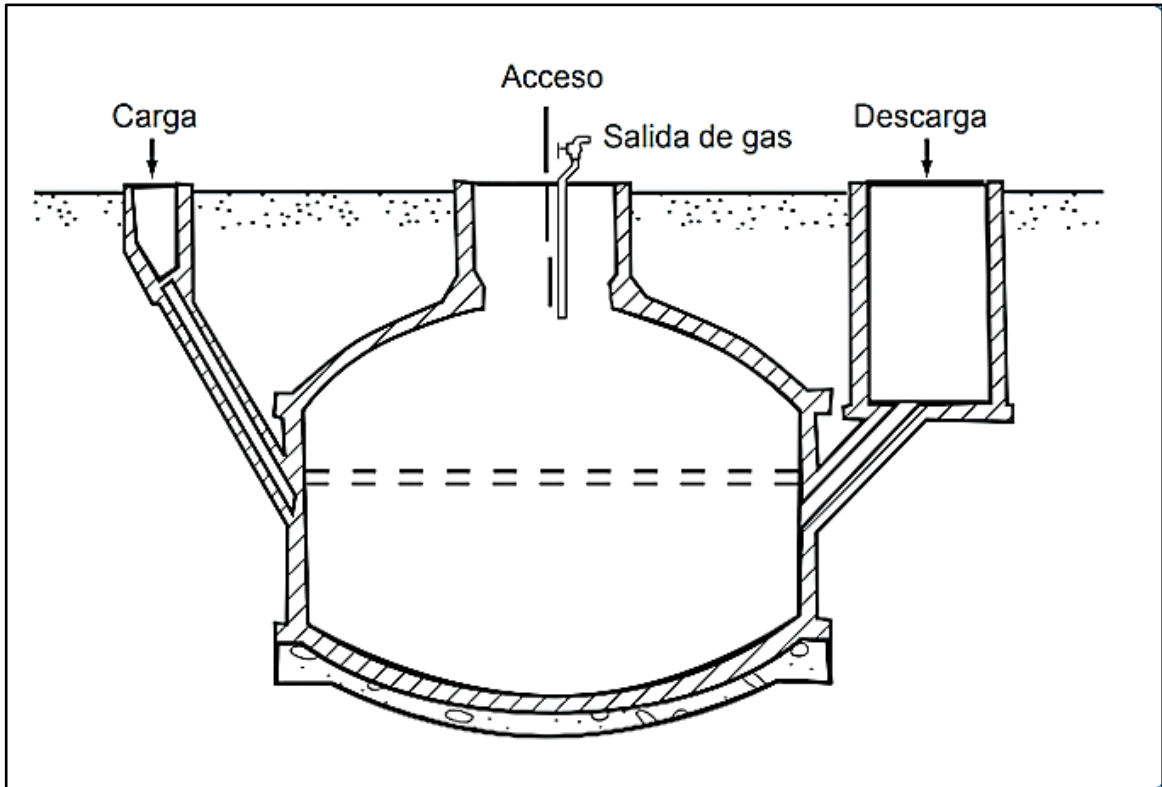
Están hechos de materiales duros como tanques de plástico, ladrillos, hormigón u otros cuerpos deformables. Tienen la ventaja de una construcción más fuerte y posiblemente más duradera y, a menudo, permiten instalar el sistema de agitación sin gran dificultad.

Cada alternativa de tecnología y material tiene muchas posibilidades, dependiendo de la creatividad y el diseño de cada cliente. Esto es evidente por el hecho de que el suelo

puede tener una geometría diferente si incorpora campanas de ventilación, sistemas de agitación, etc. (FAO, 2019)

Figura 14

Biodigestor tipo chino



Nota: Biodigestor tipo chino tomada de FAO (2011).

Comparación de tipos de biodigestores

Figura 15

Características de modelos de biodigestores

CARACTERÍSTICAS	TIPOS DE BIODIGESTORES		
	TUBULAR	CUPULA FLOTANTE	CUPULA FIJA
Vida útil	10-15 años	>15 años	>20 años
Presión de biogás	variable y baja	constante	variable
Fuga de biogás	no es común	no es común	común
Materiales de construcción	plástico PVC (polietileno)	cemento, ladrillo o bloque y acero	cemento, ladrillo o bloque y varilla
Mantenimiento del sistema	bajo	alto	bajo
Ubicación del biodigestor y requerimiento de espacio	semi-enterrado	bajo tierra	bajo tierra totalmente

Nota: Características de modelos de biodigestores tomado de Samayoa , Bueso, & Viquez, (2016).

Diseño de biodigestores tubulares

Martí (2019) señala los siguientes parámetros para un diseño de biodigestor tubular:

Parámetros de diseño

a. Estiércol diario y disponible

El estiércol diario se refiere a la cantidad de estiércol que se genera en la granja, independientemente de si los animales están estabulados o no. Este valor ayuda a comprender el potencial del biogás y los biocombustibles; además, permite estimar cuánto estiércol diario está disponible para cargar en el biodigestor.

El estiércol disponible es el que se puede cargar al biodigestor. De este modo, el estiércol disponible siempre será menor o igual al estiércol diario.

b. Mezcla con agua

Una vez que se sabe cuánto estiércol puede entrar al biodigestor, se debe decidir con qué cantidad mínima de agua mezclarlo. El objetivo de los biodigestores tubulares es garantizar que la entrada del biorreactor (una mezcla de estiércol y agua) contenga entre un 3% y un 16% de sólidos totales (TS). Este es un rango deseable para permitir la carga de cargas con un porcentaje más bajo de sólidos totales. Sin embargo, no se recomiendan valores más altos.

c. Carga diaria al biodigestor

La carga diaria es la cantidad de estiércol y agua mezclados que ingresan al biodigestor cada día. Normalmente se expresa en litros de carga por día (l/d). Para los cálculos se hace una equivalencia entre 1 kg de estiércol y 1 litro de estiércol, asumiendo que el estiércol tiene densidad de 1 kg/l.

De esta forma se debe calcular que la carga diaria será el volumen que ingresa al tanque del biodigestor (la suma de estiércol y agua) y será un parámetro clave para el dimensionado del biodigestor.

d. Temperatura y tiempo de retención

Cuanto mayor es la temperatura, más rápido actúan las bacterias. De esta forma, la temperatura de funcionamiento del biodegradado determina el tiempo necesario para que la población bacteriana procese las heces. Cuanto mayor es la temperatura, menos tiempo tardan las comunidades bacterianas en producir biogás.

e. Calor Especifico (Cv)

Según Carballo, (2018) dice que la cantidad de calor (Q) necesaria para variar la temperatura de una masa (m) de una sustancia es proporcional al cambio en su temperatura (ΔT) y a dicha masa:

$$Q=mc\Delta \dots\dots\dots(7)$$

Donde C es un coeficiente de proporcionalidad.

$$Q=Cpn\Delta \dots\dots\dots (8)$$

Donde:

Q es calor

Cp es Calor a presión constante

ΔT es Variación de temperatura

Producción de energía

El el tratamiento de la obtención de energía está determinado por la cantidad de energía disponible que constituye la biomasa (UBA, 2021).

Métodos de transformación de la biomasa en energía

Como señala la UBA (2021) existen diversas formas o procesos para transformar la biomasa en energía aprovechable. No obstante, las que más se utilizadas son:

a. Procesos de combustión directa: Se utiliza para quemar biomasa para generar calor. Ejemplos de este sistema simple son las estufas, hornos y calderas, etc.

b. Procesos termoquímicos: La biomasa se convierte en productos combustibles mediante procesos de pirólisis o carbonización. La densidad y el poder calorífico del producto final son más altos, lo que lo hace más cómodo de usar y transportar. Los materiales con bajo contenido de humedad (madera, paja, conchas) son los mejores.

c. Procesos bioquímicos: La biomasa humedecida por bacterias en un ambiente anaeróbico se utiliza para generar biogás, un gas combustible producido en un biorreactor.

2.2.6. Sistemas de Energías Híbridas en las Energías Renovables

La energía híbrida consiste en crear un sistema que produce electricidad a partir de dos o más fuentes de energía renovables.

El Centro Europeo de Postgrado señala que cuando dos sistemas de energías renovables trabajan uno junto al otro, la reducción del impacto ambiental es más considerable; es decir, se minimizan los gases contaminantes.

Tipos de Energías Híbridas.

Según el Centro Europeo de Postgrado, las energías híbridas pueden clasificarse de varios tipos:

- Sistemas de sol y viento. El sistema utiliza energía eólica y solar, las dos energías renovables más utilizadas hasta la fecha. Esta combinación crea un panel solar que se agrega a la turbina eólica. De esta manera, produce la energía que necesitan múltiples hogares y negocios.
- Energías híbridas de sol y agua. Es una combinación de energía solar fotovoltaica y energía hidráulica, donde se instalan turbinas hidráulicas en áreas cercanas a lagos y

- agua. Todo esto para aprovechar su poder. Este tipo de sistema de energía híbrido es adecuado para la industria ya que requiere mucha potencia y continuidad.
- Sistemas de agua y viento. Es una combinación de energía eólica y energía hidráulica, donde se instalan turbinas hidráulicas en áreas cercanas a lagos y agua. Todo esto para aprovechar su poder. Este tipo de sistema de energía híbrido es adecuado para la industria ya que requiere mucha potencia y continuidad.
 - Sistemas de biomasa y solares. A la energía producida por la biomasa se suma la energía térmica y fotovoltaica del sol. De esta manera se utiliza la luz del día y se produce energía a partir de ella. Por la noche, la producción de electricidad está asegurada por la biomasa. Los paneles solares se pueden construir en grandes extensiones de terreno con toneladas de residuos orgánicos para uso de biomasa.

Simulación de un sistema híbrido en Homer Pro

El software HOMER Pro es un programa global para optimizar el diseño de microrredes en todos los sectores.

Este software simula el funcionamiento de un sistema realizando cálculos del balance energético en cada paso de tiempo (intervalo) del año.

2.2.7. Indicadores para la evaluación económica

a. B/C

La relación beneficio costo es un término financiero que se utiliza para medir el valor de una inversión.

$$B/C = (VP(B) / VP(C)) \dots\dots\dots (9)$$

Donde:

VP(B) es la suma de los Valores Presentes de los Beneficios

VP(C) es la suma de los Valores Presentes de Costos

b. TIR

La TIR es una medida de la rentabilidad de proyectos o inversiones. Cuanto mayor sea la TIR, mayor será la rentabilidad.

En pocas palabras, podríamos definir la TIR como el porcentaje de ganancias o pérdidas logradas por una inversión.

Y se puede expresar matemáticamente como sigue:

$$\text{Tasa de rentabilidad} = [(\text{Valor final} - \text{valor inicial}) / \text{Valor inicial}] \times 100 \dots (10)$$

c. PAYBACK

Payback es un término económico y se traduce como “plazo de recuperación”.

La fórmula del Payback se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Payback} = \text{Inversión Inicial} / \text{Flujo de Caja Promedio Mensual} \dots (11)$$

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIAL

3.1.1. Tangibles

- Laptop HP
- Impresora EPSON
- Materiales de oficina.
- Libros y otros documentos impresos.

3.1.2. Intangibles (software)

- Homer Pro
- PVGIS version 5.2.
- Hoja de cálculo de Microsoft Excel

3.2. MÉTODO

3.2.1. Método de Investigación

Método deductivo

Conocer las características generales o comunes a una diversidad de realidades, tal y como se obtienen a partir del empleo del método comparativo, para articularlas mediante relaciones de causalidad y formular proposiciones de validez general o leyes científicas.

Se va a considerar características generales del uso de las energías renovables para llegar a conocer hechos particulares como la energía solar y biomasa en la generación de energía.

3.2.2. Tipo de Investigación

Según el objeto de estudio concluimos que la investigación es aplicada, el cual comprende el proceso de transformación del conocimiento teórico en conocimiento

práctico y útil para la vida de la civilización humana. Por ello, se obtiene los conocimientos de biogás y sistemas solares fotovoltaicos para solucionar problemas locales.

3.2.3. Diseño de la Investigación

Enfoque

Esta investigación presenta aspectos cuantitativos y cualitativos por lo que se considera como enfoque mixto. De manera que es cuantitativo debido a que según su característica mide fenómenos, y según el proceso es del tipo deductivo, secuencial y probatorio, dado que analiza la realidad objetiva. En cuanto al enfoque cualitativo el proceso es del tipo inductivo dado que permite conceptualizar el fenómeno objeto del estudio, según lo refiere Sampieri et al. (2010).

Diseño

La investigación pertenece al grupo no experimental, de diseño transeccional y tipo correlacional causal, el cual tiene como objeto conocer el efecto ya sea positivo o negativo que puede producir el cambio de las variables.

Se realizará la observación y recopilación de datos de los recursos solar y residuos orgánicos para analizar el porcentaje óptimo con respecto al potencial energético de cada recurso y así simular un sistema híbrido óptimo que pueda satisfacer las necesidades de dicho lugar.

3.2.4. Población y Muestra

Población: Comprende todas las viviendas y/o pequeñas granjas del distrito de Nepeña.

Muestra:

En esta situación optamos por un muestreo no probabilístico de tipo intencional. Fuentelsaz, Icart, & Pulpón (2006) señalan que se puede seleccionar casos característicos de una población limitando la muestra sólo a estos casos.

En este caso seleccionamos como muestra a los AA. HH. Virgen de Guadalupe, Bellavista y Villa Hermosa del distrito de Nepeña.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Para la recolección de los datos se utilizó la técnica e instrumento siguiente:

Tabla 1

Técnicas e instrumentos

Técnicas	Instrumentos
Observación directa	Guías y cámara fotográfica.
Entrevista	Guía de entrevista a pobladores ganaderos del distrito.

Técnicas

Durante el desarrollo de la investigación se utilizaron las siguientes:

Observación directa: Esta técnica nos permitió observar y registrar el detalle de las características eléctricas como su demanda, las cantidades de viviendas, además de los desechos orgánicos en el distrito de Nepeña.

Entrevistas: Entrevistamos a los pobladores del lugar de prueba para conocer las demandas del lugar, y a los ganaderos para recolectar datos del recurso de biomasa (residuos orgánicos).

Instrumentos

El instrumento utilizado en este estudio fue una guía de entrevista, que es una serie de preguntas estructuradas y enfocadas según la operacionalización de variables y objetivos.

3.4. UBICACIÓN

El lugar de estudio se ubica en el distrito de Nepeña, provincia del Santa, departamento de Ancash.

Figura 16

Características del lugar de estudio

Ítem	Dato
Departamento	ANCASH
Provincia	SANTA
Distrito	NEPEÑA
Centro poblado	San Jacinto
Latitud Sur	9° 8' 48.2" S (-9.14673091000)
Longitud Oeste	78° 16' 43.3" W (-78.27868603000)
Altitud	266 m s. n. m.
Huso horario	UTC-5

Nota: Latitud, longitud y huso horario se tomaron del software Homer Pro.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Cuantificación de los Residuos Orgánicos

Gracias a la biodiversidad que tiene el distrito de Nepeña, se cuenta con importantes cantidades de recursos orgánicos que pueden ser utilizadas para generación de energía eléctrica.

Se procedió con las visitas y entrevistas a los pobladores ganaderos, obteniendo datos de la cantidad de animales que tiene el distrito de Nepeña. Con la recopilación de datos tenemos los siguientes resultados:

Tabla 2

Cantidad de animales por cada centro poblado del distrito de Nepeña

Centros Poblados	Tipo de Animales						Total
	Bovino	Porcino	Ovino	Caprino	Cuyes	Aves	
Nepeña	15	40	20	10	400	400	885
San Juan	8	15	10	6	70	90	199
Motocachy	5	10	6	5	50	70	146
Maquina Nueva	5	5	5	5	30	30	80
Maquina Vieja	6	15	8	5	40	40	114
San Jacinto	40	140	45	20	3200	1200	4645
San José	5	90	5	5	250	150	505
La Grama	12	10	15	8	70	120	235
Cerro Blanco	10	20	8	5	100	90	233
Capellanía	10	10	10	12	60	100	202
Huacatambo	10	10	6	5	80	100	211

Nota: Cantidad de animales tomados de cada centro poblado del distrito de Nepeña.

Tabla 3*Total de animales del distrito de Nepeña*

Residuos Orgánicos	Fuente	Cantidad
Origen Animal	Bovino	126
	Porcino	365
	Ovino	138
	Caprino	86
	Cuyes	4350
	Aves	2390
TOTAL		7455

Nota: Cantidad total de animales que generan residuos orgánicos en el distrito de Nepeña.

Figura 17*Producción de biogás por tipo de residuo animal*

Estiércol	Disponibilidad (kg/día)	Relación C/N	Volumen de biogás	
			(m³/kg húmedo)	(m³//día)
Bovino (500 kg)	10.00	25:1	0.04	0.400
Porcino (50 kg)	2.25	16:1	0.06	0.135
Ovino (32 kg)	1.50	35:1	0.05	0.075
Caprino (50 kg)	2.00	40:1	0.05	0.100
Equino (450 kg)	10.00	50:1	0.04	0.400
Conejo (3 kg)	0.35	23:1	0.06	0.021
Aves (2 kg)	0.18	19:1	0.08	0.014

Nota: Producción de biogás de los residuos orgánicos de animales tomados de Varnero & Arellano (1990)

Cálculo del Potencial Energético de los Residuos Orgánicos

- **Cálculo de la cantidad total de estiércol:** Para determinar el total de estiércol que se puede aprovechar se tomara la siguiente formula:

$$\text{Cantidad total de estiércol} = \text{Numero de animales} \times \text{cantidad de estiércol por animal}$$

- **Cálculo del potencial energético:** Para el cálculo se tomará la siguiente formula:

$$\text{Producción diaria de biogás (m}^3 \text{ biogás/día)} = \text{Cantidad de efluentes diarios (m}^3 \text{ efluente/día)} \times \text{equivalente producción de biogás para ese efluente (m}^3 \text{ biogás/m}^3 \text{ efluente)}$$

Tabla 4

Cantidad total diaria del biogás

Especie	Cantidad de Excreta (Kg)	Biogás (m³)
Bovino (500 kg)	1260	50.4
Porcino (50 kg)	821.25	49.28
Ovino (32 kg)	207.00	10.35
Caprino (50 kg)	172.00	8.60
Cuyes (1 kg)	870.00	52.20
Aves (2 kg)	430.20	34.42
TOTAL	3760.45	205.24

4.1.2. Dimensionamiento del Biodigestor

Selección del Tipo de Biodigestor

Para la selección del biodigestor a diseñar nos hemos basado en un cuadro comparativo tomando en cuenta los diferentes criterios como son los factores humanos, biológicos, físicos y de construcción. Entonces el biodigestor a construir para nuestro criterio y la disponibilidad del espacio y los recursos económicos es el tubular.

Cantidad total de estiércol

$$\text{Cantidad total de estiércol} = \mathbf{3760.45 \text{ kg}}$$

Cantidad total de biogás

$$\text{Producción diaria de biogás (m}^3 \text{ biogás/día)} = \mathbf{205.24 \text{ m}^3 \text{ biogás/día}}$$

Cantidad total de agua requerida

Para el estiércol estimamos según para cada tipo de animal una relación de 1:2.

$$\text{Cantidad de agua} = \mathbf{7520.90 \text{ kg}}$$

Cantidad total de mezcla

$$\text{VM} = \text{cantidad total de estiércol} + \text{cantidad total de agua}$$

$$\text{VM} = 3760.45 \text{ kg} + 7520.90 \text{ kg} = \mathbf{11281.35 \text{ kg}}$$

$$\text{VM} = \mathbf{15.67 \text{ m}^3}$$

Cálculo del volumen del biodigestor

El volumen del digestor (VD) se determina a partir del tiempo de retención hidráulica (TR) y la cantidad de mezcla diario introducido (VM):

$$\text{VD (m}^3 \text{)} = \text{TR (días)} \times \text{VM (m}^3 \text{/día)}$$

$$\text{VD (m}^3 \text{)} = 50 \text{ días} \times 15.67 \text{ m}^3$$

$$\text{VD (m}^3 \text{)} = \mathbf{783.43 \text{ m}^3}$$

Tabla 5

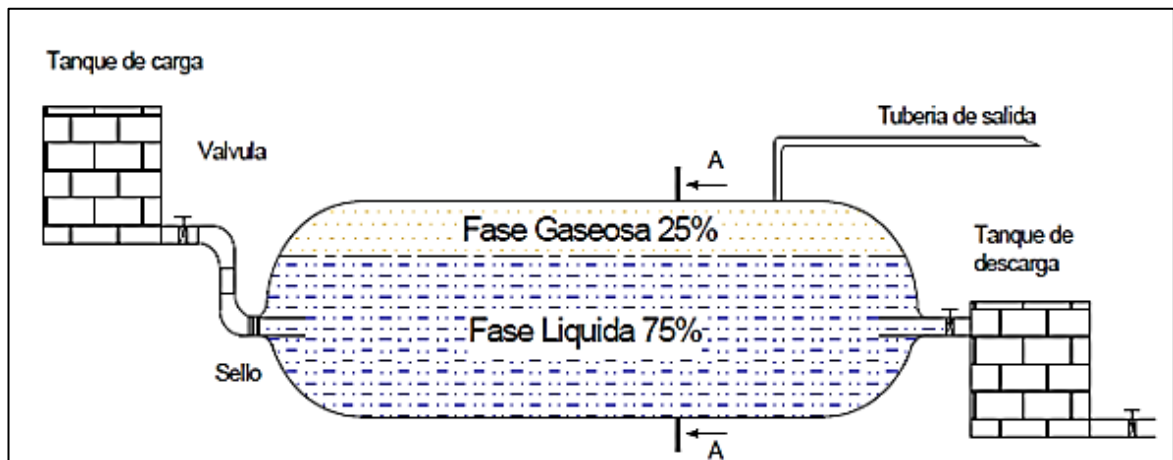
Tiempo de fermentación de la materia orgánica

Fermentación	Temperatura optima (°C)	Tiempo de retención (días)
Psicrophilica	15-18 °C	100
Mesophilica	25-35°C	50
Thermophilica	50-60 °C	15

Nota: Tiempo de fermentación orgánica con relación a temperaturas optimas tomado de FAO (2011)

Figura 18

Biodigestor tubular



Nota: Esquema general del biodigestor tubular tomado de Chungandro N. & Manitio C., 2010).

Tabla 6

Capacidad del biodigestor

Fase	Porcentaje de Participación	Volumen (m^3)
Fase líquida	75%	783.43
Fase gaseosa	25%	261.14
Capacidad total del biodigestor	100%	1044.57

4.1.3. Cálculo del Recurso Solar

Irradiación solar en el centro poblado San Jacinto

Para el cálculo del sistema fotovoltaico se debe tener en cuenta una información fundamental, la cual es la “hora pico de sol” o HPS.

Tabla 7*Irradiación solar C.P. San Jacinto*

Meses	Horizontal global (kWh/m²/day)	Horizontal diffuse (kWh/m²/day)	Ambient Temper. (°C)
Jan.	6.56	2.25	20.2
Feb.	5.18	2.69	20.8
Mar.	5.51	2.31	20.6
Apr.	6.05	1.65	20.8
May	5.55	1.47	19.7
June	4.88	1.39	19.8
July	4.84	1.41	18.3
Aug.	5.75	2	18.8
Sep.	6.28	1.51	18.2
Oct.	6.62	2.07	17.3
Nov.	6.96	2.15	18.5
Dec.	6.25	2.55	19.0
Anual	5.87	1.95	19.3

Nota: Se toma como referencia el mes con menor índice de irradiación horizontal global.

Datos tomados del programa PVGIS 5.2

Luego de convertir la menor irradiación horizontal global del año a HSPcrit y tomar en cuenta la eficiencia del sistema se procede a contrastar con cada potencia requerida según las combinaciones propuestas para poder hallar la potencia requerida por el sistema fotovoltaico, con este dato dividimos entre la potencia de cada panel previamente establecido para llegar al número de paneles, luego tomamos la energía demandada transformando previamente en Ah y tomando en cuenta factores como los días de autonomía y el poder de descarga de las mismas hallaremos la capacidad en baterías que

debe obtener el sistema, y finalmente la potencia de los inversores debe ser igual a la potencia demandada del sistema, esto se repite en cada una de las propuestas o porcentajes.

4.1.4. Estimación de la Demanda Energética

Estimamos la demanda energética por vivienda y tomamos a los AA. HH. Virgen de Guadalupe, Bellavista y Villa Hermosa ubicados en el distrito de Nepeña que carecen de energía eléctrica.

Tabla 8

Demanda energética por vivienda

UTILIDAD (Usuario representativo)	Potencia (W)	N°	CS	Horas Uso	Energía Diaria (kWh)
Iluminación					
Sala	12	1	1	5	0.060
Dormitorio 1	12	1	1	3	0.036
Dormitorio 2	12	1	1	3	0.036
Baño 1	12	1	1	1	0.012
Equipos o artefactos eléctricos					
Refrigeradora	200	1	0.8	10	1.600
Televisor/radio	100	1	0.5	4	0.200
Equipo de sonido	80	1	0.4	1	0.032
Total	428				1.976

Energía diaria demandada

Total de energía diaria demandada = cantidad de viviendas de la muestra x energía diaria
por vivienda

Total de energía diaria demandada = 320 viviendas x 1.976 kW = 632.32 kW/día

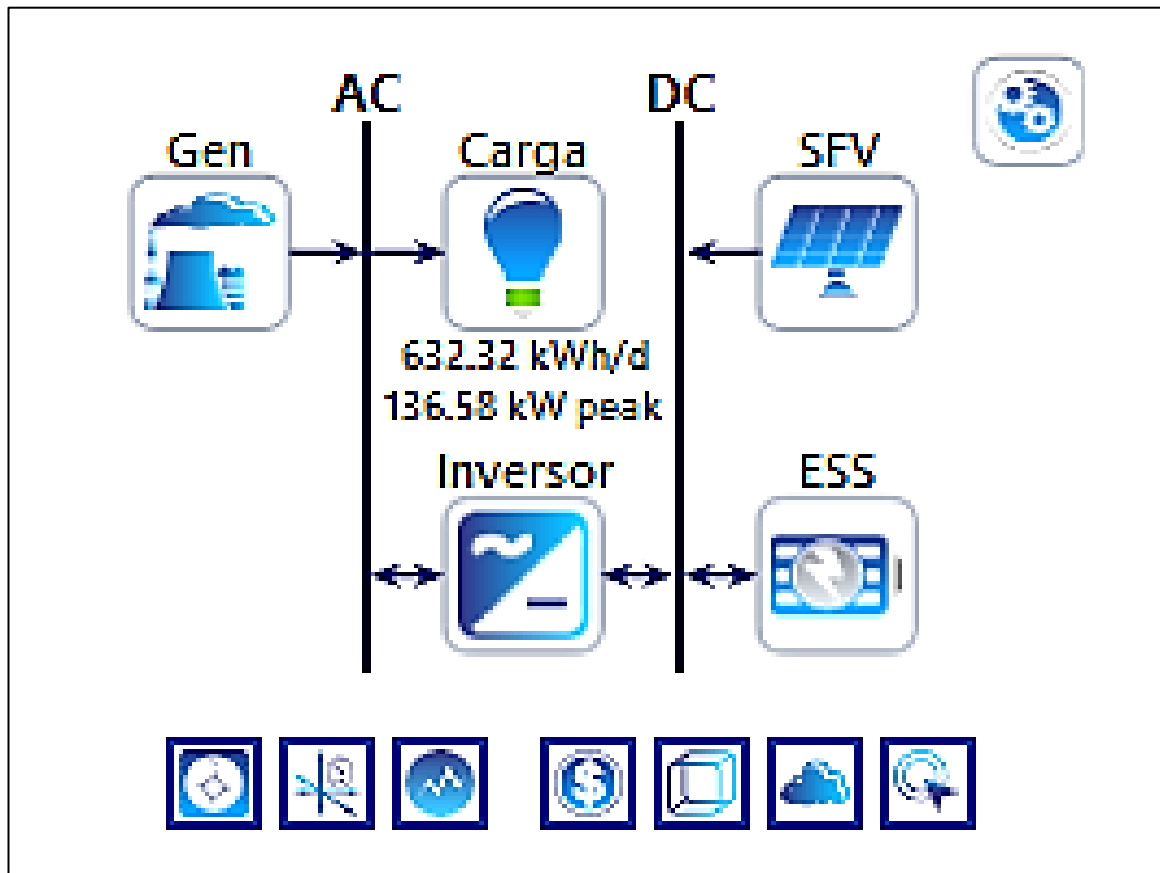
4.1.5. Propuesta en los Diferentes Porcentajes de Participación en un sistema híbrido

Se realizaron las simulaciones con el software HOMER PRO.

A continuación, tenemos el grafico del sistema híbrido fotovoltaico-biogás:

Figura 19

Sistema Híbrido Fotovoltaico-Biogás



Nota: Grafico del sistema híbrido con sus diversos componentes tomado del software HOMER PRO.

Primero introducimos las coordenadas del lugar de estudio.

Figura 20

Lugar de estudio



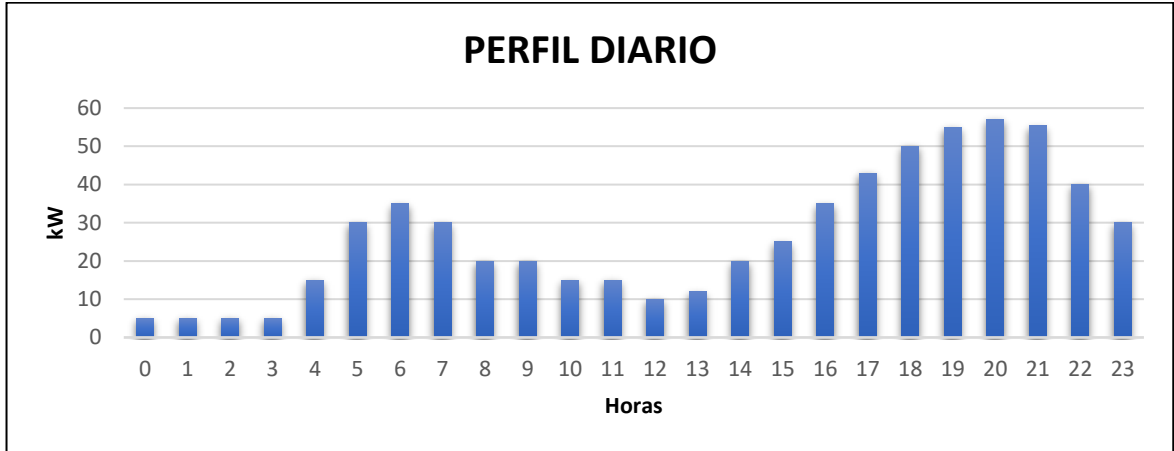
Segundo, se ingresó los datos calculados y hallados de los recursos de la biomasa y solar.

Tercero, con la estimación de la demanda energética, ingresamos al HOMER PRO y colocamos los datos, así mismo muestra el perfil diario, estacional y anual.

El perfil de carga seleccionado será generado por el software HOMER PRO como un perfil genérico residencial. El perfil diario toma datos del consumo de carga eléctrica durante el día que tiene 24 horas. El perfil estacional toma datos del consumo de carga eléctrica durante los meses del año. El perfil anual toma datos del consumo de carga eléctrica durante los 365 días del año.

Figura 21

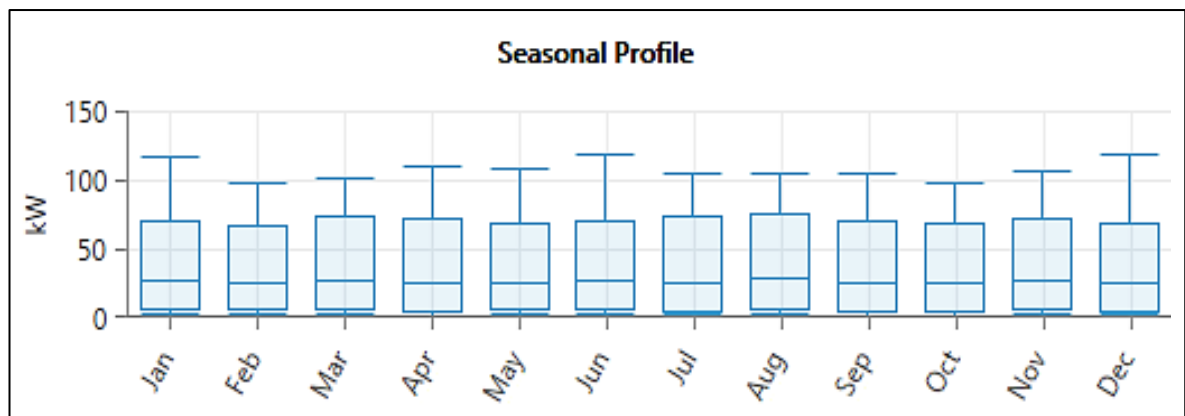
Perfil diario



Nota: Muestra los consumos de energía eléctrica durante las 24 horas del día en los asentamientos humanos Villa Hermosa, Bellavista y Virgen de Guadalupe del distrito de Nepeña en el caso de que cuenten con el servicio.

Figura 22

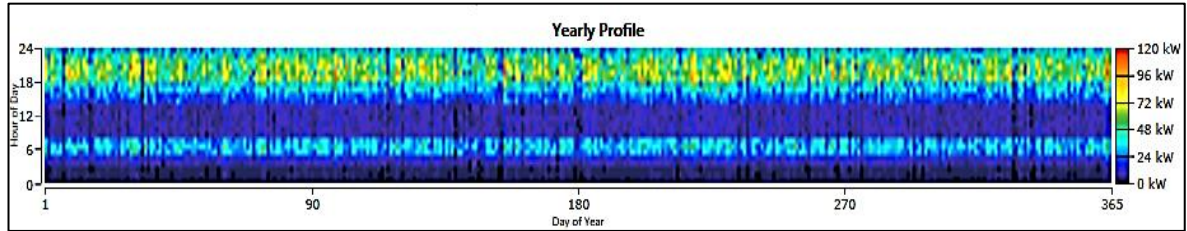
Perfil estacional



Nota: Muestra el consumo de carga eléctrica respecto a los meses del año.

Figura 23

Perfil anual



Nota: Muestra el consumo de carga eléctrica respecto a los días del año.

Estos perfiles de cargas muestran el consumo de la carga eléctrica diaria, mensual y anual.

Con estos datos ingresados, se comenzó la simulación con las siguientes participaciones:

Para 70 % Residuos Orgánicos - 30% Recurso Solar

Primero ingresamos datos de los recursos de la biomasa (estiércol disponible) y solar (radiación solar) en el software HOMER PRO.

Para ello realizamos cálculos y tomamos datos previos como energía demandada, radiación solar, eficiencia del sistema y selección del módulo fotovoltaico.

Tabla 9

Resumen del Sistema fotovoltaico


Ítems	Valor	Unidades
Energía Demandada	189.70	kWh/día
Irradiación	4.84	kWh/m ² /día
η del sistema	0.72	
Potencia del Sistema	55	kWp
Potencia del módulo	550	Wp
Número de módulos	100	UND

La energía demandada proviene de la demanda energética estimada, tomándose solo el porcentaje de participación de la energía solar en el sistema híbrido. Asimismo, la potencia del sistema es la energía demanda entre los valores de irradiación por la eficiencia del sistema. Seleccionamos el módulo a utilizar para la obtención del número total de módulos fotovoltaicos.

En la tabla 9 muestra el resumen de todos los datos para el sistema fotovoltaico. Luego seleccionamos los componentes para el sistema híbrido, tal como el panel fotovoltaico, baterías, inversor y generador con sus respectivas características.

Figura 24

Panel solar

PVName:

Properties

Name: **Generic flat plate PV**

Abbreviation: **SFV**

Panel Type: **Flat plate**

Rated Capacity (kW): **55**

Temperature Coefficient: **-0.3500**

Operating Temperature (°C): **47**

Efficiency (%): **21.28**

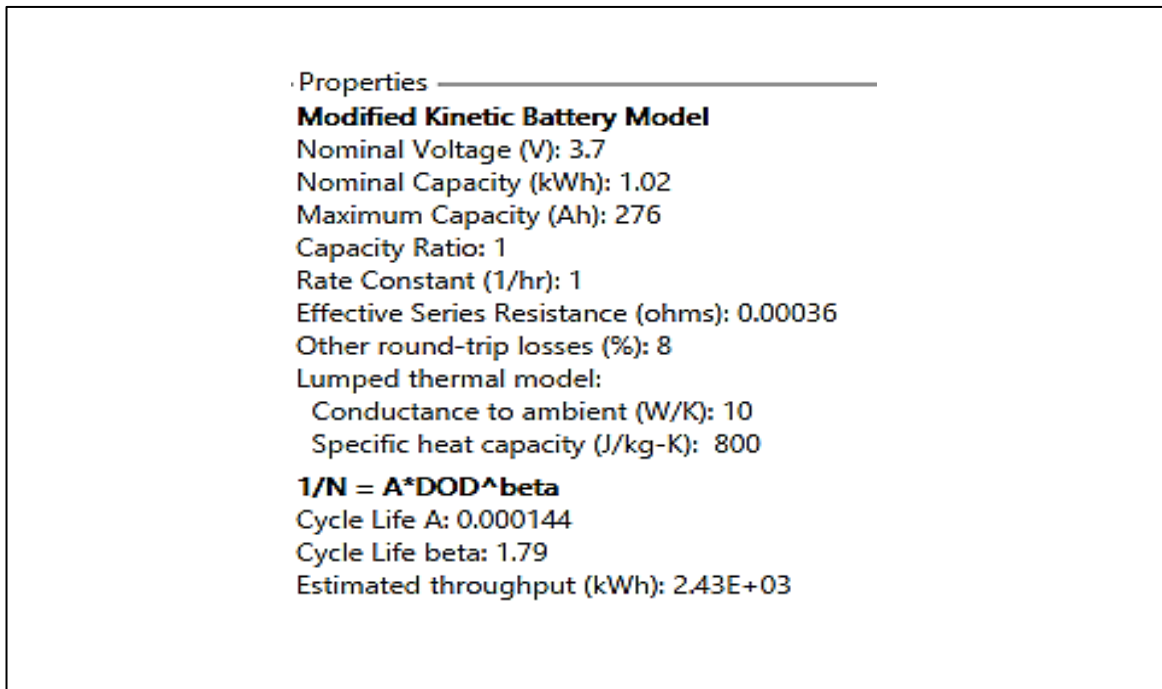
Nota: Elemento del sistema híbrido fotovoltaico-biogás y sus características.

Se seleccionó paneles de 550 W con sus respectivas características por las dimensiones y costos del sistema.

En cálculos de acuerdo a la demanda se obtuvo la potencia total de instalación de 55 kW y con una cantidad de 100 paneles FV según el porcentaje de participación del sistema fotovoltaico (30% recurso solar).

Figura 25

Batería



Nota: Elemento del sistema híbrido fotovoltaico-biogás y sus características.

Figura 26

Inversor

Costs			
Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
1	\$300.00	\$300.00	\$100.00
Click here to add new item			
Multiplier: (-) (-) (-)			

Capacity Optimization

HOMER Optimizer™

Search Space

Advanced

Inverter Input

Lifetime (years): (-)

Efficiency (%): (-)

Parallel with AC generator?

Rectifier Input

Relative Capacity (%): (-)

Efficiency (%): (-)

Nota: Elemento del sistema hibrido fotovoltaico-biogás.

Figura 27

Generador

GENERATOR Name: Abbreviation:

Properties

Name: Generic Biogas Genset (size-your-own)

Abbreviation: Gen

Manufacturer: Generic

www.homerenergy.com

Costs

Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/op. hr)
1	\$1,000.00	\$1,000.00	\$0.050
Click here to add new item			
Multiplier: (-) (-) (-)			

Sizing

Size (kW)
150

Site Specific Input

Minimum Load Ratio (%): (-) CHP Heat Recovery Ratio (%): (-)

Lifetime (Hours): (-) Minimum Runtime (Minutes): (-)

Biogas Fuel Price (\$/kg): (-) Initial Hours

Electrical Bus

AC DC

Nota: Elemento del sistema hibrido fotovoltaico-biogás.

Se seleccionó la potencia de generador de 150 kW previo al análisis del recurso orgánico animal obtenido y por consiguiente cantidad de biogás disponible para poner en marcha dicho generador.

Luego obtuvimos los costos de cada componente y sistema híbrido global.

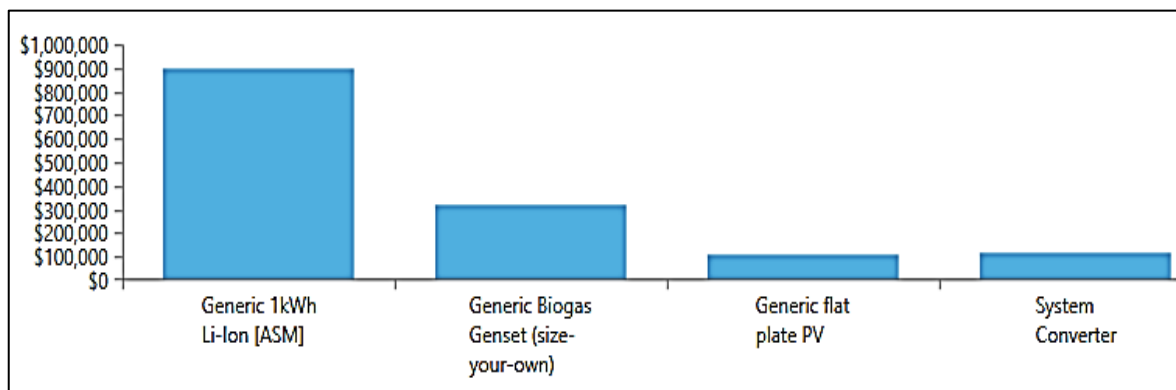
Tabla 10

Costo total del sistema híbrido

Componente	Capital	Reemplazo	O&M	Total (\$)
Batería	\$521,111.11	\$273,302.18	\$105,358.12	\$899,771.41
Generador	\$150,000.00	\$71,840.94	\$107,245.99	\$318,909.75
Paneles FV	\$55,000.00	\$0.00	\$59,807.65	\$111,782.00
Inversor	\$24,750.00	\$9,400.36	\$89,711.47	\$119,323.36
Sistema	\$750,861.11	\$354,543.47	\$362,123.24	\$1,449,786.53

Figura 28

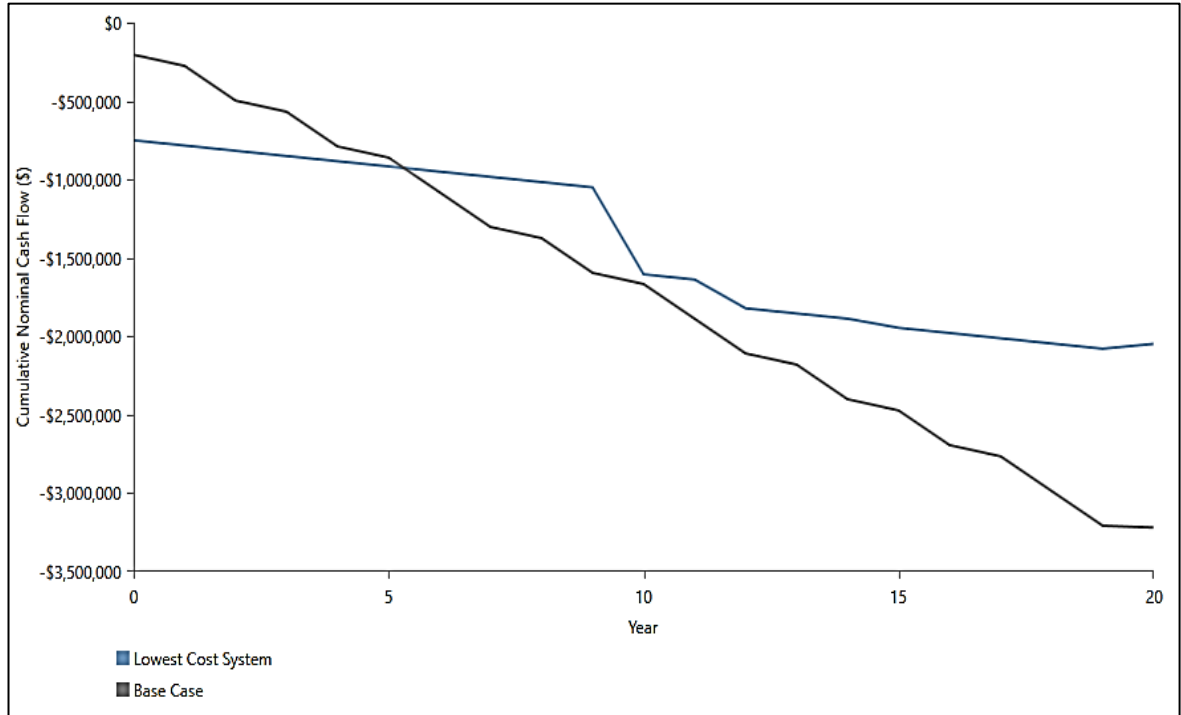
Costo total



Nota: Grafico de los costos totales de cada componente del sistema híbrido.

Figura 29

Comparación económica



Nota: Comparación del sistema base y lo propuesto.

Figura 30

Comparación económica

Architecture									Cost	
Warning	Solar	Wind	Battery	Inverter	SFV (kW)	Gen (kW)	ESS	Inversor (kW)	NPC (\$)	Initial capital (\$)
Warning	Solar	Wind	Battery	Inverter	55.0	150		0.258	\$1.87M	\$205,077
	Solar	Wind	Battery	Inverter	55.0	150	1,200	82.5	\$1.45M	\$750,861

Nota: Comparación de componentes y costos del sistema.

Como se visualiza en la figura 30, tenemos una comparación del sistema base del programa y el sistema propuesto.

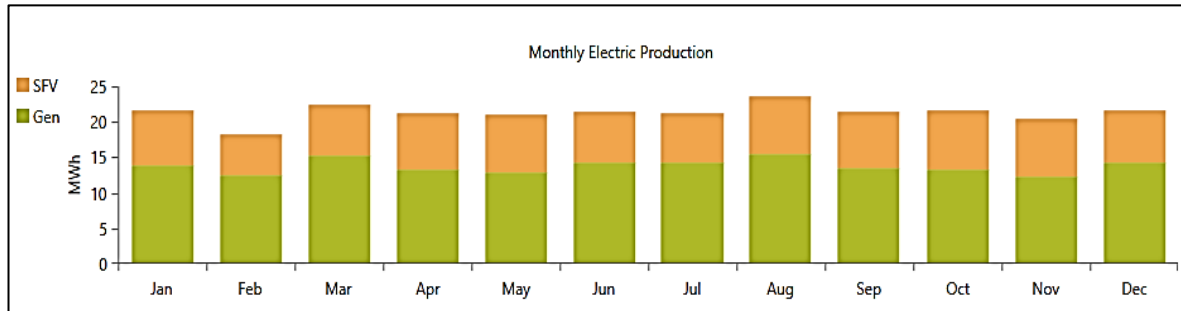
Tabla 11

Evaluación económica

Métrico	Valor
Valor Presente (\$)	415,882
Valor Anual (\$/yr)	38,245
Retorno de la Inversión (%)	10.7
Tasa Interna de Retorno (%)	15.5
Payback (yr)	5.30

Figura 31

Producción eléctrica

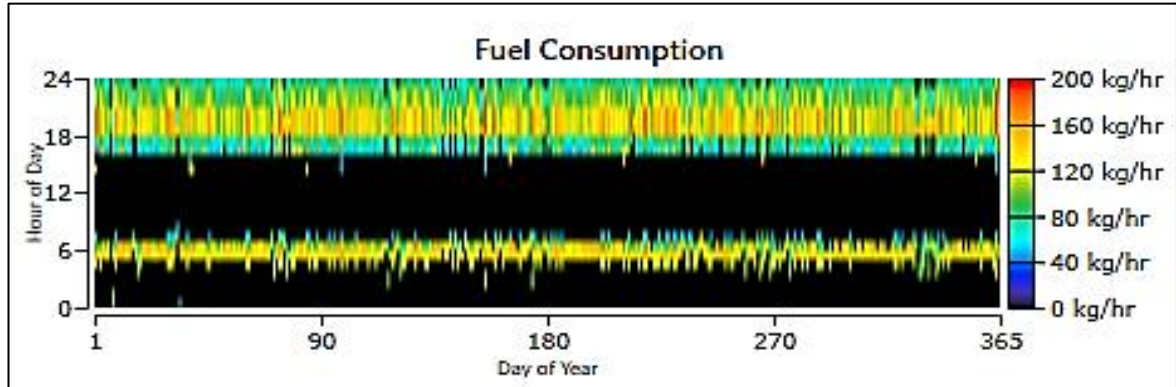


Nota: Producción eléctrica por meses del año.

En la figura 31 tenemos el grafico de porcentaje de participación de los sistemas fotovoltaico y biogás (30% y 70%) respecto a los meses del año.

Figura 32

Resumen de consumo combustible



Nota: Consumos de combustible por días del año.

Para 60 % Residuos Orgánicos - 40% Recurso Solar

Se ingresaron datos de los recursos de la biomasa (estiércol disponible) y solar (radiación solar) en el software HOMER PRO.

Se realizó cálculos y toma de información previo como energía demandada, radiación solar, eficiencia del sistema y selección del módulo fotovoltaico.

Tabla 12

Resumen del Sistema fotovoltaico

Ítems	Valor	Unidades
Energía Demandada	252.93	kWh/día
Irradiación	4.84	kWh/m ² /día
η del sistema	0.72	
Potencia del Sistema	72.6	kWp
Potencia del módulo	550	Wp
Número de módulos	132	UND

La energía demandada proviene de la demanda energética estimada, tomándose solo el porcentaje de participación de la energía solar en el sistema híbrido. Asimismo, la potencia del sistema es la energía demanda entre los valores de irradiación por la eficiencia del sistema. Seleccionamos el módulo a utilizar para la obtención del número total de módulos fotovoltaicos.

Figura 33

Panel solar

Properties
Name: Generic flat plate PV
Abbreviation: SFV
Panel Type: Flat plate
Rated Capacity (kW): 72.6
Temperature Coefficient: -0.3500
Operating Temperature (°C): 47
Efficiency (%): 21.28

Nota: Elemento del sistema híbrido fotovoltaico-biogás y descripción de sus características.

Se seleccionó paneles de 550 W con sus respectivas características y en cálculo de acuerdo a la demanda se obtuvo la potencia total de instalación de 72.6 kW y con una cantidad de 132 paneles FV según el porcentaje de participación del sistema fotovoltaico (40% recurso solar).

Figura 34

Batería

Properties

Modified Kinetic Battery Model

Nominal Voltage (V): 3.7
 Nominal Capacity (kWh): 1.02
 Maximum Capacity (Ah): 276
 Capacity Ratio: 1
 Rate Constant (1/hr): 1
 Effective Series Resistance (ohms): 0.00036
 Other round-trip losses (%): 8
 Lumped thermal model:
 Conductance to ambient (W/K): 10
 Specific heat capacity (J/kg-K): 800

$1/N = A \cdot DOD^\beta$
 Cycle Life A: 0.000144
 Cycle Life beta: 1.79
 Estimated throughput (kWh): 2.43E+03

Nota: Elemento del sistema hibrido fotovoltaico-biogás.

Figura 35

Inversor

Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)	
1	\$300.00	\$300.00	\$100.00	X
Click here to add new item				

Multiplier: [] [] []

Capacity Optimization

- HOMER Optimizer™
- Search Space
- Advanced

Inverter Input

Lifetime (years): [15.00] []

Efficiency (%): [95.00] []

Parallel with AC generator?

Rectifier Input

Relative Capacity (%): [100.00] []

Efficiency (%): [95.00] []

Nota: Elemento del sistema hibrido fotovoltaico-biogás.

Figura 36

Generador

GENERATOR Name: Generic Biogas Genset (siz) Abbreviation: Gen

Properties
 Name: Generic Biogas Genset (size-your-own)
 Abbreviation: Gen
 Manufacturer: Generic
www.homerenergy.com

Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/op. hr)
1	\$1,000.00	\$1,000.00	\$0.050

Click here to add new item

Multiplier: (-) (-) (-)

Site Specific Input
 Minimum Load Ratio (%): 25.00 (-) CHP Heat Recovery Ratio (%): 0.00 (-)
 Lifetime (Hours): 15,000.00 (-) Minimum Runtime (Minutes): 0.00 (-)
 Biogas Fuel Price (\$/kg): 1.000 (-) Initial Hours 0.00

Sizing
 Size (kW): 150

Electrical Bus
 AC DC

Nota: Elemento del sistema hibrido fotovoltaico-biogás.

Se seleccionó la potencia de generador de 150 kW según el recurso orgánico animal obtenido. Luego obtenemos los costos de cada componente y sistema hibrido global.

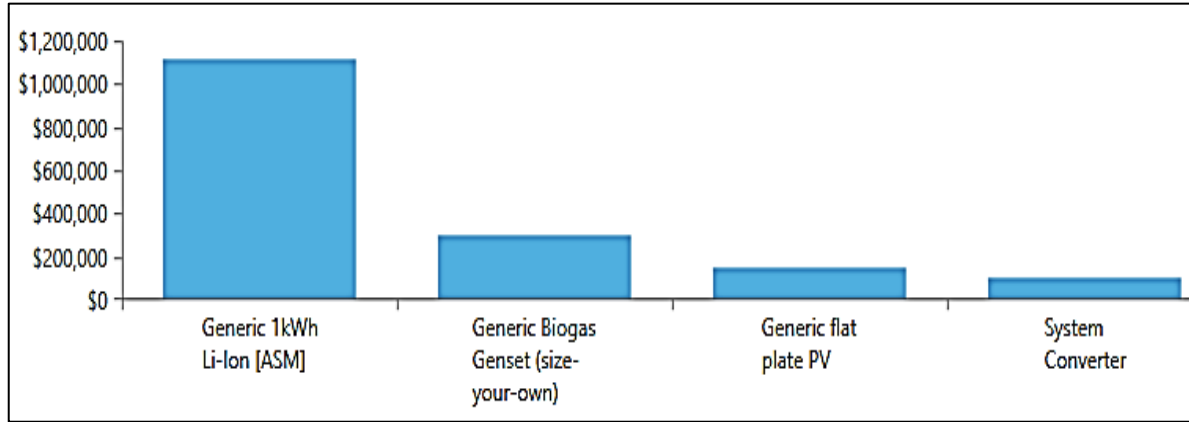
Tabla 13

Costo total del sistema hibrido

Componente	Capital	Reemplazo	O&M	Total (\$)
Batería	\$644,444.44	\$337,985.64	\$131,093.54	\$1,113,523.62
Generador	\$150,000.00	\$66,721.57	\$97,459.28	\$297,402.27
Paneles FV	\$72,600.00	\$0.00	\$78,946.10	\$147,552.24
Inversor	\$22,125.00	\$8,403.35	\$80,196.62	\$106,667.85
Sistema	\$889,169.44	\$413,110.56	\$387,695.54	\$1,665,145.99

Figura 37

Costo total



Nota: Costos totales de cada componente del sistema híbrido.

Figura 38

Comparación económica

Architecture										Cost	
Warning	PV	Wind	Battery	Inverter	SFV (kW)	Gen (kW)	ESS	Inversor (kW)	NPC (\$)	Initial capital (\$)	
Warning	PV	Wind	Battery	Inverter	72.6	150		0.277	\$1.90M	\$222,683	
	PV	Wind	Battery	Inverter	72.6	150	1,500	73.7	\$1.67M	\$889,169	

Nota: Comparación de componentes y costos del sistema.

En la figura 38 observamos la comparación económica del sistema base y del propuesto.

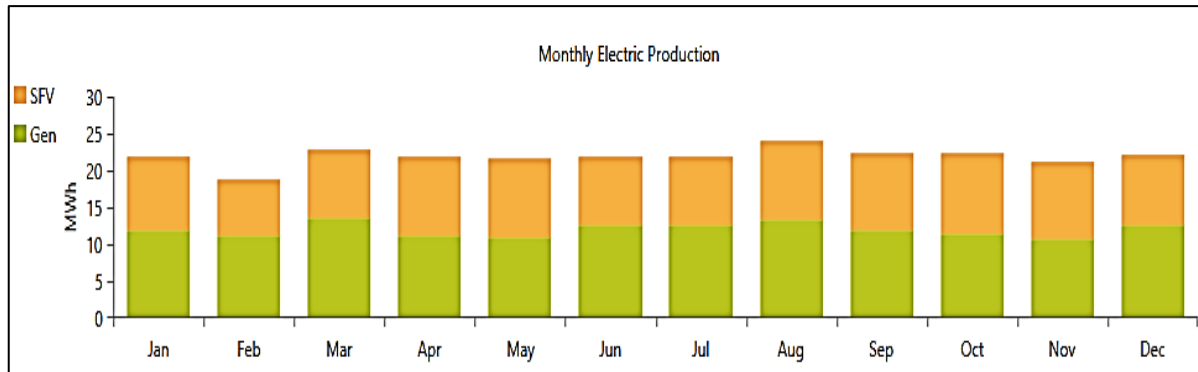
Tabla 14

Evaluación económica

Métrico	Valor
Valor Presente (\$)	\$236,705
Valor Anual (\$/yr)	\$21,768
Retorno de la Inversión (%)	7.1
Tasa Interna de Retorno (%)	10.8
Payback (yr)	5.96

Figura 39

Producción eléctrica

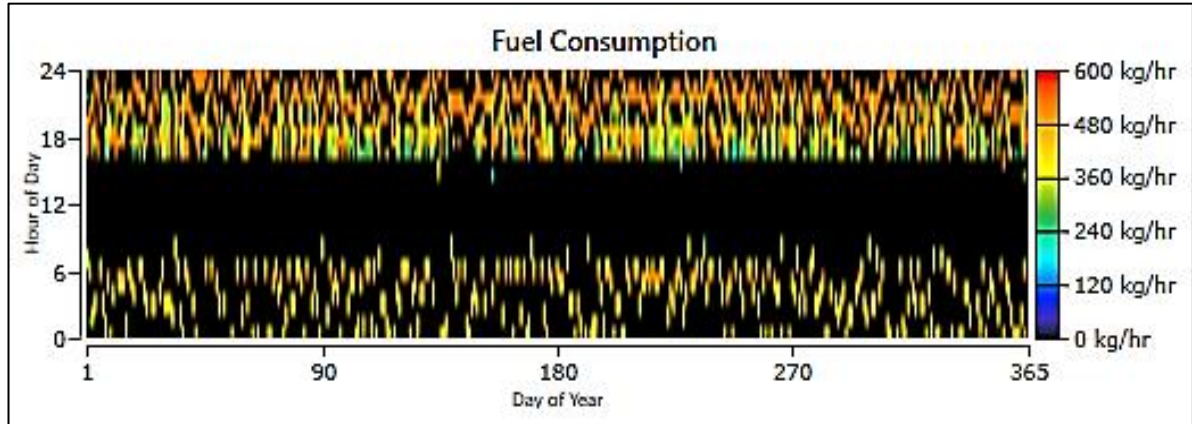


Nota: Producción eléctrica por meses del año.

En la figura 39 tenemos el grafico de porcentaje de participación de los sistemas fotovoltaico y biogás (40% y 60%) respecto a los meses del año.

Figura 40

Resumen de combustible



Nota: Consumos de combustible en los 365 días del año.

Para 50 % Residuos Orgánicos - 50% Recurso Solar

Se realizó cálculos y toma de información previo como energía demandada, radiación solar, eficiencia del sistema y selección del módulo fotovoltaico.

Tabla 15

Resumen del Sistema fotovoltaico


Ítems	Valor	Unidades
Energía Demandada	316.16	kWh/día
Irradiación	4.84	kWh/m ² /día
η del sistema	0.72	
Potencia del Sistema	91.3	kWp
Potencia del módulo	550	Wp
Número de módulos	166	UND

La energía demandada proviene de la demanda energética estimada, tomándose solo el porcentaje de participación de la energía solar en el sistema híbrido. Asimismo, la

potencia del sistema es la energía demanda entre los valores de irradiación por la eficiencia del sistema. Seleccionamos el módulo a utilizar para la obtención del número total de módulos fotovoltaicos.

Figura 41

Panel solar

PV Name:

Properties

Name: **Generic flat plate PV**
Abbreviation: **SFV**
Panel Type: **Flat plate**
Rated Capacity (kW): **91.3**
Temperature Coefficient: **-0.3500**
Operating Temperature (°C): **47**
Efficiency (%): **21.28**
Manufacturer: **Generic**

Nota: Elemento del sistema híbrido fotovoltaico-biogás y descripción de sus características.

Se seleccionó paneles de 550 W con sus respectivas características y en cálculo de acuerdo a la demanda se obtuvo la potencia total de instalación de 91.3 kW y con una cantidad de 166 paneles FV según el porcentaje de participación del sistema fotovoltaico (50% recurso solar).

Figura 42

Batería

Properties

Modified Kinetic Battery Model

Nominal Voltage (V): 3.7
 Nominal Capacity (kWh): 1.02
 Maximum Capacity (Ah): 276
 Capacity Ratio: 1
 Rate Constant (1/hr): 1
 Effective Series Resistance (ohms): 0.00036
 Other round-trip losses (%): 8
 Lumped thermal model:
 Conductance to ambient (W/K): 10
 Specific heat capacity (J/kg-K): 800

$1/N = A \cdot \text{DOD}^\beta$
 Cycle Life A: 0.000144
 Cycle Life beta: 1.79
 Estimated throughput (kWh): 2.43E+03

Nota: Elemento del sistema hibrido fotovoltaico-biogás.

Figura 43

Inversor

Costs

Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)	
1	\$300.00	\$300.00	\$100.00	X

Click here to add new item

Multiplier:

Capacity Optimization

HOMER Optimizer™
 Search Space
 Advanced

Inverter Input

Lifetime (years):

Efficiency (%):

Parallel with AC generator?

Rectifier Input


Relative Capacity (%):

Efficiency (%):

Nota: Elemento del sistema hibrido fotovoltaico-biogás y características.

Figura 44

Generador

GENERATOR  Name: Abbreviation:

Properties

Name: **Generic Biogas Genset (size-your-own)**
Abbreviation: Gen
Manufacturer: Generic
www.homerenergy.com

Costs

Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/op. hr)	
1	\$1,000.00	\$1,000.00	\$0.050	<input checked="" type="checkbox"/>

Click here to add new item

Multiplier:

Site Specific Input

Minimum Load Ratio (%): CHP Heat Recovery Ratio (%):
Lifetime (Hours): Minimum Runtime (Minutes):
Biogas Fuel Price (\$/kg): Initial Hours

Sizing

Size (kW)
150

Electrical Bus

AC DC

Nota: Elemento del sistema hibrido fotovoltaico-biogás y descripción de sus características.

Se seleccionó la potencia de generador de 150 kW previo al análisis del recurso orgánico animal obtenido y por consiguiente cantidad de biogás disponible para poner en marcha dicho generador.

Luego obtuvimos los costos de cada componente y sistema hibrido global.

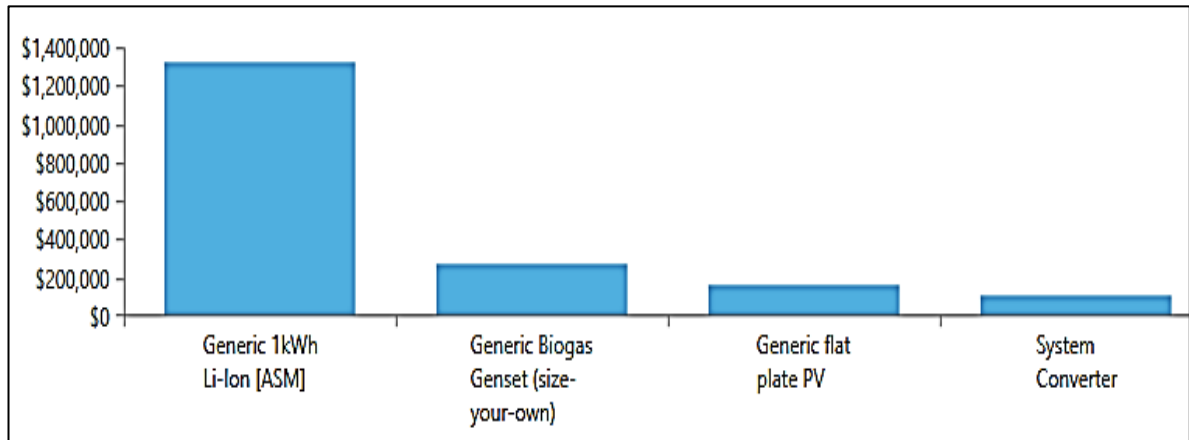
Tabla 16

Costo total del sistema hibrido

Componente	Capital	Reemplazo	O&M	Total (\$)
Batería	\$767,777.78	\$402,669.10	\$156,828.95	\$1,327,275.82
Generador	\$150,000.00	\$56,138.13	\$80,332.55	\$258,139.62
Paneles FV	\$91,300.00	\$0.00	\$99,280.70	\$185,558.13
Inversor	\$22,893.75	\$8,695.33	\$82,983.11	\$110,374.11
Sistema	\$1,031,971.53	\$467,502.55	\$419,425.31	\$1,881,347.68

Figura 45





















Costo total



Nota: Costos totales de cada componente del sistema.

Figura 46

Comparación económica

		Architecture						Cost		
					SFV (kW) 	Gen (kW) 	ESS 	Inversor (kW) 	NPC (\$) 	Initial capital (\$) 
					91.3	150		0.309	\$1.94M	\$241,393
					91.3	150	1,800	76.3	\$1.88M	\$1.03M

Nota: Comparación de componentes y costos del sistema.

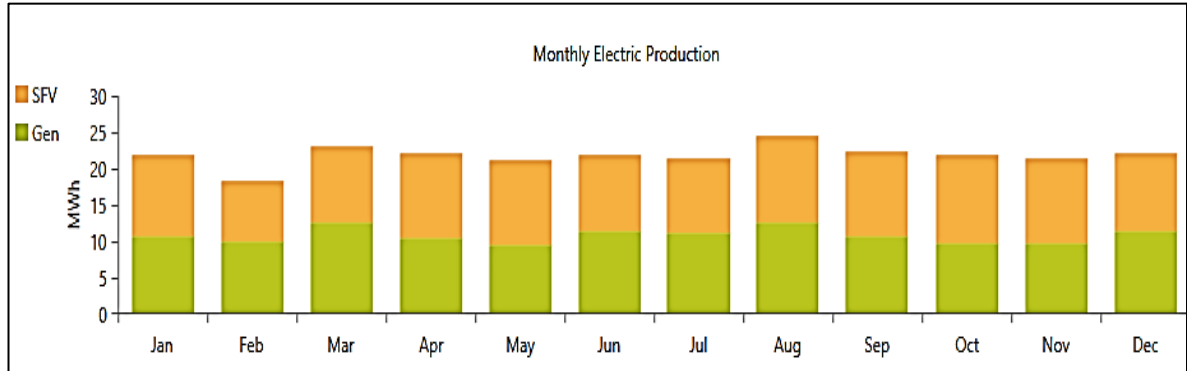
Tabla 17

Evaluación económica

Métrico	Valor
Valor Presente (\$)	54,702
Valor Anual (\$/yr)	5,031
Retorno de la Inversión (%)	4.5
Tasa Interna de Retorno (%)	7.1
Payback (yr)	6.67

Figura 47

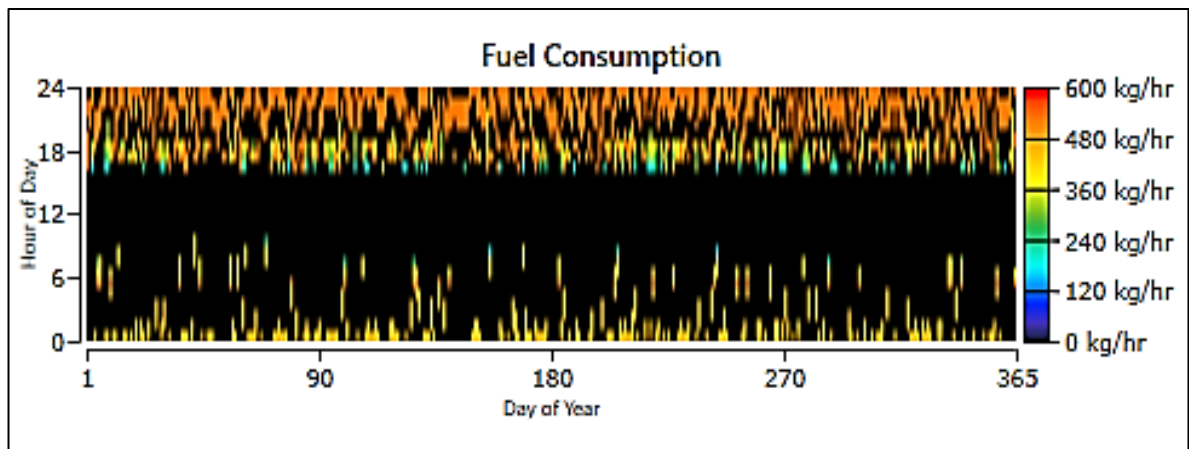
Producción eléctrica



Nota: Producción eléctrica por meses del año.

Figura 48

Resumen de combustible



Nota: Consumos de combustible durante los 365 días del año.

Para 40 % Residuos Orgánicos - 60% Recurso Solar

Se realizó cálculos y toma de información previo como energía demandada, radiación solar, eficiencia del sistema y selección del módulo fotovoltaico.


Tabla 18

Resumen del Sistema fotovoltaico

Ítems	Valor	Unidades
Energía Demandada	379.39	kWh/día
Irradiación	4.84	kWh/m ² /día
η del sistema	0.72	
Potencia del Sistema	108.9	kWp
Potencia del módulo	550	Wp
Número de módulos	198	UND

Figura 49

Panel solar

PV  Name:

Properties

Name: **Generic flat plate PV**
Abbreviation: **SFV**
Panel Type: **Flat plate**
Rated Capacity (kW): **108.9**
Temperature Coefficient: **-0.3500**
Operating Temperature (°C): **47**
Efficiency (%): **21.28**
Manufacturer: **Generic**

Nota: Elemento del sistema híbrido fotovoltaico-biogás.

Figura 50

Batería

Properties

Modified Kinetic Battery Model

Nominal Voltage (V): 3.7
 Nominal Capacity (kWh): 1.02
 Maximum Capacity (Ah): 276
 Capacity Ratio: 1
 Rate Constant (1/hr): 1
 Effective Series Resistance (ohms): 0.00036
 Other round-trip losses (%): 8
 Lumped thermal model:
 Conductance to ambient (W/K): 10
 Specific heat capacity (J/kg-K): 800

1/N = A*DOD^beta
 Cycle Life A: 0.000144
 Cycle Life beta: 1.79
 Estimated throughput (kWh): 2.43E+03

Nota: Elemento del sistema hibrido fotovoltaico-biogás.

Figura 51

Inversor

Costs

Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)	
1	\$300.00	\$300.00	\$100.00	X
Click here to add new item				

Multiplier: (−) (−) (−)

Inverter Input

Lifetime (years): 15.00 (−)
 Efficiency (%): 95.00 (−)
 Parallel with AC generator?

Rectifier Input

Relative Capacity (%): 100.00
 Efficiency (%): 95.00

Nota: Elemento del sistema hibrido fotovoltaico-biogás.

Figura 52

Generador

GENERATOR

Name:
Abbreviation:

Properties

Name: Generic Biogas Genset (size-your-own)

Abbreviation: Gen

Manufacturer: Generic

www.homerenergy.com

Costs

Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/op. hr)	
1	\$1,000.00	\$1,000.00	\$0.050	✕
Click here to add new item				

Multiplier:

Sizing

Size (kW)

150

Site Specific Input

Minimum Load Ratio (%):

Lifetime (Hours):

Biogas Fuel Price (\$/kg):

CHP Heat Recovery Ratio (%):

Minimum Runtime (Minutes):

Initial Hours

Electrical Bus

AC DC

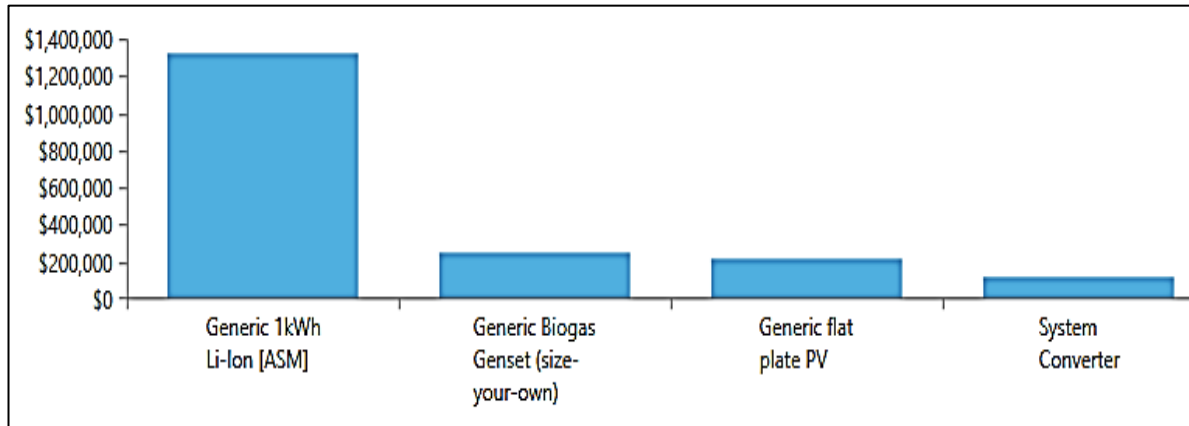
Tabla 19

Costo total del sistema hibrido

Componente	Capital	Reemplazo	O&M	Total (\$)
Batería	\$767,777.78	\$402,669.10	\$156,828.95	\$1,327,275.82
Generador	\$150,000.00	\$52,670.98	\$75,439.19	\$246,478.42
Paneles FV	\$108,900.00	\$0.00	\$118,419.15	\$221,328.37
Inversor	\$24,600.00	\$9,343.39	\$89,167.77	\$118,600.19
Sistema	\$1,051,277.78	\$464,683.47	\$439,855.06	\$1,913,682.80

Figura 53

Costo total



Nota: Costos totales de cada componente del sistema híbrido.

Figura 54

Comparación económica

Architecture									Cost	
Warning	PV	Wind	Battery	Gen	SFV (kW)	Gen (kW)	ESS	Inversor (kW)	NPC (\$)	Initial capital (\$)
Warning	PV	Wind	Battery	Gen	109	150		0.300	\$1.97M	\$258,990
	PV	Wind	Battery	Gen	109	150	1,800	82.0	\$1.91M	\$1.05M

Nota: Comparación de componentes y costos del sistema.

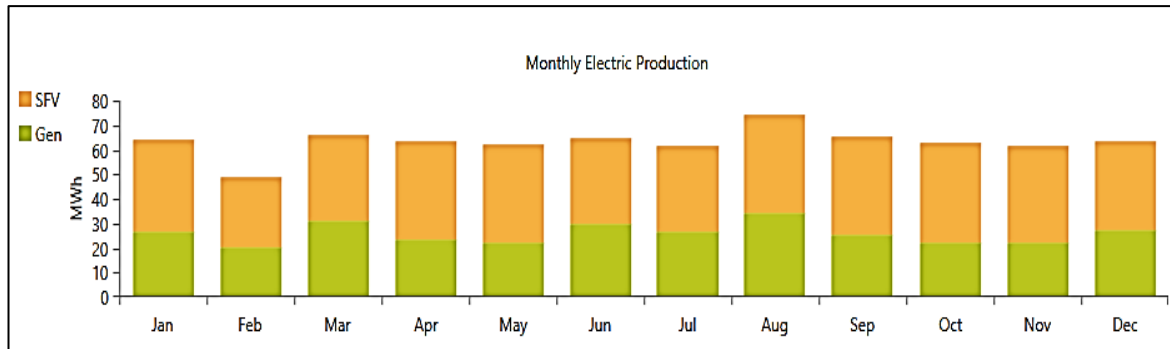
Tabla 20

Evaluación económica

Metric	Value
Valor Presente (\$)	61,208
Valor Anual (\$/yr)	5,629
Retorno de la Inversión (%)	4.5
Tasa Interna de Retorno (%)	7.3
Payback (yr)	6.67

Figura 55

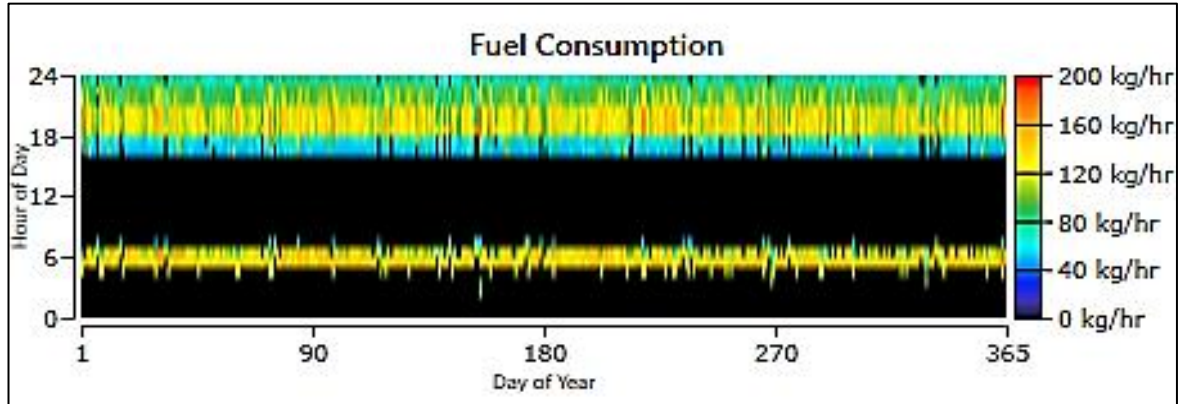
Producción eléctrica



Nota: Producción eléctrica por meses del año.

Figura 56

Resumen de consumo de combustible



Nota: Consumos de combustible durante los 365 días del año.

Para 30 % Residuos Orgánicos - 70% Recurso Solar

Se realizó cálculos y toma de información previo como energía demandada, radiación solar, eficiencia del sistema y selección del módulo fotovoltaico.


Tabla 21

Resumen del Sistema fotovoltaico

Ítems	Valor	Unidades
Energía Demandada	442.62	kWh/día
Irradiación	4.84	kWh/m ² /día
η del sistema	0.72	
Potencia del Sistema	127.6	kWp
Potencia del módulo	550	Wp
Número de módulos	232	UND

Figura 57

Panel solar

PV Name:

Properties

Name: **Generic flat plate PV**
Abbreviation: **SFV**
Panel Type: **Flat plate**
Rated Capacity (kW): **127.6**
Temperature Coefficient: **-0.3500**
Operating Temperature (°C): **47**
Efficiency (%): **21.28**

Nota: Elemento del sistema híbrido fotovoltaico-biogás y descripción de sus características.

Figura 58

Batería

Properties

Modified Kinetic Battery Model

Nominal Voltage (V): 3.7
Nominal Capacity (kWh): 1.02
Maximum Capacity (Ah): 276
Capacity Ratio: 1
Rate Constant (1/hr): 1
Effective Series Resistance (ohms): 0.00036
Other round-trip losses (%): 8
Lumped thermal model:
 Conductance to ambient (W/K): 10
 Specific heat capacity (J/kg-K): 800

$1/N = A \cdot DOD^\beta$
Cycle Life A: 0.000144
Cycle Life beta: 1.79
Estimated throughput (kWh): 2.43E+03

Nota: Elemento del sistema híbrido fotovoltaico-biogás y descripción de sus características.

Figura 59

Inversor

Costs				
Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)	
1	\$300.00	\$300.00	\$100.00	✕
Click here to add new item				
Multiplier: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>				
Inverter Input			Rectifier Input	
Lifetime (years):	<input type="text" value="15.00"/>	<input type="text"/>	Relative Capacity (%):	<input type="text" value="100.00"/>
Efficiency (%):	<input type="text" value="95.00"/>	<input type="text"/>	Efficiency (%):	<input type="text" value="95.00"/>

Nota: Elemento del sistema hibrido fotovoltaico-biogás.

Figura 60

Generador

GENERATOR Name: Abbreviation:

Remove
Copy To Library

Properties				
Name: Generic Biogas Genset (size-your-own)				
Abbreviation: Gen				
Manufacturer: Generic				
www.homerenergy.com				

Costs				
Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/op. hr)	
1	\$1,000.00	\$1,000.00	\$0.050	✕
Click here to add new item				
Multiplier: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>				

Sizing	
Size (kW)	<input type="text" value="150"/>

Site Specific Input			
Minimum Load Ratio (%):	<input type="text" value="25.00"/>	CHP Heat Recovery Ratio (%):	<input type="text" value="0.00"/>
Lifetime (Hours):	<input type="text" value="15,000.00"/>	Minimum Runtime (Minutes):	<input type="text" value="0.00"/>
Biogas Fuel Price (\$/kg):	<input type="text" value="1.000"/>	<input type="checkbox"/> Initial Hours	<input type="text" value="0.00"/>

Electrical Bus AC DC

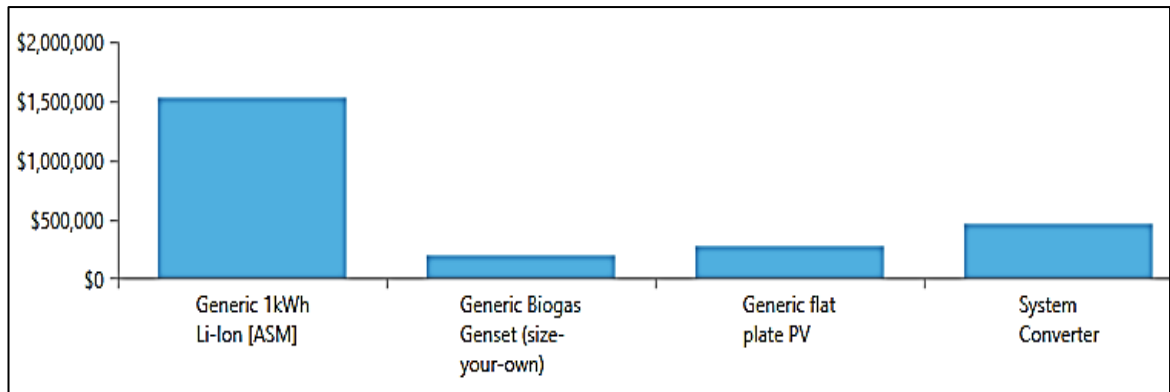
Tabla 22

Costo total del sistema hibrido

Componente	Capital	Reemplazo	O&M	Total (\$)
Batería	\$889,166.67	\$466,332.77	\$182,685.18	\$1,538,184.62
Generador	\$150,000.00	\$0.00	\$53,500.66	\$198,329.56
Paneles FV	\$140,000.00	\$0.00	\$152,237.65	\$284,536.01
Inversor	\$97,350.00	\$36,974.74	\$352,865.13	\$469,338.56
Sistema	\$1,276,516.67	\$503,307.51	\$741,288.63	\$2,490,388.74

Figura 61





















Costo total



Nota: Costos totales de cada componente del sistema hibrido.

Figura 62

Comparación económica

		Architecture					Cost			
					SFV (kW) 	Gen (kW) 	ESS 	Inversor (kW) 	NPC (\$) 	Initial capital (\$) 
					140	150		324	\$2.51M	\$387,350
					140	150	2,100	324	\$2.49M	\$1.28M

Nota: Comparación de componentes y costos del sistema.

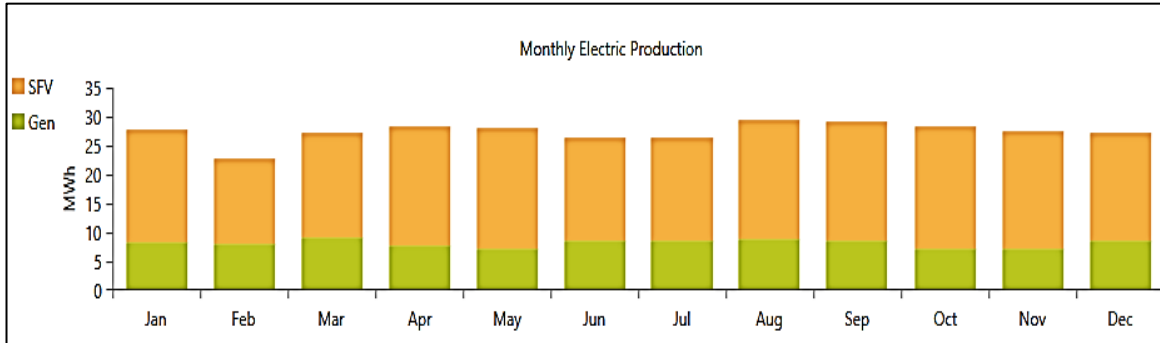
Tabla 23

Evaluación económica

Métrico	Valor
Valor Presente (\$)	\$17,577
Valor Anual (\$/yr)	\$1,616
Retorno de la Inversión (%)	4.1
Tasa Interna de Retorno (%)	6.5
Payback (yr)	6.90

Figura 63

Producción eléctrica

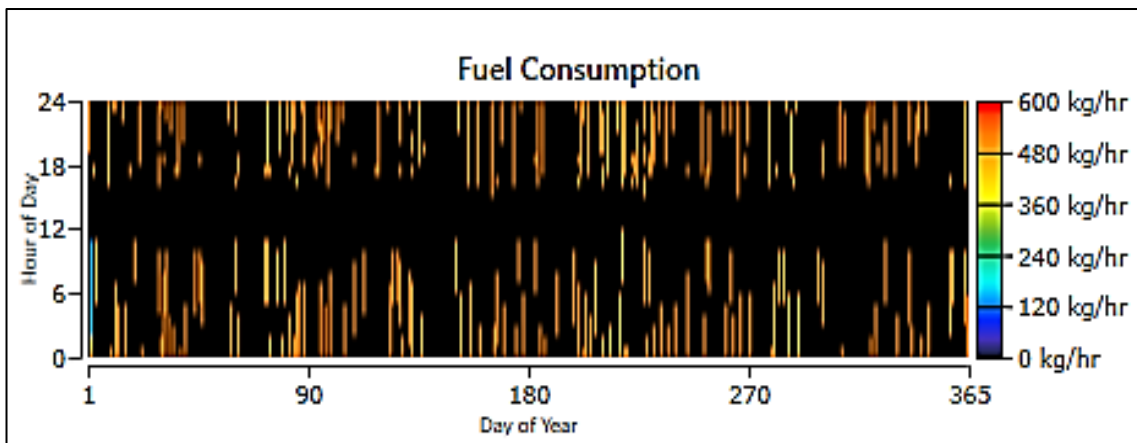


Nota: Producción eléctrica por meses del año.

En la figura 63 tenemos el grafico de porcentaje de participación de los sistemas fotovoltaico y biogás (70% y 30%) respecto a los meses del año.

Figura 64

Resumen de combustible



Nota: Consumos de combustible en días y meses.

Comparación de las diferentes participaciones

Se realizó una comparación de las diferentes participaciones para un sistema híbrido fotovoltaico – biogás para el distrito de Nepeña:

Tabla 24

Comparación de las diferentes participaciones para un sistema híbrido

Porcentaje de Participaciones	Capital Inicial	Costo total neto presente	Costo nivelado de Energía	Costo de operación
70% RO y 30% RS	750,861.11	1,149,786.00	0.5777	64,274.21
60% RO y 40% RS	889,169.44	1,665,146.00	0.6635	71,359.95
50% RO y 50% RS	1,031,971.53	1,881,348.00	0.7496	78,109.89
40% RO y 60% RS	1,051,277.78	1,913,683.00	0.7625	79,308.04
30% RO y 70% RS	1,276,516.67	2,490,389.00	0.9923	111,629.50

Figura 65

Capital inicial

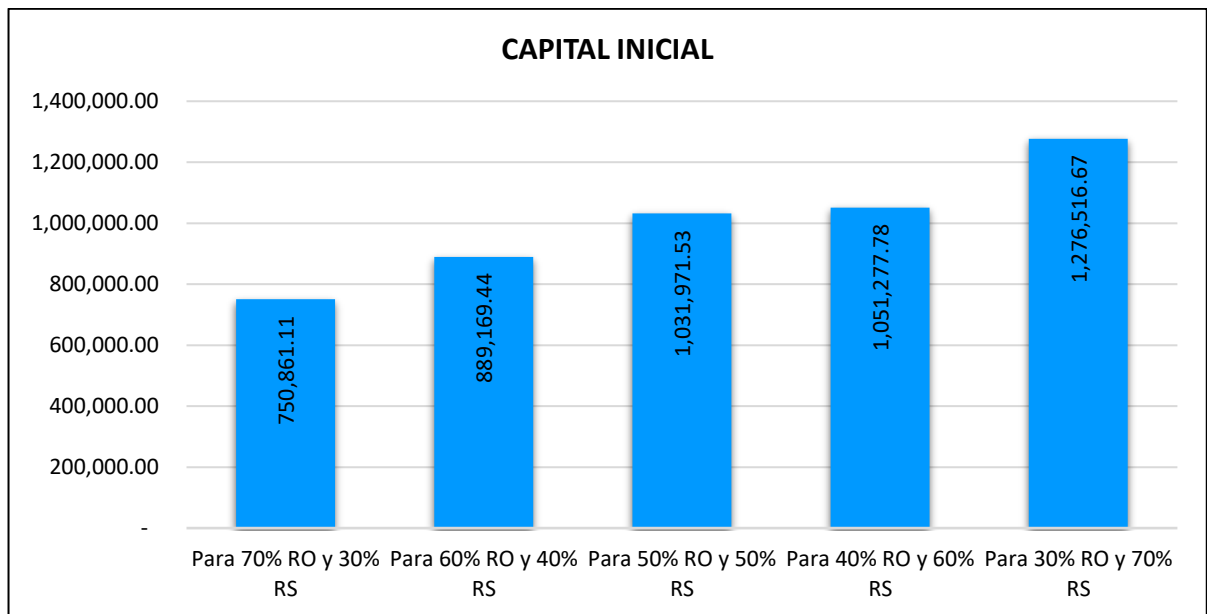


Figura 66

Costo total neto presente

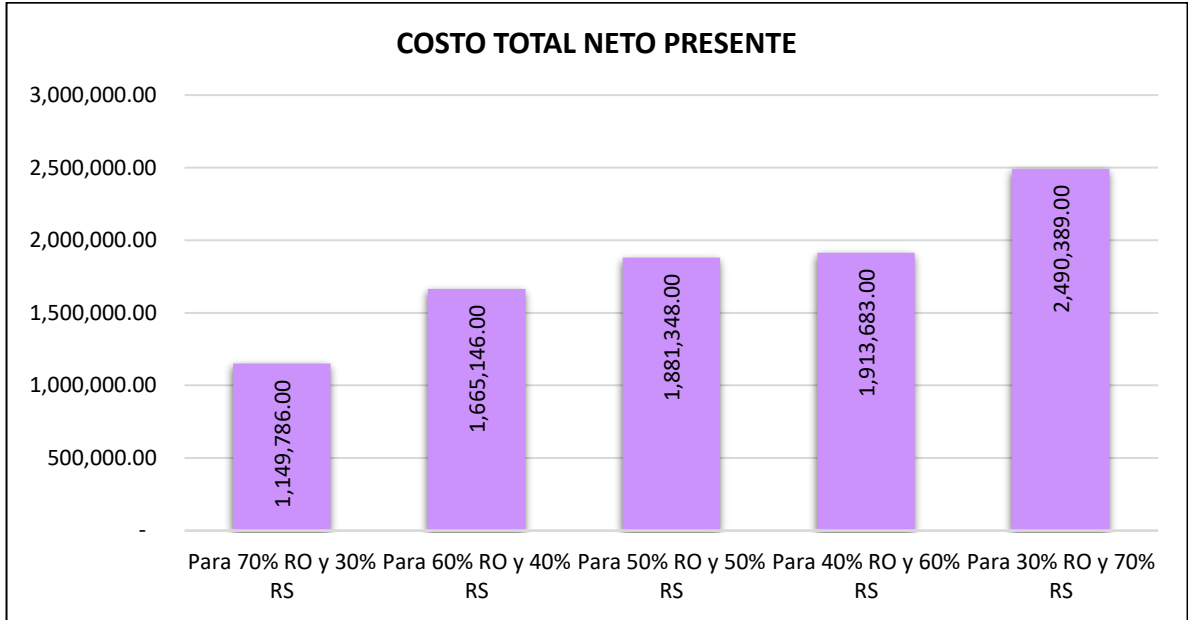


Figura 67

Costo de operación

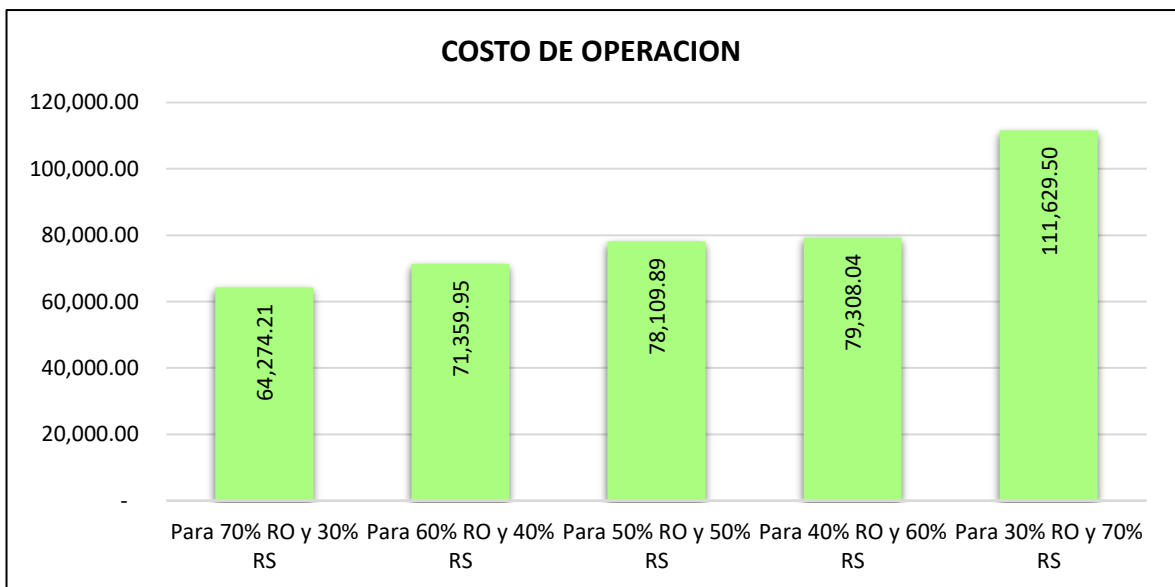


Tabla 25*Comparación TIR y PAYBACK*

%	TIR	PAYBACK (años)
70% RO - 30% RS	15.5%	5.30
60% RO - 40% RS	10.8%	5.96
50% RO - 50% RS	7.1%	6.67
40% RO - 60% RS	7.3%	6.67
30% RO - 70% RS	6.5%	6.90

Como se visualiza la tabla 25, la tasa interna de retorno alcanzó su punto máximo en la configuración que destina el 70 % de recursos orgánicos y el 30 % de recursos solares, situándose en un 15.5 % y el período de retorno de inversión o payback mínimo correspondió a la opción anteriormente mencionada, con un periodo de 5.3 años.

Figura 68

TIR

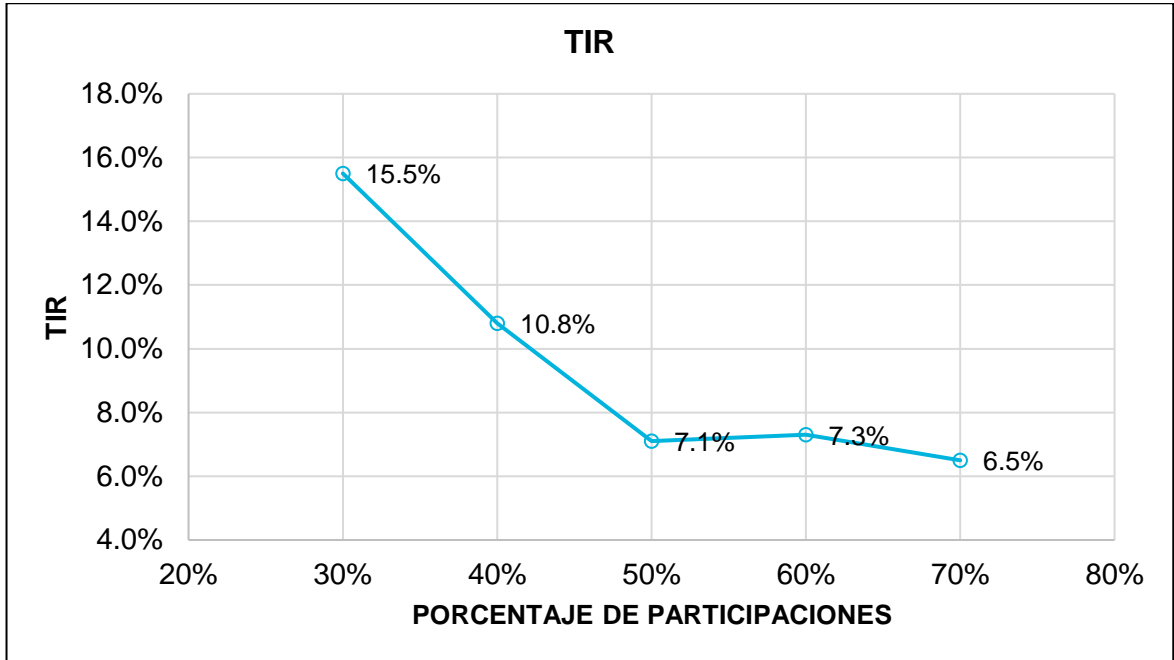


Figura 69

PAYBACK

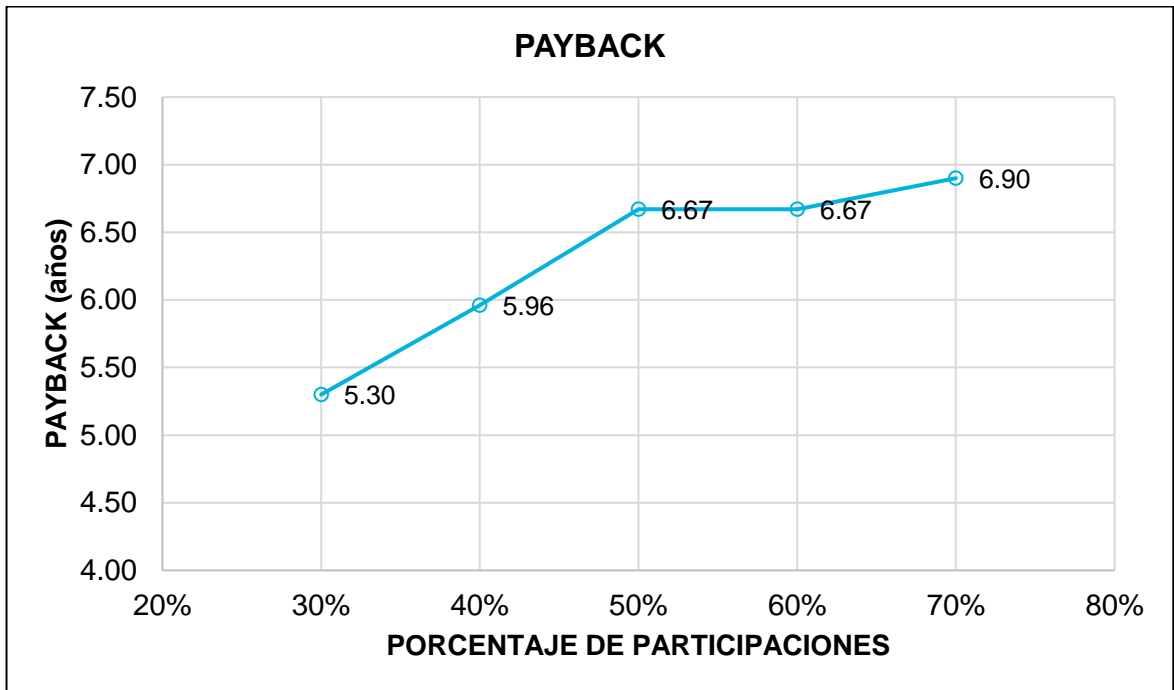
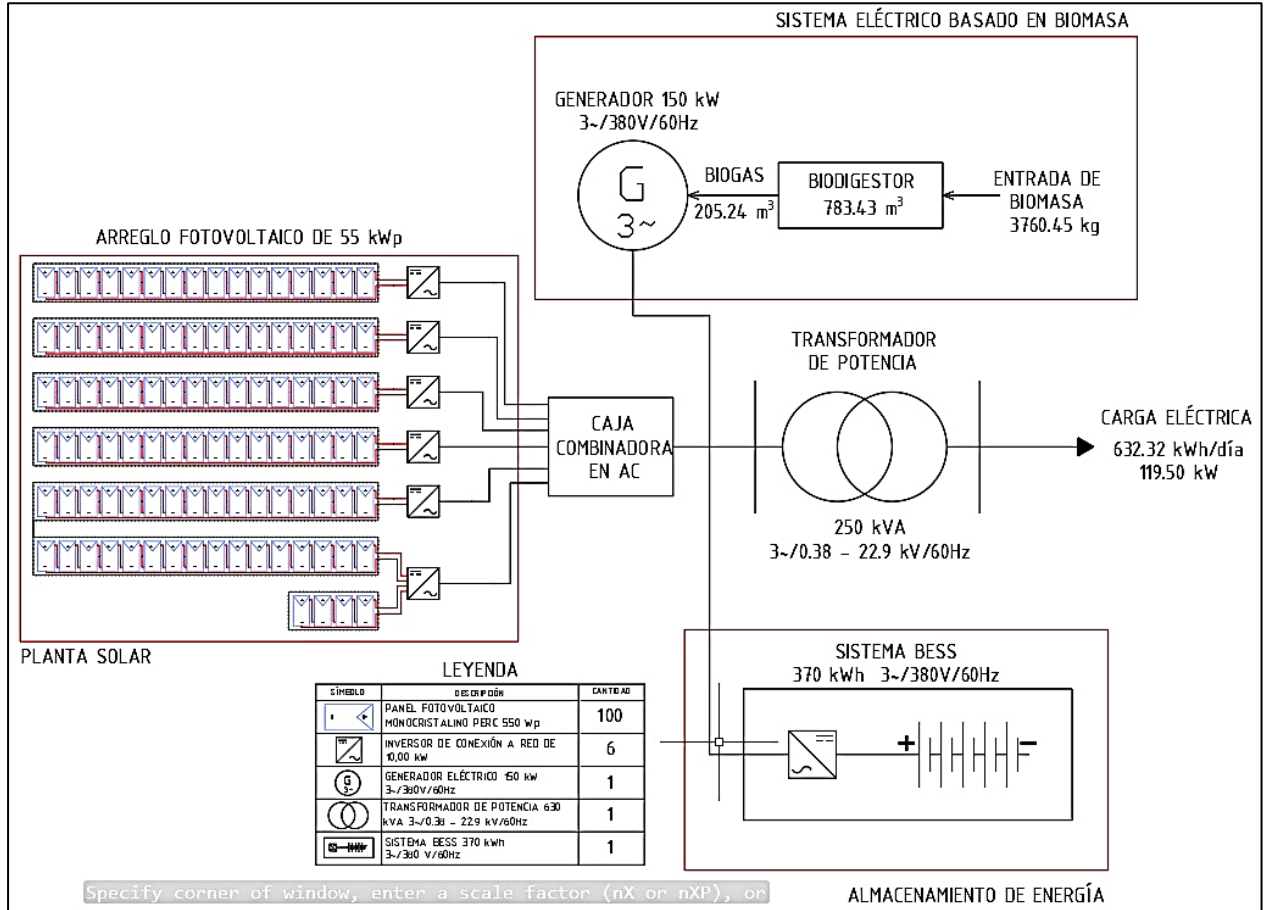


DIAGRAMA DEL SISTEMA HIBRIDO FOTOVOLTAICO – BIOGAS

Figura 70

Sistema hibrido fotovoltaico - biogás optimo



Nota: Esquema del sistema híbrido compuesto por el sistema fotovoltaico y el sistema eléctrico basado en biomasa.

En la figura 70 se muestra el sistema híbrido. Primero tenemos el sistema de biogás producido por residuos orgánicos de origen animal, el cual ingresan por el biodigestor para la conversión a biogás y pasa al generador para la obtención de energía eléctrica. El segundo sistema es el fotovoltaico que utiliza el recurso solar y a través de los paneles solares se obtiene la energía eléctrica, esta va acompañada de un banco de baterías para su almacenamiento, finalmente

tenemos a los inversores híbridos que permiten el uso de ambos sistemas, ya que es capaz de transformar y gestionar de forma eficiente cada una de ellas.

4.2. Discusión

Siguiendo el objetivo general establecido, el presente estudio tuvo como finalidad analizar el porcentaje de participación del potencial energético solar y de los residuos orgánicos en el distrito de Nepeña para determinar el sistema híbrido fotovoltaico-biogás óptimo. Los resultados obtenidos a través de las simulaciones realizadas en el programa Homer Pro indicaron que la combinación de recursos en una proporción del 70% de residuos orgánicos (utilizando un generador de 150 kW) y un 30% de energía solar (para un sistema fotovoltaico de 55 kWp), resultó ser económicamente la opción más viable. Además, se evidenció que dicha configuración permite satisfacer de manera adecuada la demanda energética requerida. Asprilla (2016) presentó resultados similares, observándose que la componente fotovoltaica demandó una capacidad de 150 kWp, en contraste con la planta de gasificación basada en recursos orgánicos, la cual registró una capacidad de 268 kW. Coincidentemente, una configuración análoga, donde la participación del sistema fotovoltaico es menor, fue corroborada por la investigación de Roldán, et al., (2023). En este estudio, la capacidad fotovoltaica alcanzó los 80 kWp, mientras que la potencia del generador de biogás ascendió a 140 kW.

En lo que respecta a la caracterización de los residuos orgánicos de origen animal y al cálculo de su potencial energético en forma de biogás, el distrito de Nepeña exhibe una diversidad de grupos animales. Destacadamente, el centro poblado de San Jacinto sobresale como la comunidad que aporta de manera preponderante, representando el 62 % de los recursos orgánicos animales. En segundo lugar, el centro poblado de Nepeña

contribuye significativamente, aunque con una diferencia sustancial, alcanzando el 12 %. La cantidad total de excreta disponible se cifra en 3760.45 kg, lo que equivale a una generación potencial diaria de 205.24 m³ de biogás. En contraste, las investigaciones previas de Torres (2021) revelaron una cantidad considerablemente inferior de materia orgánica, específicamente 91.29 kg/día, en comparación con los resultados obtenidos en la presente investigación. Por otra parte, Herrera Silva (2021) señaló la presencia de 112 kg de residuos, lo que le permitió generar hasta 2.6 m³ de biogás. La energía de 1103.31 kWh/día que generó los desechos del ganado para la investigación presente, dependió de la cantidad de estiércol recolectado por día, del tiempo de fermentación, de la cantidad de masa de agua en la mezcla y del tipo de biodigestor empleado.

En lo concerniente a la caracterización del potencial solar, la radiación solar promedio fue determinada mediante la utilización del programa PVGIS versión 5.2, a través del ingreso de las coordenadas de latitud y longitud correspondientes al distrito de Nepeña. El valor promedio diario anual obtenido fue de 5.87 kWh/m²/día, con valores mínimos y máximos de 4.84 y 6.96 kWh/m²/día, respectivamente. La radiación total anual en la ubicación se calculó en 2394.40 kWh/m²/año, destacando su notable elevación en comparación con otras localidades adyacentes. En estudios previos, Asprilla (2016) reportó una radiación promedio diaria anual de 4 kWh/m²/día, mientras que Manay (2019) presentó un valor de 4.75 kWh/m²/día en sus investigaciones. De manera congruente, Torres (2021) indicó un valor de 4.66 kWh/m²/día en su análisis correspondiente.

La determinación de la carga total demandada se llevó a cabo mediante el cálculo que considera la potencia de los dispositivos eléctricos, su tiempo de operación diario por vivienda, y su multiplicación por el número de viviendas presentes en los asentamientos

humanos Bellavista, Virgen de Guadalupe y Villa Hermosa. Para cada vivienda, se derivó un valor de 1.976 kWh/día, resultando en una cifra total de 632.32 kWh/día para el conjunto de viviendas en mención. En una investigación previa, Manay (2019) caracterizó una demanda energética diaria de 4100.8 kWh/día. Es imperante destacar que la magnitud de la energía requerida diariamente guarda una relación estrecha con el número total de viviendas en la localidad. Dichos valores también están influenciados por la tipología de las viviendas (ya sean urbanas o rurales) y la posición socioeconómica de sus residentes.

Se llevaron a cabo el análisis de cinco combinaciones distintas, considerando la cantidad de residuos orgánicos obtenidos, con el propósito de proponer una configuración que sea óptima desde el punto de vista económico. La primera opción, específicamente, se caracterizó por asignar el 70 % de participación a los recursos orgánicos y el 30 % restante a la energía solar. De manera gradual y sistemática, se varió este valor en incrementos de 10 %, abarcando configuraciones del 70%, 60%, 50%, 40%, y 30% para el recurso orgánico, junto con su complemento correspondiente para la energía solar. Es importante tener presente que la disponibilidad de recursos orgánicos está intrínsecamente vinculada a la materia orgánica proporcionada por los animales del distrito, lo que puede generar variaciones en su cantidad, siendo su límite superior determinado en 3760.45 kg. Contrariamente, la generación de energía solar se encuentra condicionada por las dimensiones de la planta solar, siendo su captación proporcional a dichas dimensiones.

La evaluación económica llevada a cabo ha revelado una relación proporcional directa entre el capital inicial y las dimensiones del sistema fotovoltaico. La configuración que asigna el 70 % de recursos orgánicos y el 30 % de recursos solares exhibió la inversión más baja, cifrada en \$ 750,861.11. Manay (2019), presentó una inversión para el sistema

híbrido de S/.216,819.42. En términos de costo total presente neto, esta opción también se destacó al registrar \$ 1,449,786.00, mientras que el costo nivelado de energía establece una relación inversa y proporcional con el tamaño del arreglo fotovoltaico. Específicamente, la opción que distribuye el 70 % de recursos orgánicos y el 30 % de recursos solares presentó un valor de 0.5777 \$/kWh. En el espectro de los costos operativos, la opción que asigna el 70 % de recursos orgánicos y el 30 % de recursos solares ostentó el menor costo, evaluado en \$ 64,274.21. La tasa interna de retorno alcanzó su punto máximo en la configuración que destina el 70 % de recursos orgánicos y el 30 % de recursos solares, situándose en un 15.5 %. Finalmente, el período de retorno de inversión o payback mínimo correspondió a la opción anteriormente mencionada, con un periodo de 5.3 años. (Roldán et al., 2023), presentaron una TIR de 6.13 % y un payback de 12 años. Por su parte Herrera Silva (2021), indicó que el VAN correspondiente a su investigación fue de S/. 11 684,41, presentando también una TIR de 15 %, mientras que el costo nivelado de energía fue de 0.2 S//kWh.

A la luz de las deliberaciones efectuadas, en el contexto de una revisión técnica y económica, se concluye que la opción óptima para abastecer la totalidad de la demanda energética de las localidades examinadas consiste en asignar el 70% de recursos provenientes de materia orgánica y el 30% de recursos solares.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Al culminar el presente proyecto, se concluye en base a los objetivos lo siguiente:

- El distrito de Nepeña alberga una biomasa animal generada por aproximadamente 7455 seres vivos de diversas especies. Esta diversidad de fauna contribuye a la producción diaria estimada de alrededor de 3.76 toneladas de excreta. La manipulación adecuada de esta materia orgánica genera 205.24 m³ de biogás diario.
- La radiación solar promedio fue calculada mediante el empleo del programa PVGIS versión 5.2. La cifra obtenida para el valor promedio diario anual fue de 5.87 kWh/m²/día, registrando valores mínimos y máximos de 4.84 y 6.96 kWh/m²/día, respectivamente. La radiación total anual en la ubicación fue calculada en 2394.40 kWh/m²/año.
- Se procedió a estimar la demanda energética de los asentamientos humanos (AA.HH.) Bellavista, Virgen de Guadalupe y Villa Hermosa, los cuales comprenden un total de 320 viviendas, arrojando una cifra de consumo energético de 632.32 kWh/día. Este valor se ha considerado como punto de referencia fundamental para determinar la energía requerida por el sistema.
- Se propusieron el análisis de cinco configuraciones distintas, contemplando la cantidad de residuos orgánicos obtenidos, con el objetivo de proponer una configuración óptima desde la perspectiva económica. De forma sistemática y progresiva, se varió dicho valor en incrementos del 10%, englobando configuraciones que asignaban porcentajes del 70%, 60%, 50%, 40% y 30% para el recurso orgánico,

acompañados por sus respectivos complementos correspondientes para la energía solar. Dichas combinaciones fueron simuladas en el programa Homer Pro.

- La configuración que asigna el 70% de recursos orgánicos y el 30% de recursos solares se distingue por presentar la inversión más reducida, evaluada en \$ 750,861.11. En cuanto al costo total presente neto, esta opción también sobrepasa al alcanzar \$ 1,449,786.00. El costo nivelado de energía se estimó en 0.5777 \$/kWh. La tasa interna de retorno se computó en un 15.5 %. El período de retorno de inversión o payback se determinó en un total de 5.3 años.
- La proporción óptima de participación de recursos, asignando el 70% al recurso orgánico y el 30% al recurso solar, fue identificada como la configuración más eficiente. La capacidad total del generador eléctrico basado en biogás se estableció en 150 kW, complementada por una capacidad de 55 kWp para el arreglo fotovoltaico. Esta disposición exhibió los indicadores económicos más favorables en relación con las necesidades energéticas objeto de análisis.
- La propuesta de un sistema híbrido, que amalgama el sistema solar fotovoltaico y biogás, se erige como una estrategia que posibilita la optimización eficaz de los desechos y las condiciones climáticas, confiriendo así ventajas ecológicas y económicas a largo plazo en comparación con el sistema estándar de electrificación. La opción óptima expuesta (70 % recurso orgánico y 30 % recurso solar) presentó los mejores indicadores técnicos y económicos para suministrar en su totalidad las necesidades energéticas de las localidades analizadas.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener una visión más detallada de los consumos debido a las nuevas tecnologías del mercado.
- La incorporación de la energía a base de biogás tiene ventajas en cuanto al aprovechamiento de residuos finales, ya que se pueden utilizar como biofertilizantes para cultivos locales. Para una mayor generación de biogás, se debe obtener mayor cantidad de residuos orgánicos provisto de lo normal de cualquier animal ya sea cuyes, porcinos, vacas, entre otros; para una mayor producción de electricidad o el uso que se le quiera dar a la energía que produce el estiércol.
- La selección del biodigestor debe estar de acuerdo a las necesidades de utilización de cualquier lugar de estudio para un correcto funcionamiento, realizando un análisis técnico de ponderados de tipos o modelos de biodigestores.
- Esta investigación aporta una valiosa perspectiva sobre tecnologías sostenibles y eficientes tanto para la generación de energía renovable como para la degradación de contaminantes. Además, se puede ampliar el uso de la biomasa ya que se tiene una diversidad de tipos de residuos y por ende utilizar otras tecnologías.
- Para los sistemas híbridos que buscan utilizar sistemas fotovoltaicos hay que tener en cuenta que sus costes de diseño e instalación son superiores a los de otros sistemas, por lo que es recomendable utilizarlo para compensar parte de la demanda eléctrica que buscamos generar.
- Se recomienda la utilización del software HOMER PRO para estudios de generación eléctrica con sistemas híbridos. Asimismo, el uso del comando Optimizer del software Homer pro para optimizar los recursos renovables de la zona de estudio.

- Realizar este tipo de proyectos en lugares que se encuentren alejados de las redes eléctricas convencionales.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Asprilla Mosquera, D. B. (2016). Estudio de sistemas híbridos de energía renovable (solar – gasificación de biomasa) como alternativa para satisfacer necesidades energéticas en zonas no Interconectadas del departamento del Chocó (Doctoral dissertation). Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59125>
- Astudillo Skliarova, N. (2022). Control energético y optimización del tamaño de un sistema híbrido de energía renovable a pequeña escala con combinación de sistemas de almacenamiento (Master's thesis).
- Babae, A., & Shayegan. (2011, May). Effect of organic loading rates (OLR) on production of methane from anaerobic digestion of vegetables waste. In Proceedings of the world renewable energy congress, Linköping, Sweden (pp. 8-13).
- CONAMA, C. R. C. F., Colegio, C. A. R. B. I., de Químicos, O., GEOCISA, C. R., Urbaser, C. R., Ambiente, M., & Consultora, R. A. Á. Documento del Grupo de Trabajo de Conama 10 Contaminación odorífera.
- Fuentelsaz Gallego, C., Icart Isern, M. T., & Pulpón Segura, A. M. (2006). Elaboración y presentación de un proyecto de investigación y una tesina. España: Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Gallego, C. F., Isern, M. T. I., & Segura, A. M. P. (2006). Elaboración y presentación de un proyecto de investigación y una tesina (Vol. 1). Edicions Universitat Barcelona.
- García, V. (2015). Manual de biogás. Conceptos básicos. Beneficios de su producción y la aplicación de sus sub-productos. Dirección de Sustentabilidad, Medio Ambiente y Cambio Climático, 9. Obtenido de https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/agroindustria/docs/Manual_de_Biogas01.pdf
- Gobierno de la Provincia de Santa Fe. (2019). Academia de las renovables. Obtenido de <https://www.santafe.gob.ar/ms/academia/wp->

content/uploads/sites/27/2019/12/M%C3%B3dulo-2-Sistemas-de-aprovechamiento-de-energ%C3%ADa-solar-fv.pdf

Hernández Mendible, V., & Moreno, L. F. (2013). Regulación comparada de energías renovables. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.

Herrera Silva, Y. I. (2021). Diseño de un sistema híbrido fotovoltaico-biomasa para la generación de energía eléctrica en el sector cafetalero de Campo Redondo-Amazonas. Obtenido de <http://www.efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://tesis.usat.edu.pe/bit>

Larousse Editorial. (2007). Gran Diccionario de la Lengua Española. Larousse Planeta, SA ISBN, 84-816.

Marcos Martin , Solana Gutierrez, Falcon Roque , & Latorre Monteagudo. (s.f.). SISTEMAS HIBRIDOS DE GENERACION.

Martí Herrero J. 2019. Biodigestores Tubulares: Guía de Diseño y Manual de Instalación. Redbiolac. Ecuador. ISBN: 978-9942-36-276-6

Organismo de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental. Gobierno del Peru. . (2022). Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/oefa/normas-legales/3156088-00018-2022-oefa-dsis>

Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura . (2011). Manual de Biogas . Obtenido de <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores. Buenos Aires.


Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2019). Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética. Obtenido de https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf

- Pecoraro , S. (2022). Diseño de un sistema híbrido para generar energía eléctrica mediante gasificación de biomasa residual y generación fotovoltaica para diferentes usos en países en desarrollo.
- PowMr. (2023). Obtenido de <https://powmr.com/es/blogs/news/parallel-inverters-and-expandable-solar-system>
- Roldán Porta, C., Roldán Blay , C., & Dasí Crespo, D. (2023). Optimización de un sistema híbrido fotovoltaico y de biogás para el suministro de energía sostenible en áreas rurales.
- TRITEC. (Agosto de 2017). Tipos de paneles fotovoltaicos. Obtenido de <https://tritec-intervento.cl/tipos-de-paneles-fotovoltaicos/>
- Universidad de Buenos Aires. (2021). Biodigestores. Generacion de biogas como respuesta a la problemática energética aplicable a poblaciones con vulneración ambiental. Obtenido de <http://www.fvet.uba.ar/archivos/cega/biodigestores.pdf>
- Varnero, M. T., & Arellano, J. (1990). Aprovechamiento racional de desechos orgánicos. Santiago, Chile.

VII. ANEXOS

Anexo 1

Selección del panel solar



Eco GREEN ENERGY
Building a Greener World

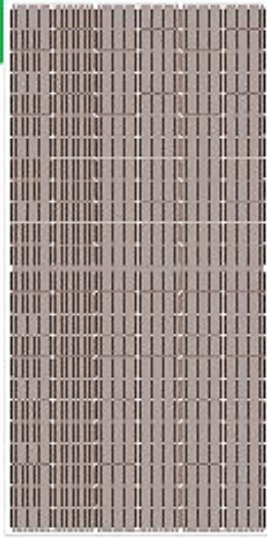
ATLAS

by Eco Green Energy







530-550W


M10 / 182 mm Cell - 144 Half-cell

Founded in 2008, Eco Green Energy is a french brand solar PV manufacturer and distributing now its PV module in more than 60 countries over the world. Atlas series solar modules are made only with grade A cells for highest power generation, lowest LCOE, and ensured more than 25 years lifespan.




KEY FEATURES

<ul style="list-style-type: none"> <li style="margin-bottom: 10px;"> Gallium-doped Technology <li style="margin-bottom: 10px;"> Lower LCOE and BOS <li style="margin-bottom: 10px;"> Anti PID/ Low LID protection <li style="margin-bottom: 10px;"> Less Hot Spot Shading effects <li style="margin-bottom: 10px;"> Lower temperature coefficient 	<ul style="list-style-type: none"> <li style="margin-bottom: 10px;">144-Cell MONOCRYSTALLINE MODULE <li style="margin-bottom: 10px;">21.28% MAXIMUM EFFICIENCY <li style="margin-bottom: 10px;">0~+5W POSITIVE POWER TOLERANCE <li style="margin-bottom: 10px;">GRADE A CELLS GUARANTEED 	 French Quality Module
---	--	--



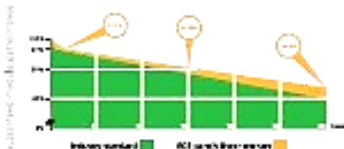
25
YEARS
QUALITY WARRANTY



12
YEARS
QUALITY WARRANTY





LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12Year Product Warranty - 25Year Linear Power Warranty




COMPREHENSIVE CERTIFICATES

IEC 61215/ IEC 61730 / IEC 61701 / IEC 62716
ISO 9001 : Quality Management Systems

Eco Green Energy Group Ltd. 2008. All rights reserved.
 Add: 219 Shigong Road, Chong Chuan, Deyu, Nanjing, Jiangsu, China
 Tel: +86 251 8610000 / Email: info@eco-greenenergy.com

Facebook: www.facebook.com/EGE
 Website: www.ecogreenenergy.com
 Website: www.ecogreenenergy.com



Anexo 2

AA.HH. Bellavista



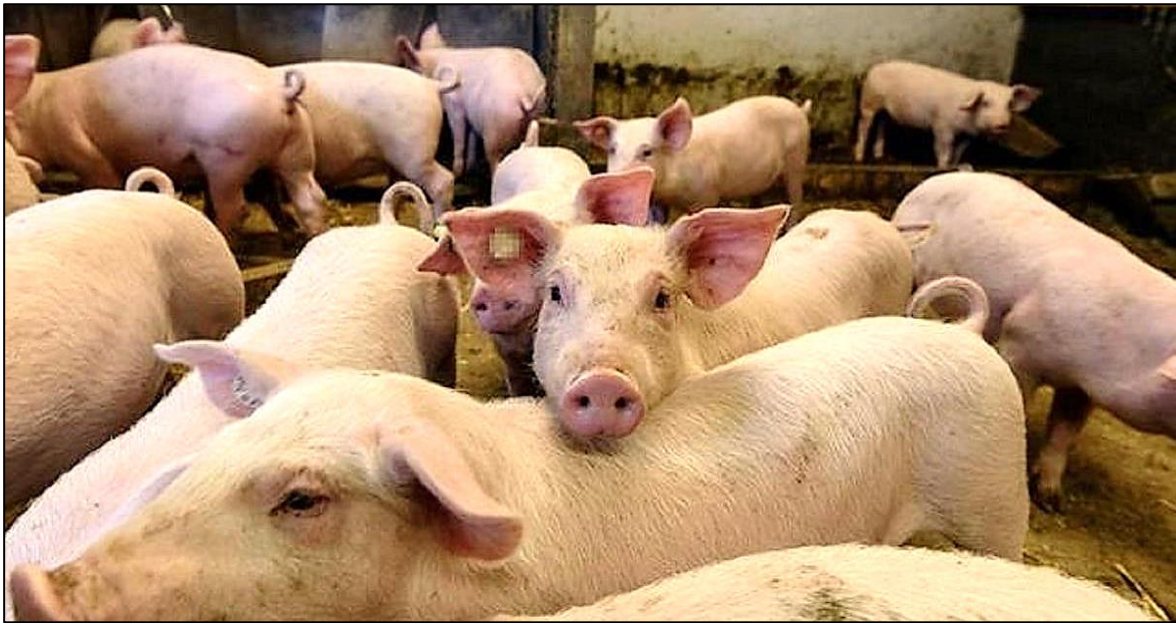
Anexo 3

AA.HH. Virgen de Guadalupe



Anexo 4

Biomasa animal



Anexo 5

Guía de entrevista a ganaderos

Guía

¿Hace cuánto tiempo se dedica a la crianza de animales?

¿Cuántos animales posee en su propiedad?

¿Considera en aumentar el número de animales en un futuro?

¿Qué tipo de animales posee?

Detalle la cantidad de animales por cada especie

¿Qué hace con los desechos de sus animales?

Anexo 6

Validación de Instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Señor: CARLOS MACEDONIO MONTAÑEZ MONTENEGRO

Presente.

Asunto: Validación de instrumentos a través de juicio de experto

Es muy grato dirigirnos a Usted para expresarle saludos cordiales y, asimismo, hacer de su conocimiento que, siendo bachilleres de la carrera profesional de Ingeniería en Energía de la Universidad Nacional del Santa y siendo requisito la validación de los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para desarrollar mi investigación, gracias a la cual optaré el título profesional.

El título de nuestra tesis es “Análisis del potencial energético solar y de residuos orgánicos, mediante la simulación de un sistema híbrido fotovoltaico - biogás en el distrito de Nepeña, Perú 2023”, siendo imprescindible contar con la aprobación de profesionales especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas de Energías renovables - Biomasa.

El expediente de validación, adjunto al presente, contiene:

- Instrumentos de evaluación.
- Hoja de validación de instrumento.

Reiterando mis sentimientos de respeto y consideración me despido de Usted, nosin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente,

Álvaro Miguel Murillo Murillo

Katherine Tracy Falcón Blanco

DNI: 73630408, 70203227

Instrumento de evaluación: Guía de entrevista

1. ¿Hace cuánto tiempo se dedica a la crianza de animales?
2. ¿Cuántos animales posee en su propiedad?
3. ¿Considera en aumentar el número de animales en un futuro?
4. ¿Qué tipo de animales posee?
5. Detalle la cantidad de animales por cada especie
6. ¿Qué hace con los desechos de sus animales?

HOJA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. Datos generales:

Nombre del instrumento a evaluar: Guía de Entrevista

II. Instrucciones:

En el siguiente cuadro, para cada ítem del contenido del instrumento que revisa, marque usted con un check (✓) o un aspa (X) la opción SÍ o NO que elija según el criterio de Claridad, Pertinencia o Relevancia.

Dimensiones	Claridad ¹		Pertinencia ²		Relevancia ³		Sugerencias
	Si	No	Si	No	Si	No	
Dimensión 1: Residuos orgánicos.							
Cantidad de desechos orgánicos	X		X		X		
Características de los residuos orgánicos.	X		X		X		
Cantidad de biogás	X		X		X		
Poder calorífico de los residuos orgánicos	X		X		X		


Nota: Los ítems fueron tomados de la matriz de operacionalización de las variables del proyecto de investigación mencionado.

1 claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo²

Pertinencia: Si el ítem pertenece a la dimensión.

3 Relevancia: El ítem es apropiado para representar a la dimensión específica del constructo.

Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

Observaciones:	
Opinión de aplicabilidad Aplicable [x] Aplicable después de corregir [] No aplicable []	
Apellidos y nombres del juez evaluador	Montañez Montenegro Carlos Macedonio
Especialidad del evaluador	Ingeniero en Energía
 (Firma del juez evaluador) DNI: 42451038	
Chimbote, 15 de Julio del 2023	

JUICIO DE EXPERTOS

1. Identificación del Experto

Nombre y Apellidos: CARLOS MACEDONIO MONTAÑEZ MONTENEGRO Centro

Laboral: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

Título Profesional: INGENIERO EN ENERGÍA y N° de Colegiatura: 170167

Grado: Magister en Ciencias Mención: Ingeniería Energética

Otros estudios: Física Nuclear, Estudios de Postgrado en la UNMSM

2. Instrucciones

Estimado(a) especialista, a continuación, se muestra un conjunto de indicaciones, el cual tienes que evaluar con criterio ético y estrictez científica, la validez del instrumento propuesto

Para evaluar dicho instrumento, marca con un aspa (x) una de las categorías completadas en el cuadro:

1. Inferior al básico 2. Básico 3. Intermedio 4. Sobresaliente 5. Muy sobresaliente

3. Juicio de Experto

INDICADORES	CATEGORÍA				
	1	2	3	4	5
1. Las dimensiones de la variable responden a un contexto teórico del objeto de estudio				X	
2. Coherencia entre dimensión e indicadores (visión general)				X	
3. El número de indicadores, evalúan correctamente las dimensiones.					X
4. Los ítems están redactados en forma clara y precisa.					X
5. Los ítems guardan relación con los indicadores de las variables					X
6. Los ítems han sido redactados teniendo en cuenta la prueba piloto					X
7. Los ítems han sido redactados, teniendo en cuenta las poblaciones establecidas.					X
8. Presenta algunas preguntas distractoras				X	
9. Los ítems han sido redactados de lo general a lo particular (orden)					X
10. Los ítems del instrumento, son coherentes en términos de cantidad					X
11. Los ítems no constituyen riesgo para el encuestado (inocuidad)					X
12. Calidad en la redacción de los ítems (visión general)					X
13. Grado de objetividad del instrumento (visión general)					X
14. Grado de relevancia del instrumento (visión general)					X
15. Estructura técnica básica del instrumento (organización)					X
Puntaje Parcial				12	60
Puntaje Total					72

NOTA: índice de validación del juicio de experto (lvje) = $[72 / 75] \times 100 = 96\%$

4. Escala de Validación

Muy baja	Baja	Regular	Alta	Muy Alta
00-20 %	21-40 %	61-80 %	61-80 %	81-100%
				X
Interpretación: cuanto más se acerque el coeficiente a cero (0), mayor error habrá en la validez.				

5. Conclusión general de la validación y sugerencias (en coherencia con el nivel de validación alcanzado) el presente instrumento ha sido evaluado y está apto para su aplicación.

6. Constancia de Juicio de experto

El que suscribe, CARLOS MACEDONIO MONTAÑEZ MONTENEGRO, identificado con DNI N° 42451038 certifico que realicé el juicio del experto al instrumento diseñado por los tesisistas: Álvaro Miguel Murillo Murillo y Katherine Tracy Falcon Blanco, para la investigación denominada "Análisis del potencial energético solar y de residuos orgánicos, mediante la simulación de un sistema híbridofotovoltaico - biogás en el distrito de Nepaña, Perú 2023"


Firma

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Señor: JOSÉ RUBÉN ALONSO MERCHÁN

Presente.

Asunto: Validación de instrumentos a través de juicio de experto

Es muy grato dirigirnos a Usted para expresarle saludos cordiales y, asimismo, hacer de su conocimiento que, siendo bachilleres de la carrera profesional de Ingeniería en Energía de la Universidad Nacional del Santa y siendo requisito la validación de los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para desarrollar mi investigación, gracias a la cual optaré el título profesional.

El título de nuestra tesis es “Análisis del potencial energético solar y de residuos orgánicos, mediante la simulación de un sistema híbrido fotovoltaico - biogás en el distrito de Nepeña, Perú 2023”, siendo imprescindible contar con la aprobación de profesionales especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas de Energías renovables - Biomasa.

El expediente de validación, adjunto al presente, contiene:

- Instrumentos de evaluación.
- Hoja de validación de instrumento.

Reiterando mis sentimientos de respeto y consideración me despido de Usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente,

Álvaro Miguel Murillo Murillo

Katherine Tracy Falcon Blanco

DNI: 73630408, 70203227

Instrumento de evaluación: Guía de entrevista

1. ¿Hace cuánto tiempo se dedica a la crianza de animales?
2. ¿Cuántos animales posee en su propiedad?
3. ¿Considera en aumentar el número de animales en un futuro?
4. ¿Qué tipo de animales posee?
5. Detalle la cantidad de animales por cada especie
6. ¿Qué hace con los desechos de sus animales?

Hoja de validación del instrumento

I. Datos generales:

Nombre del instrumento a evaluar: Guía de Entrevista

II. Instrucciones:

En el siguiente cuadro, para cada ítem del contenido del instrumento que revisa, marque usted con un check (✓) o un aspa (X) la opción SÍ o NO que elija según el criterio de Claridad, Pertinencia o Relevancia.

Dimensiones	Claridad ¹		Pertinencia ²		Relevancia ³		Sugerencias
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión 1: Residuos orgánicos.							
Cantidad de desechos orgánicos	X		X		X		
Características de los residuos orgánicos.	X		X		X		
Cantidad de biogás	X		X		X		
Poder calorífico de los residuos orgánicos	X		X		X		


Nota: Los ítems fueron tomados de la matriz de operacionalización de las variables del proyecto de investigación mencionado.

1 Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

2 Pertinencia: Si el ítem pertenece a la dimensión.

3 Relevancia: El ítem es apropiado para representar a la dimensión específica del constructo.

Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

Observaciones:	
Opinión de aplicabilidad	
Aplicable [x]	Aplicable después de corregir []
No aplicable []	
Apellidos y nombres del juez evaluador	JOSÉ RUBÉN ALONSO MERCHÁN
Especialidad del evaluador	INGENIERO EN ENERGÍA
 (Firma del juez evaluador)	
DNI: 32139063	Chimbote, 15 de Julio del 2023

JUICIO DE EXPERTOS

1. Identificación del Experto

Nombre y Apellidos: JOSÉ RUBÉN ALONSO MERCHÁN

Centro Laboral: RUBRO DE MINERÍA

Título Profesional: INGENIERO EN ENERGÍA y N° de Colegiatura: 92944

Grado: SUPERIOR Mención: INGENIERÍA

Otros estudios: Egresado de Maestría

2. Instrucciones

Estimado(a) especialista, a continuación, se muestra un conjunto de indicaciones, el cual tienes que evaluar con criterio ético y estrictez científica, la validez del instrumento propuesto

Para evaluar dicho instrumento, marca con un aspa (x) una de las categorías completadas en el cuadro:

1. Inferior al básico 2. Básico 3. Intermedio 4. Sobresaliente 5. Muy sobresaliente

3. Juicio de Experto

INDICADORES	CATEGORÍA				
	1	2	3	4	5
1. Las dimensiones de la variable responden a un contexto teórico del objeto de estudio					X
2. Coherencia entre dimensión e indicadores (visión general)					X
3. El número de indicadores, evalúan correctamente las dimensiones.				X	
4. Los ítems están redactados en forma clara y precisa.					X
5. Los ítems guardan relación con los indicadores de las variables					X
6. Los ítems han sido redactados teniendo en cuenta la prueba piloto				X	
7. Los ítems han sido redactados, teniendo en cuenta las poblaciones establecidas.				X	
8. Presenta algunas preguntas distractoras			X		
9. Los ítems han sido redactados de lo general a lo particular (orden)				X	
10. Los ítems del instrumento, son coherentes en términos de cantidad				X	
11. Los ítems no constituyen riesgo para el encuestado (inocuidad)					X
12. Calidad en la redacción de los ítems (visión general)					X
13. Grado de objetividad del instrumento (visión general)					X
14. Grado de relevancia del instrumento (visión general)					X
15. Estructura técnica básica del instrumento (organización)					X
Puntaje Parcial			3	20	45
Puntaje Total					68

NOTA: índice de validación del juicio de experto (lvje) = $[68 / 75] \times 100 = 90.6 \%$

4. Escala de Validación

Muy baja	Baja	Regular	Alta	Muy Alta
00-20 %	21-40 %	61-80 %	61-80 %	81-100%
				X
Interpretación: cuanto más se acerque el coeficiente a cero (0), mayor error habrá en la validez.				

5. Conclusión general de la validación y sugerencias (en coherencia con el nivel de validación alcanzado) el presente instrumento ha sido evaluado y está apto para su aplicación.

6. Constancia de Juicio de experto

El que suscribe, JOSÉ RUBÉN ALONSO MERCHÁN, identificado con DNI N° 32139063 certifico que realicé el juicio del experto al instrumento diseñado por los tesisistas: Álvaro Miguel Murillo Murillo y Katherine Tracy Falcon Blanco, para la investigación denominada “Análisis del potencial energético solar y de residuos orgánicos, mediante la simulación de un sistema híbrido fotovoltaico - biogás en el distrito de Nepeña, Perú 2023”



Firma

Anexo 7

Ficha Resumen de la entrevista

FICHA RESUMEN								
CENTRO POBLADO	SECTOR	PERSONA/GANADERO	CANTIDADES POR TIPO DE ANIMALES					
			Bovino	Porcino	Ovino	Caprino	Cuyes	Aves
Nepeña	Nepeña	Jacinta Principe			10			150
	Nepeña	Martha		20				
	Nepeña	Augusto					400	
	Nepeña	Raul M.						200
	Nepeña	Wilmer	5	10				
	Nuevo Nepeña	Juan		10				50
	Nuevo Nepeña	Susan	10		10	10		
San Juan	San Juan	José					50	30
	San Juan	Luis P.	5		5			
	San Juan	Juana	3		5	6		20
	San Juan	Mario L.					20	40
Motocachy	Motocachy	Luis		10				40
	Motocachy	Loordes C.	5		6	5		10
	Motocachy	Juan C.					50	20
Maquina Nueva	Maquina Nueva	Miguel G.		5			30	
	Maquina Nueva	Teodoro	5		5	5		30
Maquina Vieja	Maquina Vieja	Luis B.	6	5				40
	Maquina Vieja	Julia P.		10			40	
	Maquina Vieja	Paula			8	5		
San Jacinto	San Jacinto	Pascual					1200	
	San Jacinto	Juan Diestra					600	
	San Jacinto	María					600	
	San Jacinto	Pedro					800	
	Cocharcas	Juan L.	20		20			
	San Jacinto	María A.			25	20		50
	San Francisco	Carmen L.		50				
	Cocharcas	Roberto		40				60
	San Jacinto	Amalia		50				30
	San Jacinto	Minam M.						100
	San Jacinto	Luis E.						90

	San Martín	Elsa.						400
	San Jacinto	Olga Yerin						120
	San Jacinto	Luis. Rodriguez						350
San Jose	San José	Manuel F.		90				
	San José	Erick						80
	San José	Maritza					100	
	San José	Alberto P.			5	5		30
	San José	Juan	5					
	San José	Fredy. P.					80	40
	San José	Margarita.					70	
La Grama	La Grama	Cristobal.		10			50	50
	La Grama	Marcos	8				20	50
	La Grama	Marcelina.	4		15	8		20
Cerro Blanco	Cerro Blanco	Anthony.	10		8	5		50
	Cerro Blanco	Fortunato		20				
	Cerro Blanco	Lucía C.					100	40
Capellania	Capellania	Olinda	5	10				20
	Capellania	Antonio			5	7	40	
	Capellania.	Donato.	5		5	5		30
	Capellania	Flor.					20	50
Huacatambo	Huacatambo	Julio.			6	5		50
	Huacatambo	Milagros M.	5					
	Huacatambo	Cesar Lopez					40	30
	Huacatambo	Pablo.	5					20
	Huacatambo	Carlos T.		10			40	



DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, Katherine Tracy Falcon Blanco

estudiante / docente de la

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
-----------	----------	--	-----------	--	------------	---

Escuela Profesional:	Ingeniería en Energía
----------------------	-----------------------

Departamento Académico:	Energía, Física y Mecánica
-------------------------	----------------------------

Escuela de Pos Grado		Maestría		Doctorado	
----------------------	--	----------	--	-----------	--

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación intitulado:

ANÁLISIS DEL POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR Y RESIDUOS ORGÁNICOS, MEDIANTE LA SIMULACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO FOTOVOLTAICO - BIOGÁS EN EL DISTRITO DE NEPEÑA, PERÚ 2023

presentado en folios, para la obtención del Grado académico	()
---	-----

Título Profesional	(x)	Investigación Anual	()
--------------------	-------	---------------------	-----

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Firma:

Nuevo Chimbote, 10 de junio de 2024

Nombres y Apellidos: Katherine Tracy Falcon Blanco

DNI: 70203227



DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, **Álvaro Miguel Murillo Murillo**

estudiante / docente de la

Facultad:	Ciencias	Educación	Ingeniería	X
-----------	----------	-----------	------------	---

Escuela Profesional:	Ingeniería en Energía
----------------------	-----------------------

Departamento Académico:	Energía, Física y Mecánica
-------------------------	----------------------------

Escuela de Pos Grado	Maestría	Doctorado
----------------------	----------	-----------

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación intitulado:

ANÁLISIS DEL POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR Y RESIDUOS ORGÁNICOS, MEDIANTE LA SIMULACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO FOTOVOLTAICO - BIOGÁS EN EL DISTRITO DE NEPEÑA, PERÚ 2023

presentado en folios, para la obtención del Grado académico	()
---	-----

Título Profesional	(x)	Investigación Anual	()
--------------------	-------	---------------------	-----

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Firma:

Nuevo Chimbote, 10 de junio de 2024

Nombres y Apellidos: **Álvaro Miguel Murillo Murillo**

DNI: 73630408



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Amancio Ramiro Rojas Flores

asesor / presidente de la Unidad de Investigación de la

Facultad:	Ciencias	Educación	Ingeniería	x
Departamento Académico:	Energía Física y Mecánica			
Escuela de Pos Grado	Maestría	Doctorado		

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa. Asesor / Unidad de Investigación revisora del trabajo de Investigación intitulado:

ANÁLISIS DEL POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR Y RESIDUOS ORGÁNICOS, MEDIANTE LA SIMULACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO FOTOVOLTAICO - BIOGÁS EN EL DISTRITO DE NEPEÑA, PERÚ 2023

Del estudiante / docente: Katherine Tracy Falcon Blanco y Álvaro Miguel Murillo Murillo

De la escuela / departamento académico: Ingeniería en Energía

Constato que la investigación presentada tiene un porcentaje de similitud del 15% el cual se verifica con el reporte de originalidad de la aplicación Turnitin adjunto.

Quién suscribe la presente, declaro el haber analizado dicho reporte y concluyo que las coincidencias detectadas no se conforman como plagio. A mi claro saber y entender, la investigación cumple con las normas de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, 10 de junio del 2024

Firma:

Nombres y Apellidos del Asesor/ Presidente UIF: Amancio Ramiro Rojas Flores

DNI: 32806031

Análisis del potencial energético solar y residuos orgánicos, mediante la simulación de un sistema híbrido fotovoltaico - biogás en el distrito de Nepeña, Perú 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
2	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
3	www.fvet.uba.ar Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	issuu.com Fuente de Internet	1%
6	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	1%
7	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	rinfi.fi.mdp.edu.ar Fuente de Internet	<1%

9	Submitted to ITESM: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Trabajo del estudiante	<1 %
10	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.unan.edu.ni Fuente de Internet	<1 %
12	www.quetzalingeneria.es Fuente de Internet	<1 %
13	www.santafe.gob.ar Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Católica San Antonio de Murcia Trabajo del estudiante	<1 %
15	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
16	techdocs.broadcom.com Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad Técnica de Machala Trabajo del estudiante	<1 %
18	tritec-intervento.cl Fuente de Internet	<1 %
19	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %

20	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.utp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
23	www.gba.gob.ar Fuente de Internet	<1 %
24	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1 %
25	www.eumed.net Fuente de Internet	<1 %
26	rdu.unc.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
27	Submitted to Universidad del Valle de Atemajac Trabajo del estudiante	<1 %
28	Submitted to Universidad Politécnica Estatal de Carchi Trabajo del estudiante	<1 %
29	jornadasiv.unaj.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

31	1library.co Fuente de Internet	<1 %
32	e-archivo.uc3m.es Fuente de Internet	<1 %
33	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	bonga.unisimon.edu.co Fuente de Internet	<1 %
35	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.utmachala.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
37	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
38	rdi.uncoma.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
39	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
40	www.perucontable.com Fuente de Internet	<1 %
41	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	<1 %
42	Submitted to Universidad del Pacifico	

Trabajo del estudiante

<1 %

43

economyacircular.minambiente.gov.co

Fuente de Internet

<1 %

44

repositorio.ug.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

45

www.medrxiv.org

Fuente de Internet

<1 %

46

Submitted to Universidad Internacional de la Rioja

Trabajo del estudiante

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo