

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



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**Estudio del sistema energético óptimo para abastecer de
energía eléctrica al caserío Lloque - Cajamarca**

**Tesis para obtener el Título Profesional de
Ingeniero en Energía**

Autores:

Bach. Sánchez Cárdenas Manuel Martín

Bach. Zegarra Timoteo Mijail Jesús

Asesor:

Dr. Mariños Castillo Gualberto Antenor

Nuevo Chimbote – Perú

2022-11-25



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

La presente Tesis para Título 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 (R.D: N°492-2017-CU-R-UNS) de acuerdo con la denominación siguiente:

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

**ESTUDIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ÓPTIMO PARA ABASTECER DE
ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO LLOQUE - CAJAMARCA**

AUTORES:

Bach. Sánchez Cárdenas Manuel Martín

Bach. Zegarra Timoteo Mijail Jesús

Dr. Mariños Castillo Gualberto Antenor
ASESOR

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



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

Terminada la sustentación de la tesis titulada: “ESTUDIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ÓPTIMO PARA ABASTECER DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO LLOQUE – CAJAMARCA”; sustentada el día 25 de noviembre del 2022.

Tiene la aprobación del jurado calificador, quienes firmaron en señal de la conformidad.

M.Sc. Julio H.N. Escate Ravello
PRESIDENTE
DNI: 32850228
Cod. Orcid: 0000-0001-9950-2999

Dr. Denis J. Aranguri Cayetano
SECRETARIO
DNI: 42009679
Cod. Orcid: 0000-0002-6119-2072

Dr. Mariños Castillo Gualberto
INTEGRANTE
DNI: 17890841
Cod. Orcid: 0000-0001-7514-9908

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2022



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

A los veinticinco días del mes de noviembre del año dos mil veintidós, siendo las diez horas de la mañana, se reunieron en el aula E3 de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, el Jurado Evaluador designado mediante **Resolución N° 525-2022-UNS-CFI**, integrado por los siguientes docentes:

- **M.Sc. JULIO HIPÓLITO NÉSTOR ESCATE RAVELLO** : PRESIDENTE
- **Dr. DENIS JAVIER ARANGURI CAYETANO** : SECRETARIO
- **Dr. GUALBERTO ANTENOR MARIÑOS CASTILLO** : INTEGRANTE

Para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis titulada: **“ESTUDIO DEL SISTEMA ENERGETICO OPTIMO PARA ABASTECER DE ENERGIA ELECTRICA AL CASERIO LLOQUE-CAJAMARCA”** elaborado por el Bachiller de Ingeniería en Energía: **SANCHEZ CARDENAS MANUEL MARTIN**, con código de matrícula N° 0201611036, teniendo como asesor al docente Dr. GUALBERTO ANTENOR MARIÑOS CASTILLO, según Resolución Decanal N° 020-2022-UNS-FI, de fecha 18.01.22. Terminada la sustentación del 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 111° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
SANCHEZ CARDENAS MANUEL MARTIN	18	Muy Buena

Siendo las doce horas del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.


M.Sc. Julio H.N. Escate Ravello
PRESIDENTE


Dr. Denis J. Aranguri Cayetano
SECRETARIO


Dr. Gualberto A. Mariños Castillo
INTEGRANTE



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

A los veinticinco días del mes de noviembre del año dos mil veintidós, siendo las diez horas de la mañana, se reunieron en el aula E3 de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, el Jurado Evaluador designado mediante **Resolución N° 525-2022-UNS-CFI**, integrado por los siguientes docentes:

- **M.Sc. JULIO HIPÓLITO NÉSTOR ESCATE RAVELLO** : PRESIDENTE
- **Dr. DENIS JAVIER ARANGURI CAYETANO** : SECRETARIO
- **Dr. GUALBERTO ANTENOR MARIÑOS CASTILLO** : INTEGRANTE

Para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis titulada: **"ESTUDIO DEL SISTEMA ENERGETICO OPTIMO PARA ABASTECER DE ENERGIA ELECTRICA AL CASERIO LLOQUE-CAJAMARCA"** elaborado por el Bachiller de Ingeniería en Energía: **ZEGARRA TIMOTEO MIJAIL JESUS**, con código de matrícula N° 0201611032, teniendo como asesor al docente Dr. GUALBERTO ANTENOR MARIÑOS CASTILLO, según Resolución Decanal N° 020-2022-UNS-FI, de fecha 18.01.22. Terminada la sustentación del Bachiller, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

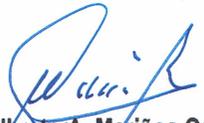
El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 111° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
ZEGARRA TIMOTEO MIJAIL JESUS	18	Muy Bueno

Siendo las doce horas del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.


M.Sc. Julio H.N. Escate Ravello
PRESIDENTE


Dr. Denis J. Aranguri Cayetano
SECRETARIO


Dr. Gualberto A. Mariños Castillo
INTEGRANTE

DEDICATORIA

La presente tesis lo dedico principalmente a Dios, por siempre guiarme en lo que fue mi vida universitaria para continuar en este proceso de obtener el título de ingeniero uno de los anhelos más deseados.

Dedico mi tesis, que con tanto esfuerzo y empeño me tocó realizar a mi madre, mi padre, mis hermanos, ya que sin ellos apoyándome, no lo habría logrado.

En especial va a dedicado a mi madre ya que fue mi sostén, mi guía, te amo madre y te lo dedico mi tesis a ti, porque eres una guerrera, que Dios siempre te bendiga y cuide.

Gracias, mamá.

Sánchez Cárdenas Manuel Martín

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico primero a Dios, por fortalecer el empeño y dedicación para continuar en este proceso de cumplir una de mis metas propuestas en mi vida.

La dedico a mis padres, gracias a todos estos años de sacrificio, trabajo y amor, por quienes he logrado llegar hasta aquí y ser el profesional que deseo. Es un orgullo y un privilegio ser su hijo, son los mejores padres.

De igual manera se la dedico a mi hermana por el apoyo incondicional que me brindo a lo largo de esta etapa de mi vida.

Zegarra Timoteo Mijail Jesús

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios, por bendecirme a diario, darme salud y bienestar a mi familia, agradezco a Dios, por siempre guiarme en lo que fue mi vida universitaria, gracias a mi universidad, en especial a mi Escuela Profesional de Ingeniería en Energía por convertirme en un excelente profesional, gracias a cada docente de mi escuela que me brindó enseñanzas y consejos.

Gracias a mis padres: Manuel y Pilar, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradezco de manera especial a mi compañero de Tesis, amigo y colega Mijail Jesús Zegarra Timoteo, por el interés, empeño y paciencia que tuvo para poder culminar con la elaboración de la tesis, espero que le vaya muy bien en su vida profesional y que Dios lo bendiga, al Dr. Mariños Castillo Gualberto Antenor tutor de nuestro proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

Sánchez Cárdenas Manuel Martín

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por darme felicidad, bendecir e iluminar cada paso en mi camino y darme la fuerza suficiente para lograr todas las metas de mi vida.

Gracias a mi familia: Mi madre Victoria, mi padre Jesús y mi hermana Keila, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradezco a los docentes de la Facultad de Energía de la Universidad Nacional del Santa por compartir mi conocimiento, paciencia, la conducta de su docente y la conducta de su docente de manera especial a mi asesor Dr. Mariños Castillo Gualberto Antenor y de manera especial a mi compañero de Tesis Manuel Martín Sánchez Cárdenas, por empeño que tuvo para poder culminar con la elaboración de la tesis, espero que le vaya muy bien en su vida profesional.

Zegarra Timoteo Mijail Jesús

INDICE

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR.....	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	IV
RESUMEN	XIV
ABSTRAC	XV
1. Introducción.....	1
1.1. Realidad problemática.....	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Justificación.....	4
1.4. Hipótesis.....	5
1.5. Objetivos.....	5
1.5.1. Objetivo general.....	5
1.5.2. Objetivos específicos	5
2. Marco Teórico.....	6
2.1. Radiación Solar	6
2.1.1. Tipos de radiación.....	6
A. Radiación directa	6
B. Radiación difusa	6
C. Radiación reflectada	6
2.1.2. Energía solar en el Perú	7
A. Horas pico del sol	7
2.2. Energía Fotovoltaica.....	8
2.2.1. Instalaciones conectadas a la Red Eléctrica.....	9
2.2.2. Instalaciones aisladas de la Red Eléctrica	9
2.3. Panel Fotovoltaico	10
2.3.1. Paneles Monocristalinos	11
2.3.2. Paneles Policristalinos	12
2.3.3. Paneles de Capa Fina	13
2.4. Baterías	13
2.4.1. Componentes de una batería solar	14
2.4.2. Baterías disponibles en el mercado.....	15
A. Plomo - Ácido.....	15

B. Níquel – Cadmio.....	15
2.5. Regulador o Controlador de Carga.....	16
2.6. Inversor Solar	17
2.7. Grupos Electrógenos	18
2.7.1. Componentes de un generador o grupo electrógeno.....	18
2.7.2. Funcionamiento de grupos electrógenos	20
2.8. Sistemas Híbridos.....	21
2.8.1. Sistema híbrido de generación.....	22
2.8.2. Componentes de un sistema híbrido	23
2.8.3. Configuración de un sistema híbrido.....	24
A. Sistema fotovoltaico con grupo electrógeno.....	24
B. Sistema fotovoltaico con aerogenerador.....	25
C. Sistema fotovoltaico con aerogenerador y un grupo electrógeno.....	26
2.8.4. Factores que influyen en un sistema híbrido	27
2.9. Fuentes naturales de energía.....	27
2.10. Software Homer Pro.....	28
3. Marco Metodológico.....	30
3.1. Materiales y/o Recursos	30
3.1.1. Software para procesamiento y análisis de la información	30
3.2. Métodos	30
3.2.1. Tipo de investigación.....	30
3.2.2. Diseño de investigación.....	30
3.2.3. Población y Muestra	30
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
3.4. Técnicas de procedimiento y análisis de los resultados	31
4. Análisis e Interpretación de los resultados	32
4.1. Cálculo de la Demanda de Energía	32
4.2. Datos de irradiación solar para el caserío Lloque	35
4.3. Equipamiento del sistema.....	36
4.3.1. Grupo Electrógeno.....	36
4.3.2. Paneles Fotovoltaicos	38
4.3.3. Baterías	46
4.3.4. Inversor/Cargador/Regulador	47
5. Simulación en el software Homer Pro	49

5.1. Introducción de datos	50
5.2. Recurso Solar.....	51
5.3. Recurso de Temperatura.....	51
5.4. Recurso del Combustible.....	52
5.5. Demanda de energía	55
5.6. Componentes para simular	56
5.7. Grupo Electrónico.....	58
5.8. Paneles Fotovoltaicos	59
5.9. Baterías	60
5.10. Inversor/Cargador/Regulador.....	61
5.11. Cálculos de la simulación.....	62
5.11.1. Sistema Diésel más Baterías	64
A. Costo del sistema	64
B. Flujo de caja.....	65
C. Electricidad generada.....	66
D. Funcionamiento de los componentes	66
E. Emisiones.....	69
5.11.2. Sistema Diésel.....	70
A. Costo del sistema	70
B. Flujo de caja.....	70
C. Electricidad generada.....	71
D. Funcionamiento de los componentes	72
E. Emisiones.....	73
5.11.3. Sistema Híbrido sin Baterías	74
A. Costo del sistema	74
B. Flujo de caja.....	75
C. Electricidad generada.....	76
D. Funcionamiento de los componentes	76
E. Emisiones.....	79
5.11.4. Sistema Híbrido.....	80
A. Costo del sistema	80
B. Flujo de caja.....	81
C. Electricidad generada.....	82
D. Funcionamiento de los componentes	82

E. Emisiones.....	86
5.11.5. Sistema Fotovoltaico.....	87
A. Costo del sistema	87
B. Flujo de caja.....	88
C. Electricidad generada.....	89
D. Funcionamiento de los componentes.....	89
E. Emisiones.....	92
5.12. Elección del sistema óptimo	93
5.13. Distancia de sombras.....	95
5.14. Área del sistema fotovoltaico.....	97
5.15. Dimensionamiento de sección de cables.....	99
A. Sección del conductor en el Tramo Paneles – Caja de conexión CC	100
B. Sección del conductor en el Tramo Caja de conexión CC – Regulador.....	100
C. Sección del conductor en el Tramo Inversor/Cargador/Regulador – Baterías	101
D. Sección del conductor en el Tramo Inversor – Tablero AC	101
5.16. Metrados y Presupuestos del Proyecto.....	103
Conclusiones y recomendaciones	105
Referencias bibliográficas y virtuales	107
Anexos	110

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Componentes de la radiación solar.....	7
Figura 2: Horas Pico de Sol.....	8
Figura 3: Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red Eléctrica.....	9
Figura 4: Sistema Fotovoltaico Aislado.....	10
Figura 5: Panel Fotovoltaico.....	11
Figura 6: Panel Fotovoltaico Monocristalino.....	12
Figura 7: Panel Fotovoltaico Policristalino.....	12
Figura 8: Panel Fotovoltaico Capa Fina (Amorfo).....	13
Figura 9: Baterías Solares.....	14
Figura 10: Estructura de una batería solar.....	15
Figura 11: Controlador de carga.....	16
Figura 12: Inversor Solar.....	17
Figura 13: Grupo Electrónico.....	18
Figura 14: Partes del Grupo Electrónico.....	20
Figura 15: Funcionamiento de Grupos Electrónicos.....	21
Figura 16: Sistema Híbrido de Generación.....	22
Figura 17: Componentes de un Sistema Híbrido.....	23
Figura 18: Sistema Fotovoltaico con Grupo Electrónico.....	25
Figura 19: Sistema fotovoltaico con aerogenerador.....	26
Figura 20: Sistema solar fotovoltaico con aerogenerador y grupo electrónico.....	26
Figura 21: Principales factores que influyen en un sistema híbrido.....	27
Figura 22: Distribución de la energía solar y sus derivados en la superficie de la tierra.....	28
Figura 23: Software Homer Pro.....	29
Figura 24: Grupo Electrónico Rivera Diésel RPS 14 (ANEXO 01).....	38
Figura 25: Panel fotovoltaico Perc Half Cell - EGE-450W-144M (ANEXO 02).....	40
Figura 26: Batería Hoppecke 12 OPzS 1500, 2V 2232 A.h. (ANEXO 03).....	47
Figura 27: Inversor/Cargador/Regulador Growatt, SPF 5000. (ANEXO 04).....	48
Figura 28: Ingreso de datos de ubicación en Homer Pro.....	50
Figura 29: Recurso Solar en Homer Pro.....	51
Figura 30: Recurso de Temperatura en Homer Pro.....	52
Figura 31: Recurso de Combustible diésel en Homer Pro.....	53
Figura 32: Parámetros económicos en Homer Pro.....	54

Figura 33: Parámetros de emisiones en Homer Pro.....	54
Figura 34: Demanda de energía en Homer Pro.....	55
Figura 35: Esquema físico del sistema a simular en Homer Pro	56
Figura 36: Esquema lógico del sistema a simular en Homer Pro	57
Figura 37: Presentación del Proyecto a simular en Homer Pro	58
Figura 38: Grupo Electrógeno en Homer Pro	59
Figura 39: Panel Fotovoltaico en Homer Pro	60
Figura 40: Batería solar en Homer Pro	61
Figura 41: Inversor solar en Homer Pro	62
Figura 42: Resultados de la Simulación del Homer Pro	63
Figura 43: Costo Total del Sistema Diésel más Baterías.....	64
Figura 44: Flujo de Caja del Sistema Diésel más Baterías	65
Figura 45: Electricidad del Sistema Diésel más Baterías	66
Figura 46: Generación de Energía del Grupo Electrógeno del Sistema Diésel más Baterías.....	67
Figura 47: Generación de Energía de las Baterías del Sistema Diésel más Baterías.....	68
Figura 48: Energía Transformada del Inversor del Sistema Diésel más Baterías.....	69
Figura 49: Emisiones del Sistema Diésel más Baterías	69
Figura 50: Costo Total del Sistema Diésel	70
Figura 51: Flujo de Caja del Sistema Diésel.....	71
Figura 52: Electricidad del Sistema Diésel.....	72
Figura 53: Generación de Energía del Grupo Electrógeno del Sistema Diésel.....	73
Figura 54: Emisiones del Sistema Diésel.....	73
Figura 55: Costo Total del Sistema Híbrido sin Baterías	74
Figura 56: Flujo de Caja del Sistema Híbrido sin Baterías.....	75
Figura 57: Electricidad del Sistema Híbrido sin Baterías	76
Figura 58: Generación de Energía del Grupo Electrógeno del Sistema Híbrido sin Baterías.....	77
Figura 59: Generación de Energía de los Paneles Fotovoltaicos del Sistema Híbrido sin Baterías	78
Figura 60: Energía Transformada del Inversor del Sistema Híbrido sin Baterías	79
Figura 61: Emisiones del Sistema Híbrido sin Baterías.....	79
Figura 62: Costo Total del Sistema Híbrido	80
Figura 63: Flujo de Caja del Sistema Híbrido	81
Figura 64: Electricidad del Sistema Híbrido.....	82
Figura 65: Generación de Energía del Grupo Electrógeno del Sistema Híbrido.....	83

Figura 66: Generación de Energía de los Paneles Fotovoltaicos del Sistema Híbrido	84
Figura 67: Generación de Energía de las Baterías del Sistema Híbrido	85
Figura 68: Energía Transformada del Inversor del Sistema Híbrido	86
Figura 69: Emisiones del Sistema Híbrido	86
Figura 70: Costo Total del Sistema Fotovoltaico	87
Figura 71: Flujo de Caja del Sistema Fotovoltaico.....	88
Figura 72: Electricidad del Sistema Fotovoltaico	89
Figura 73: Generación de Energía de los Paneles Fotovoltaicos del Sistema Fotovoltaico ..	90
Figura 74: Generación de Energía de las Baterías del Sistema Fotovoltaico	91
Figura 75: Energía Transformada del Inversor del Sistema Fotovoltaico	92
Figura 76: Emisiones del Sistema Fotovoltaico.....	92
Figura 77: Análisis de optimización del mejor sistema	93
Figura 78: Distancia mínima entre filas de Paneles Fotovoltaicos	95
Figura 79: Largo total proyectado del área del sistema fotovoltaico.....	97
Figura 80: Ancho total proyectado del área del sistema fotovoltaico.....	98
Figura 81: Área total proyectado del área del sistema fotovoltaico.....	99

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tasa de Crecimiento Promedio Anual de la Población Censada, Según Departamento	32
Tabla 2: Cálculo de la Tasa de Crecimiento Promedio en el Departamento de Cajamarca ..	32
Tabla 3: Proyección de la Población y Viviendas a 25 Años	33
Tabla 4: Demanda de Energía en el Caserío Lloque – Cajamarca.	34
Tabla 5: Ubicación Geográfica del Caserío Lloque – Cajamarca.....	35
Tabla 6: Data de irradiación solar y temperatura de la NASA del Caserío Lloque – Cajamarca.	35
Tabla 7: Características estándares de un rendimiento de sistema fotovoltaico.....	39
Tabla 8: Detalle de costos de paneles solares según su potencia en Wp.	40
Tabla 9: Especificaciones del Panel fotovoltaico Perc Half Cell - EGE-450W-144M.	41
Tabla 10: Resumen de datos de la Influencia de la temperatura.....	45
Tabla 11: Resumen de datos del cálculo de los módulos fotovoltaicos del sistema solar.	46
Tabla 12: Detalle de costos del combustible diésel en el Perú.	53
Tabla 13: Características mecánicas del panel fotovoltaico Perc Half Cell - EGE-450W-144M.	96
Tabla 14: Máxima caída de tensión máxima y recomendada en los diferentes circuitos.	99
Tabla 15: Tabla de conductor eléctrico solar PV ZZ-F	102
Tabla 16: Tabla de datos técnicos NH - 80.....	102
Tabla 17: Sección requerida del conductor eléctrico por tramo.	103
Tabla 18: Presupuesto referencial de los materiales para el sistema fotovoltaico.	103
Tabla 19: Costo del sistema fotovoltaico.....	104

RESUMEN

Esta investigación está orientada a hacer un estudio del sistema energético óptimo para abastecer de energía eléctrica al caserío Lloque ubicado en la parte Norte del distrito Catache, provincia de Santa Cruz, en la región de Cajamarca y tiene como objetivo general realizar una optimización con el software Homer Pro aplicado a un sistema con energía renovable y no renovable; por lo que se identifican los recursos energéticos disponibles en el Caserío, se analizan diversos modelos de sistemas energéticos con diferentes proporciones de generación renovable y no renovable, para dimensionar y determinar el sistema energético óptimo en el mencionado caserío.

Se calculó la energía que demanda el caserío Lloque proyectada a 25 años, la cual contará 40 viviendas, 1 local comunal y 14 puntos de alumbrado público con un total de 35,415 kWh. La demanda máxima que tiene es de 9.98 kW. Se propuso la alternativa del uso de energías renovables y no renovables como: sistemas diésel, sistema fotovoltaico y sistema híbrido solar – diésel. Por lo que se realiza la optimización en el software Homer Pro, se selecciona la alternativa más conveniente de los sistemas evaluados por el software, la cual resulta ser el sistema fotovoltaico. Para la optimización nos da como resultado el siguiente equipamiento: 36 paneles fotovoltaicos de la marca Perc Half Cell modelo EGE-450W-144M, 24 baterías de la marca Hoppecke de 2232 A.h, 02 Inversor/Cargador/Regulador de la marca Growatt modelo SPF 5000 ES de capacidad de 5 kW.

El sistema óptimo fotovoltaico el cual abastecerá de energía eléctrica al caserío Lloque tendrá una inversión de S/. 118 804.95, en el cual está contemplado los componentes del sistema, la ferretería, el montaje y el traslado hacia la ubicación correspondiente.

Palabras clave: grupo electrógeno, paneles fotovoltaicos, baterías, inversor/regulador, Homer Pro.

ABSTRAC

This research is aimed at making a study of the optimal energy system to supply electricity to the Lloque farmhouse located in the northern part of the Catache district, province of Santa Cruz, in the Cajamarca region, and its general objective is to perform an optimization with the software Homer Pro applied to a system with renewable and non-renewable energy; Therefore, the energy resources available in the Hamlet are identified, various models of energy systems are analyzed with different proportions of renewable and non-renewable generation, to dimension and determine the optimal energy system in the aforementioned hamlet.

The energy demanded by the Lloque farmhouse projected for 25 years was calculated, which will have 40 homes, 1 communal premises and 14 public lighting points with a total of 35,415 kWh. The maximum demand it has is 9.98 kW. The alternative of the use of renewable and non-renewable energies was proposed, such as: diesel systems, photovoltaic system and solar-diesel hybrid system. Therefore, the optimization is performed in the Homer Pro software, the most convenient alternative of the systems evaluated by the software is selected, which turns out to be the photovoltaic system. For the optimization, the following equipment results: 36 photovoltaic panels of the Perc Half Cell brand model EGE-450W-144M, 24 batteries of the Hoppecke brand of 2232 Ah, 02 Inverter/Charger/Regulator of the Growatt brand model SPF 5000 It is 5 kW capacity.

The optimal photovoltaic system which will supply electricity to the Lloque village will have an investment of S/. 118 804.95, in which the components of the system, the hardware, the assembly and the transfer to the corresponding location are contemplated.

Keywords: generator set, photovoltaic panels, batteries, inverter/regulator, Homer Pro.

1. Introducción

1.1. Realidad problemática

Actualmente gran parte de los caseríos, centros poblados y comunidades de nuestro país, ya cuentan con el servicio eléctrico que se ha vuelto imprescindible para la población; pero aún existen algunos caseríos, centros poblados y comunidades que no cuentan con este servicio, ya que se encuentran ubicados alejados de la red de media tensión existente; por lo tanto es de suma importancia que estas localidades sean atendidas por proyectos de electrificación, ya sea conectándose a la red primaria de media tensión existente o generando fuentes de energía a través de las energías renovables o también llamadas energías limpias.

El caserío de Lloque está ubicado en la parte Norte del distrito Catache, provincia de Santa Cruz, en la región de Cajamarca, a dos horas de viaje a pie desde el distrito más cercano, ya que no cuentan con carretera, y está conformado por 29 viviendas actualmente. Tiene un área geográfica, la cual es bastante accidentada, de difícil acceso y muy alejado de la capital del distrito, lo que dificulta contar con los servicios básicos. La población del caserío de Lloque no cuenta con electrificación, siendo muy compleja su implementación a través de la alimentación de las redes eléctricas existentes, debido a que la red de media tensión de 13.2 kV más cercano se encuentra a 8 km al sur del caserío antes mencionado; por lo tanto los pobladores del caserío usan lámparas petromax, linternas, mecheros, velas y baterías, pero recorren largas distancias para poder cargarlos, como alternativas de iluminación nocturna.

Debido a este déficit, el caserío no tiene oportunidad de desarrollo; porque hay restricciones en las actividades manufactureras, en los servicios de salud, en la educación, en las telecomunicaciones, los cuales esenciales para el desarrollo y la vida de las personas.

Formulamos el siguiente problema:

¿Cuál es el sistema energético óptimo para abastecer de Energía Eléctrica al caserío de Lloque – Cajamarca?

1.2. Antecedentes

Se presentan los siguientes antecedentes en la tesis:

Guerrero, G. & Catagua, K. (2021), sostienen que el Sistema de alumbrado público aplicado mediante energía renovable para la comuna Masa 2, Golfo de Guayaquil. Universidad Politécnica Salesiana – Guayaquil. Concluyo que, para el dimensionamiento del sistema solar, tiene los siguientes componentes: 03 Paneles Eco Green Energy 365Wp/24VDC Monocristalino FULL BLACK, 12 Baterías Sunbright Battery 150Ah/12VDC gel de ciclo profundo SBB, 01 Controlador Morningstar MPT 40A/12-24VDC, 06 m de Cable #16 AWG 100m, 12 Estructuras poste metálico y 12 Luminarias Led 30W, con respecto al dimensionamiento de los postes y de las luminarias. Los postes se construyeron de una base reforzada y con un cuerpo sólido, los postes tienen una altura de 5 m de altura y 15 m de separación, con la cual estará estable y equilibrado para soportar los fuertes vientos y el peso de la luminaria. De igual manera las luminarias, son led de una potencia de 30 W, estas pasaron un estudio en el software DIALux evo, los resultados del estudio fueron positivos. La finalidad de su proyecto fue dar una mejor calidad de vida a la comuna el cual tuvo un presupuesto de \$ 8 348,40.

Así mismo, Aponte, L. (2020), sostiene en su tesis que el Diseño de una microrred fotovoltaica/diésel con backup de batería de Li-Ion para mejorar el servicio eléctrico en la ciudad de San Antonio del Estrecho, Loreto, Perú. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo – Lambayeque. Concluyo que, para el diseño de una microrred (fotovoltaica/diésel) con backup de baterías de Li-Ion, la microrred cuenta con lo siguiente: 988 Módulos fotovoltaicos Jinko de 400 Wp, 01 Banco de baterías QINOUS ESS con capacidad 250 kWh, 02 Controladores DEIF AGC-200 para el control y comunicación de los grupos electrógenos, 01 Controlador DEIF AGC-4 Solar para los módulos fotovoltaicos y 01 Controlador DEIF AGC-4 Battery para el banco de baterías, 04 Inversores SMA Sunny Highpower Peak de capacidad de 75 kW cada uno. La inversión de este proyecto fue de US\$ 552 249.12, por la cual el primer año se genera 502 751 kWh y proyectada a 30 años alcanza un total de 13 493 343 kWh. Respecto a su evaluación económica obtuvieron un VAN de \$ 8 755.01 y un TIR de 10.20%, con la cual demostraron que el sistema es muy rentable económicamente.

Igualmente, Cayotopa, J. (2019), en su trabajo Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado para electrificar al caserío Flor del Valle en Yambrasbamba

provincia de Bongará departamento de Amazonas. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo – Lambayeque, concluyó que, para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico aislado cuya demanda de energía proyectada es de 13,511 kWh/día, está conformado por los siguientes componentes: 20 Paneles YINGLI SOLAR 320Wp, 16 Baterías RITAR 260Ah, 02 Reguladores de carga VICTRON ENERGY 150/70, 02 Inversores VICTRON ENERGY 48/3000-230 V. Con lo que alimentara de energía a 33 viviendas proyectadas, 01 local comunal y a la red eléctrica secundaria que se encargara de distribuir la energía desde el sistema fotovoltaico aislado hacia las viviendas. El costo del sistema fotovoltaico fue de S/ 206 019,36.

De igual manera, Montoya, G. (2019), en su tesis Dimensionamiento y selección de un sistema fotovoltaico con el software Homer como alternativa para generar energía eléctrica en el caserío nuevo retiro en Cumba – Utcubamba – Amazonas. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo – Lambayeque. Concluyo que, para el dimensionamiento y selección del sistema fotovoltaico, que se requiere 40 viviendas proyectadas, 01 local comunal para su demanda de energía es de 16,424 kWh. Puesto que el caserío cuenta con una radiación promedio de 4.25 kWh/m²/día, realizo la optimización con el software Homer para elegir el más económico y optimo, está conformado por los siguientes componentes: 16 Paneles fotovoltaicos Jinko 330Wp, 24 Baterías Hoppecke de 2232 Ah, 02 Controladores de carga Victron Energy 150/60, 01 Inversores Victron Energy Quattro 48/8000/110-100/100 de capacidad 6.5 kW o 8 kVA. De igual manera dimensiono una red eléctrica secundaria que se encargara de distribuir la energía desde el sistema fotovoltaico hacia las viviendas, con un requerimiento eléctrico y mecánico es 1x16/25, 1x16+16/25. El costo del sistema fotovoltaico más la red de distribución fue de S/ 211 058,89.

De igual manera, García, L. (2019), en su tesis Optimización con el software Homer de un sistema eléctrico con energía renovable en el centro poblado Santa Mercedes de Pillingue en el distrito de Balsa Puerto - Loreto. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo – Lambayeque. Concluyo que, para la optimización propuso usar las energías renovables solar, eólica, las cuales planteó tres alternativas: sistema fotovoltaico, sistema eólico y sistema hibrido eólico – fotovoltaico, con la ayuda del software Homer se halla el más óptimo para lo que se requiere 44 viviendas proyectadas, 01 local comunal con una demanda de energía de 24,56 kWh. Luego de realizar la optimización con el Homer, la

alternativa más económica y optima es el sistema fotovoltaico, está conformado por los siguientes componentes: 48 Paneles fotovoltaicos Jinko 275Wp, 16 Baterías Trojan de 205 Ah, 04 Controladores de carga Victron Energy 150/70, 01 Inversores Studer de capacidad 6 kW. Así mismo dimensiono la red eléctrica secundaria que se encargara de distribuir la energía del sistema fotovoltaico hacia cada vivienda contando también con alumbrado público, el conductor eléctrico que cumple con el requerimiento es 1x16/25, 1x16+16/25. La inversión de la alternativa elegida, sistema fotovoltaico, llego a tener un costo referencial de S/ 255 017,12.

Así mismo, Descalzo, J. (2014), en su tesis Sistema Híbrido Diésel – Fotovoltaico: Gestor Energético. Universidad Carlos III de Madrid – España. Concluyo que el funcionamiento del sistema híbrido diésel – fotovoltaico con la ayuda de un gestor energético, lo cual minimiza los costos y aprovecha la energía fotovoltaica al máximo para la reducción de los gases contaminantes. Evaluó el primer año comparándolo solo con el sistema diésel la cual necesita 9 844 L de combustible, mientras que el sistema híbrido diésel – fotovoltaico necesita 6 625 L, en el primer año se obtiene un ahorro de 3 219 L por lo que estimando a los 25 años se tendrá un ahorro de 80 475 L de combustible. Se comprueba por medio del uso del software Homer la cual comparo los sistemas dando como mejor resultado el sistema híbrido diésel – fotovoltaico, por lo que este sistema satisface la demanda de energía que es de 24 749 kWh/año, dando así la comparación que el sistema diésel es un 100 % de energía generada, mientras que el sistema híbrido el 58 % es generada por el sistema fotovoltaico y el 42 % es del sistema diésel.

1.3. Justificación

El Caserío de Lloque – Cajamarca, actualmente no cuenta con recurso energético, por lo que los pobladores no tienen acceso a los servicios derivados de energía. Por lo tanto, nuestra investigación se orienta a poder diseñar el óptimo sistema energético que debe solucionar el problema energético en esta zona.

Es necesario señalar que en la electrificación rural en zonas apartadas no es raro limitar el suministro de energía eléctrica a un determinado número de horas; esta situación se pretende revertir en con el presente trabajo de investigación, ya que al contar con dos fuentes de energía se espera garantizar la continuidad del servicio eléctrico (Solar - Diésel), y ayudará a proteger el medio ambiente, con lo cual se podría obtener los siguientes beneficios:

- Brindar el servicio de energía eléctrica en forma continua al Caserío.
- Realizar una inversión a largo plazo que será beneficioso para la expansión y crecimiento de la población.

1.4. Hipótesis

El sistema energético óptimo para abastecer de energía eléctrica al caserío de Lloque – Cajamarca es el sistema híbrido Solar - Diésel.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Realizar el estudio del Sistema Energético óptimo para abastecer de Energía Eléctrica al Caserío Lloque – Cajamarca.

1.5.2. Objetivos específicos

- Identificar los recursos energéticos disponibles en el Caserío Lloque - Cajamarca.
- Analizar diversos modelos de sistemas energéticos con diferentes proporciones de generación renovable y no renovable.
- Dimensionar el sistema energético óptimo para abastecer de energía eléctrica al Caserío Lloque - Cajamarca mediante el uso del software Homer.
- Determinar el sistema energético óptimo para abastecer de energía eléctrica al Caserío Lloque – Cajamarca.

2. Marco Teórico

2.1. Radiación Solar

La radiación solar es la energía que emite el sol que va a llegar a la tierra en forma de irradiación electromagnética. Las 3 irradiaciones electromagnéticas que ingresan a la superficie terrestre son: la radiación ultravioleta (UV), radiación infrarroja (IR) y luz visible (LV), la radiación solar tiene como magnitud la irradiancia que se mide en superficie horizontal con el sensor de radiación (piranómetro), su unidad de medida es vatios por metro cuadrado W/m^2 . La constante solar según la NASA es de $1393 W/m^2$. (Montoya, G. 2019).

2.1.1. Tipos de radiación

Dependiendo de cómo los objetos se encuentren en la superficie reciban la radiación solar, se pueden apreciar los siguientes tipos de radiación:

A. Radiación directa

Es la radiación no sufre ningún cambio o desviación en su dirección que viene directamente del sol. La principal característica de esta radiación es proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la obstaculizan.

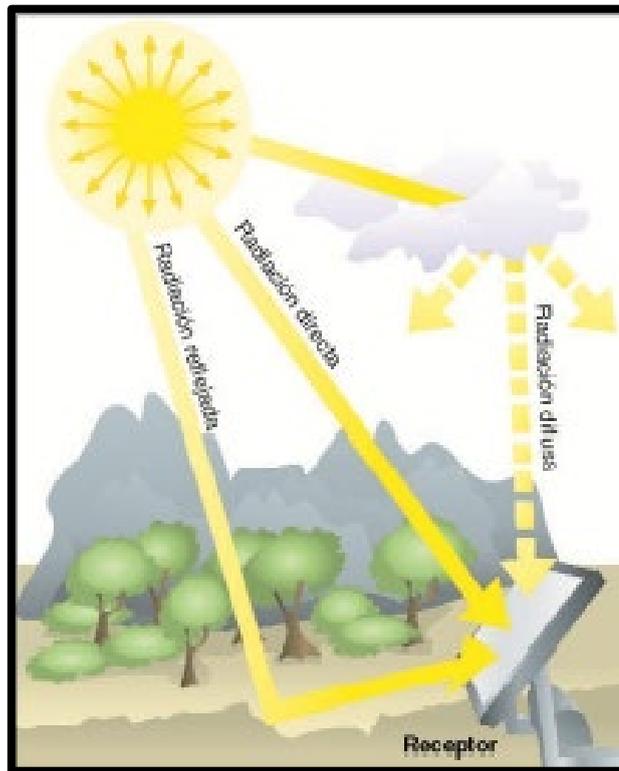
B. Radiación difusa

Porción de la radiación que traspasa la atmósfera es reflejada por las nubes o absorbida por éstas. La radiación difusa, se direcciona en todas las partes por consecuencia de las absorciones y reflexiones, no sólo de las nubes sino también de las pequeñas partículas de polvo que hay en la atmósfera, árboles, montañas, el propio suelo, etc. La principal característica de esta radiación es no producir sombra alguna respecto a los opacos objetos introducidos.

C. Radiación reflejada

Es la radiación reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación va a depender del factor de reflexión de la superficie, también denominado albedo. Las superficies que no van a recibir ninguna radiación reflejada son las horizontales, debido a que no ven ninguna superficie terrestre y las superficies que más radiación reflejada reciben son las verticales. (Montoya, G., 2019)

Figura 1: Componentes de la radiación solar



Fuente: Montoya, G. (2019)

2.1.2. Energía solar en el Perú

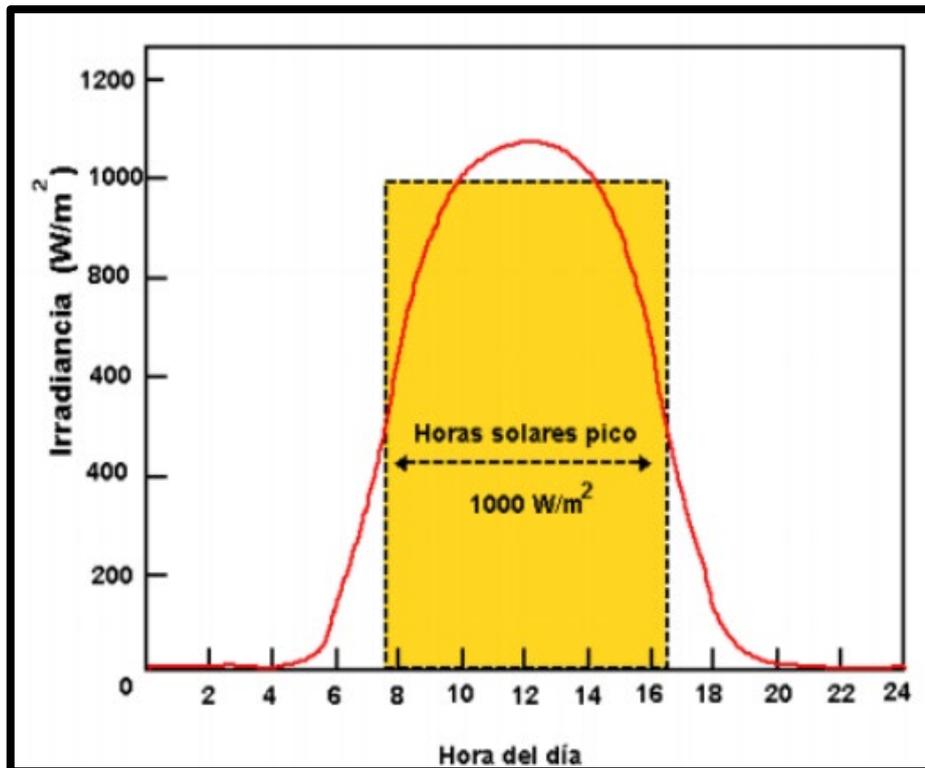
“La radiación solar anual en el Perú es elevada, en la sierra la radiación solar es aproximadamente de 5,5 a 6,6 kWh/m²; en la Costa la radiación se va a aproximar a 5,0 a 6,0 kWh/m² y en la selva es de aproximadamente 4,5 a 5,0 kWh/m².” (Montoya, G., 2019).

A. Horas pico del sol

“La hora Pico de sol, se utiliza frecuentemente para poder realizar cálculos fotovoltaicos. La hora pico de sol es la cantidad de radiación solar que va a recibir un metro cuadrado de superficie. Por ejemplo, si existe 5 HPS, vamos a tener 5 horas pico de sol que va a transmitir 1000 W/m². Esa superficie va a recibir ese día 5000 W/m², que va a ser igual que recibir 5 KW/m².” (Montoya, G., 2019).

La disposición de la radiación en el transcurso del día y la idea de horas pico de sol se van a mostrar en la Figura 2.

Figura 2: Horas Pico de Sol



Fuente: Montoya, G. (2019)

2.2. Energía Fotovoltaica

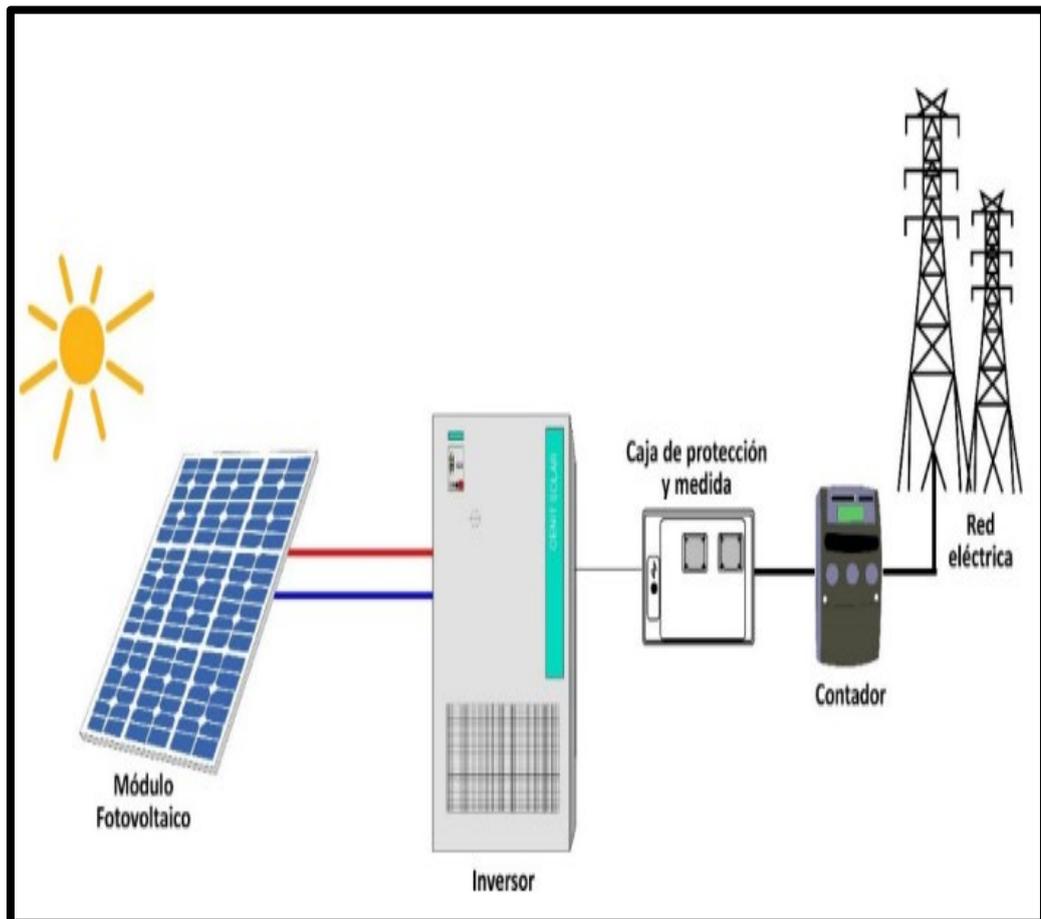
La radiación solar se transforma en electricidad por medio de dispositivos como paneles fotovoltaicos que genera en corriente continua por lo que se requiere un inversor solar para su transformación en corriente alterna, esta se le conoce como energía fotovoltaica. En los paneles fotovoltaicos, la radiación solar excita los electrones en un dispositivo semiconductor, creando una pequeña diferencia de potencial. La conexión de estos dispositivos en serie genera una mayor diferencia de potencial.

Para la utilización del sistema existen dos formas de instalaciones, puesto que en la generación de la energía eléctrica por medio de los paneles fotovoltaicos existe un exceso de energía la cual es la energía que no es consumida por la demanda la cual esta necesita ser distribuida por otro medio o ser almacenada. Por lo que bien la transmitimos por medio de la red eléctrica o puede ser almacenada en baterías para un uso posterior. A estas se le conoce como instalaciones conectadas a la red eléctrica e instalaciones aisladas de la red eléctrica.

2.2.1. Instalaciones conectadas a la Red Eléctrica

“Son sistemas atractivos para zonas urbanizadas cercanas a la red eléctrica. Estos sistemas producen energía eléctrica por paneles solares, pero no necesitan baterías, ya que se convierte la energía producida por los paneles, mediante un inversor, y la entrega a la red eléctrica convencional.” (Jeri, J. & Sacha, G., 2017).

Figura 3: Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red Eléctrica



Fuente: Santa Rosa, R. (2017)

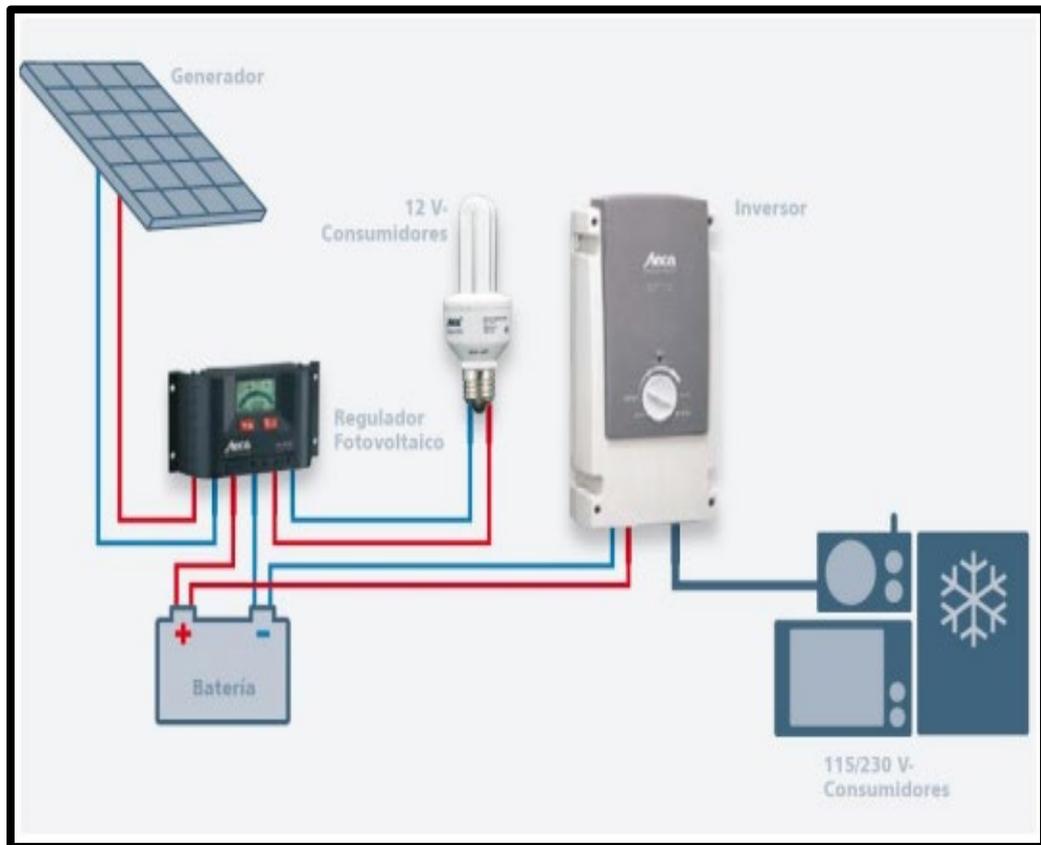
2.2.2. Instalaciones aisladas de la Red Eléctrica

“Estos sistemas incluyen paneles solares que producen energía. Esta energía se debe acumular o almacenar en baterías, para que la energía que se encuentra almacenada en el interior de las baterías sea distribuida para que abastezcan de energía a nuestros electrodomésticos y luces domésticas.

Cabe señalar que este tipo de configuración se puede utilizar de día y de noche, en días con poca radiación solar, nublado o despejado, teniendo siempre energía

disponible.” (Jeri, J. & Sacha, G., 2017).

Figura 4: Sistema Fotovoltaico Aislado



Fuente: Alonso Lorenzo, J. (2019)

2.3. Panel Fotovoltaico

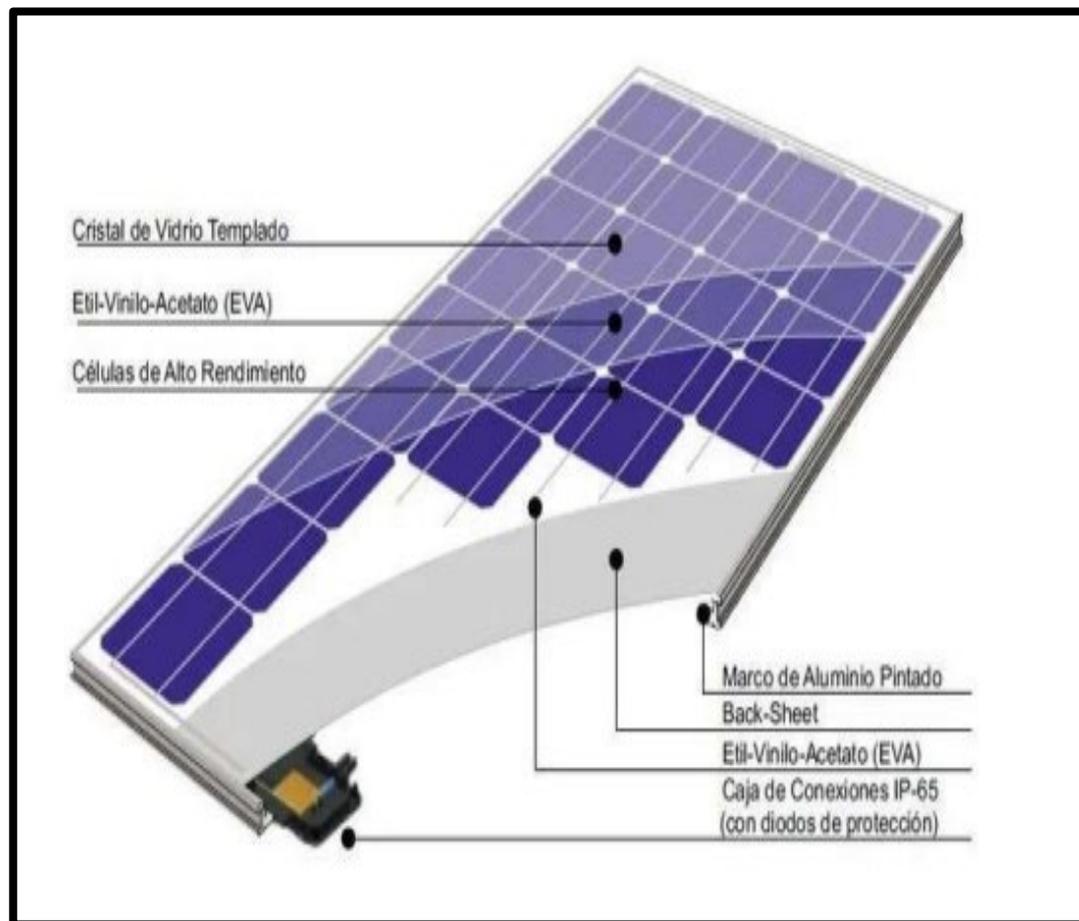
Los paneles solares están formados por grupos de células fotovoltaicas. Estas células (de diferentes tecnologías según el tipo de panel) se conectan en serie para lograr el valor de voltaje de salida deseado (12V, 36V, etc.), múltiples ramas en paralelo para aumentar la corriente. Las células de polisilicio se hicieron cada vez más populares. Estas células ofrecen una eficiencia menor que las células de monosilicio, pero crecer en grandes depósitos reduce en gran medida los costos de producción.

En el mercado actual podemos encontrar tres tipos de paneles fotovoltaicos: monocristalinos, policristalinos y de capa fina (amorfa). Los primeros estaban hechos de puro silicio fundido dopado con boro. Los policristales se producen de la misma manera que los monocristales, pero con un número reducido de etapas de cristalización.

Sin embargo, las láminas de película delgada se producen de manera diferente al depositarlas como una lámina delgada sobre un sustrato como vidrio o plástico. (Tritec

Intervento, 2017).

Figura 5: Panel Fotovoltaico

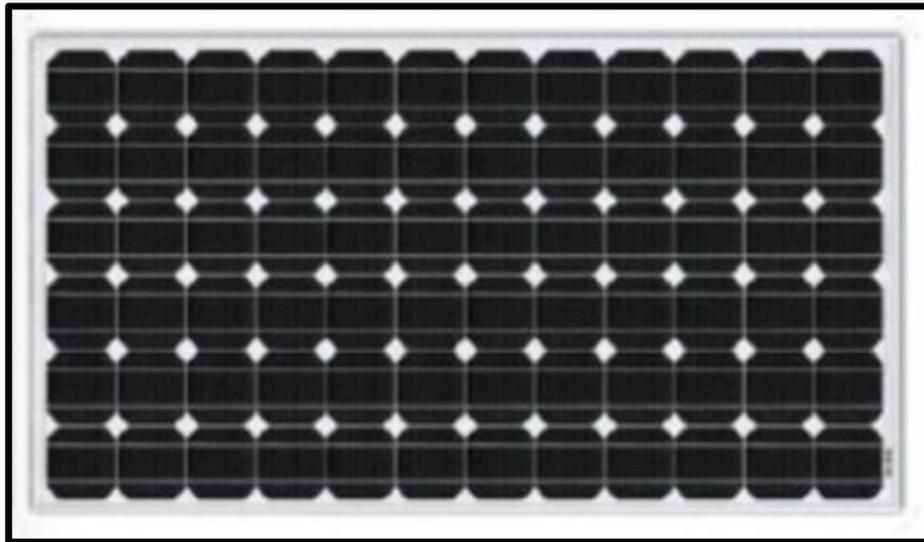


Fuente: Tritec Intervento (2017)

2.3.1. Paneles Monocristalinos

“Los paneles monocristalinos son más eficientes que los paneles policristalinos (bajo condiciones STC). Su rendimiento en laboratorio es cercano al 24 %, y su rendimiento comercial oscila entre el 17 y el 20%. Ese es un factor importante cuando no tenemos mucha superficie para instalar los paneles, porque así podemos obtener más energía con el mismo espacio. Su vida útil también es generalmente más larga que la de los paneles policristalinos, y generalmente funcionan mejor con radiación difusa. Estos factores hacen que su precio sea ligeramente superior al policristalino.” (Tritec Intervento, 2017)

Figura 6: Panel Fotovoltaico Monocristalino

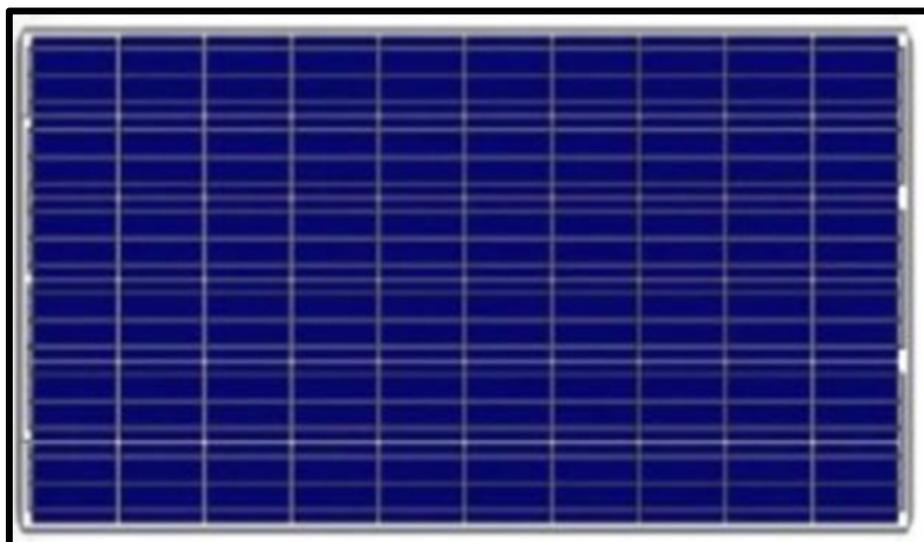


Fuente: Tritec Intervento (2017)

2.3.2. Paneles Policristalinos

“Los paneles policristalinos tienen una eficiencia de laboratorio cercana al 19% y su eficiencia comercial está entre el 13 y el 15%. A pesar de su menor eficiencia, los paneles policristalinos cuestan menos que los paneles monocristalinos y funcionan mejor a altas temperaturas, por lo que en estas condiciones pueden generar más energía que los paneles es diferente.” (Tritec Intervento, 2017).

Figura 7: Panel Fotovoltaico Policristalino



Fuente: Tritec Intervento (2017)

2.3.3. Paneles de Capa Fina

Los paneles de película fina suelen tener rendimientos de laboratorio de alrededor del 13 % y rendimientos comerciales del 7 al 9 %. Por tanto, una de sus principales ventajas es que, aunque requiere más espacio para generar la misma potencia que los paneles policristalinos o monocristalinos, su precio es mucho más reducido y muy atractivo.

Las películas delgadas más importantes son las películas delgadas de cobre indio selenio (CIS) o cobre indio galio selenio (CIGS) y finalmente las películas delgadas basadas en cadmio telurio (CdTe). (Tritec Intervento, 2017).

Figura 8: Panel Fotovoltaico Capa Fina (Amorfo)



Fuente: Tritec Intervento (2017)

2.4. Baterías

La energía generada por los paneles solares se determina por su variación tanto diaria como estacionaria. Esto perjudica a la disponibilidad de la energía y consecuentemente a su autonomía. Para evitar este inconveniente es elemental incluir a las baterías. Las baterías acumulan la electricidad producida por los paneles solares para poder emplearlo, por ejemplo, en horas en que la energía consumida es superior a la generada por los paneles o bien de noche. (ITC, 2008).

“Las baterías para la utilización fotovoltaica no se diferencian de las baterías usadas para automóviles, sin embargo, internamente las baterías para aplicaciones fotovoltaicas son de ciclo profundo, lo que significa que puede liberar una cantidad significativa de energía

antes de que necesiten recargarse y así suministrar, durante muchas horas, corrientes eléctricas controladas.” (Vega y Ramírez, 2014)

Figura 9: Baterías Solares

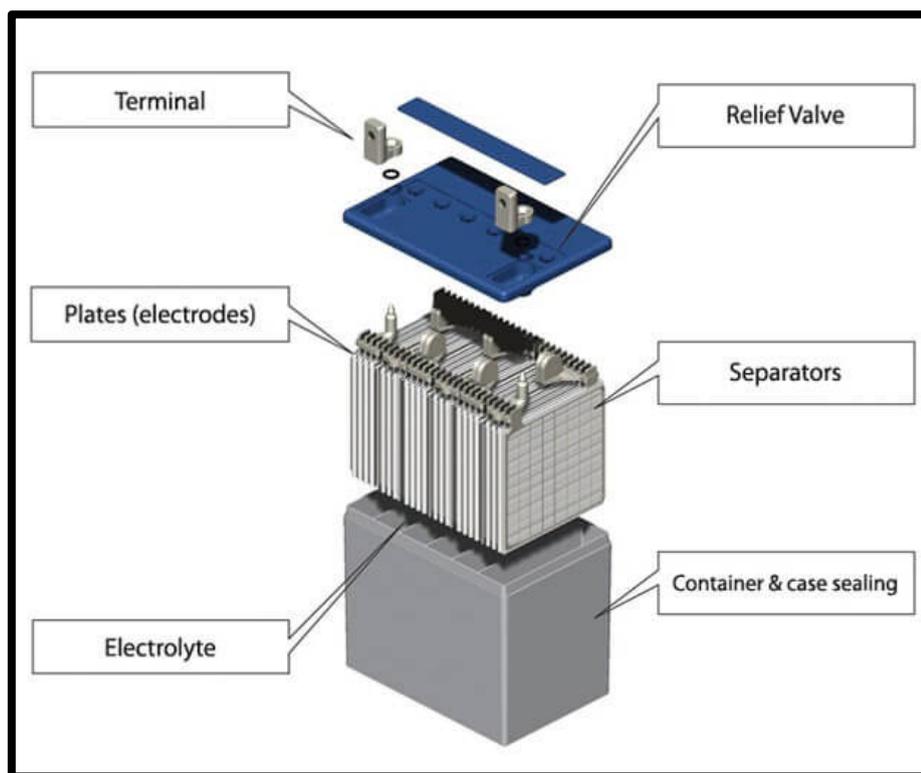


Fuente: Social energy (2021)

2.4.1. Componentes de una batería solar

- Placas: Están compuestas por rejillas y materia activa.
- Rejillas: Distribuyen la corriente sobre toda la placa y actúa como sostén de la materia activa.
- Materia activa: Contiene elementos de una célula que interviene en la reacción electroquímica de carga y descarga.
- Separadores: Están ubicados entre las placas positiva y negativa para evitar el contacto eléctrico entre ellas y que no se produzca ningún cortocircuito.
- Electrolito: Es el canal responsable de la transferencia de carga entre los electrodos positivo y negativo.

Figura 10: Estructura de una batería solar



Fuente: www.todoplacassolares.com

2.4.2. Baterías disponibles en el mercado

A. Plomo - Ácido

“Las baterías de este tipo son muy utilizadas en sistemas fotovoltaica, la unidad estructural básica de una batería es de 2 V por celda. La capacidad de una batería para almacenar energía depende de la rapidez de descarga. Requieren un mantenimiento continuo y se debe garantizar una adecuada ventilación y protección contra ambientes corrosivos, debido al electrolito (ácido).” (Valdiviezo, 2014).

B. Níquel – Cadmio

Tienen similar estructura física que las baterías de Plomo – Ácido. Solo que en lugar de Plomo se utiliza hidróxido de Níquel para las placas positivas y óxido de Cadmio para las negativas. (Gutiérrez, H. & Guevara, R., 2016).

2.5. Regulador o Controlador de Carga

“El regulador es un convertidor de potencia que gestiona la energía generada por el panel solar. Permite obtener el correcto funcionamiento de la instalación, es fundamental instalar un sistema de regulación de carga en la unión entre los paneles solares y las baterías, este equipo tiene el nombre de regulador.

Su función es evitar casos de sobrecarga y descarga excesiva de la batería, debido a que los paneles solares, tienen un voltaje nominal mayor que el de la batería, por ello si no existiera el regulador, se va a producir las sobrecargas.” (Montoya, G., 2019).

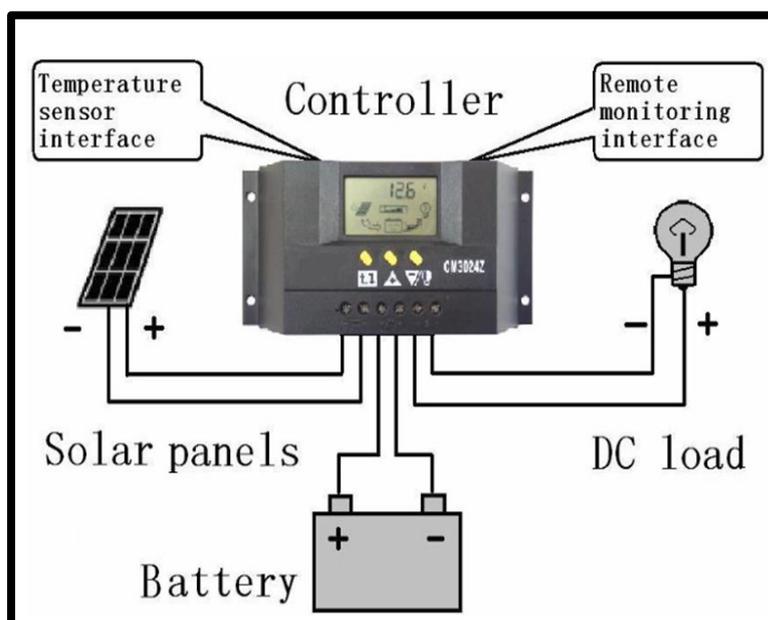
El regulador también ayuda a prolongar la vida útil de la batería, básicamente por medio del uso de reguladores se puede:

- Bloquear la corriente inversa.
- Asegurar el llenado óptimo de la batería.
- Prevenir de sobrecarga a la batería.

El regulador trabaja entre las dos zonas:

- En la parte relacionada con la carga: Su función es asegurar una carga suficiente del acumulador, evitando así situaciones de descarga.
- En la parte de descarga: se ocupa de asegurar el suministro eléctrico diario suficiente y evitar que la batería se descargue en exceso.

Figura 11: Controlador de carga



Fuente: Quiroga, M. (2019)

2.6. Inversor Solar

El inversor es un equipo que convierte la corriente continua (CC o DC) que suministran los paneles solares o las baterías a corriente alterna (CA o AC).

“La CA es la que empleamos en nuestras viviendas, los electrodomésticos o equipos eléctricos normalmente funcionan a 220V de tensión monofásica o 380V de tensión trifásica. Por lo tanto, un inversor es un dispositivo electrónico que, a través de sus componentes, tiene capacidad de ondular corrientes y voltajes que no son de frecuencia en una onda sinusoidal de 50 Hz 220 / 380V. Para hacer la onda lo más sinusoidal posible, se utiliza, por ejemplo, técnica de modulación de ancho de pulso (PWM). Esta técnica lo hace permite regular la frecuencia y el valor rms de la forma de onda de salida.” (Autosolar, 2020)

Los inversores deben protegerse en los siguientes casos:

- Voltaje de entrada fuera del rango operativo.
- Las baterías se encuentren desconectadas.
- Cortocircuito en la salida de corriente alterna.
- Sobrecargas que sobrepasen la duración y límites permitidos.

Figura 12: Inversor Solar



Fuente: Autosolar (2020)

2.7. Grupos Electrógenos

“Un grupo electrógeno, o también llamado generador, es un dispositivo que contiene un generador eléctrico accionado mediante un motor de combustión interna. Se utilizan a menudo como sistemas de respaldo para suministrar electricidad cuando la red eléctrica falla, o allí donde el suministro convencional no llega.

Los grupos electrógenos normalmente suministran en corriente alterna (AC), teniendo además un mínimo técnico de funcionamiento (normalmente un 30-40%) para no reducir la vida útil del mismo. Así mismo, los GE no pueden encenderse y apagarse constantemente, ya que se reduce su vida útil, por lo que cuando arranquen se debería garantizar que lo hagan por un tiempo suficiente para que no haga falta otro encendido en el corto plazo.” (Maxim Domenech, 2020).

Figura 13: Grupo Electrógeno



Fuente: Acciona (2021)

2.7.1. Componentes de un generador o grupo electrógeno

Un generador o grupo electrógeno, está compuesto de los siguientes elementos:

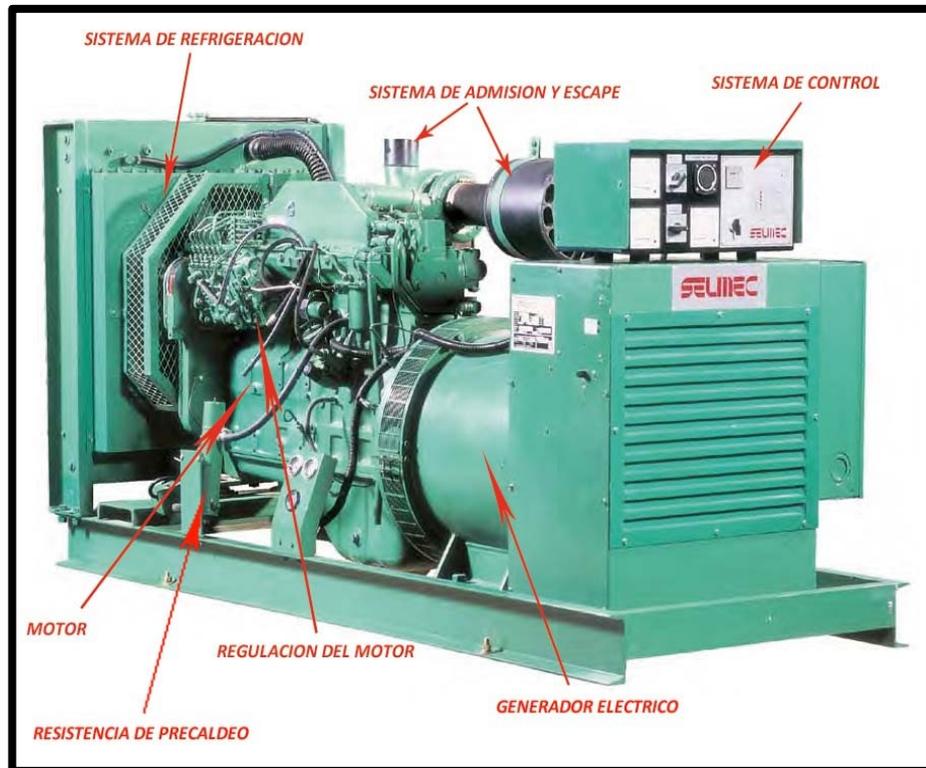
- El motor: Fuente de energía mecánica que permite que el alternador genere

electricidad. Este motor diésel es el más utilizado debido a su presentación mecánica, ecológica y económica. Han surgido algunas adaptaciones que permiten el uso de gas.

- El regulador del motor: Mantiene la velocidad constante del motor, dependiendo de la carga requerida. La variación velocidad del motor incide con la en la frecuencia de potencia de salida.
- El sistema eléctrico: Incluye un motor de arranque eléctrico, baterías, sensores y dispositivos de alarma.
- El sistema de refrigeración: La refrigeración puede ser a base de agua, aceite o aire. La refrigeración por medio de un radiador y un ventilador interior. Consiste en enfriar sus elementos, a esto se le conoce como refrigeración por agua o aceite. La refrigeración por medio de un gran ventilador. Consiste en hacer circular aire frío por todo el motor para enfriarlo, a esto se le conoce como refrigeración por aire.
- El alternador: Es el componente que produce la salida de la energía eléctrica. Generalmente es a prueba de salpicaduras, autoajustable, sin escobillas y acoplado con precisión al motor. También existen alternadores con escobillas para generadores cuyo funcionamiento se verá restringido u obligado a realizar el trabajo principal.
- La bancada y el depósito de combustible: La bancada usualmente es de acero de alta resistencia y se usa para conectar el motor y el alternador. Esta bancada también incluye un tanque de combustible, que debe tener una capacidad estándar de al menos 8 horas de funcionamiento completo para uso de emergencia.
- El aislamiento de vibración: Consiste en almohadillas antivibración diseñadas para minimizar las vibraciones del motor y el alternador. Suelen estar ubicados entre la base del motor, el alternador, el panel de control y de la bancada.
- El silenciador: Siempre están equipados con un silenciador para limitar el ruido del escape de la máquina para minimizar las emisiones de ruido
- El sistema de control: Permite monitorear y controlar el funcionamiento del generador para evitar posibles fallas.
- El interruptor automático de salida: Permite la protección de generadores mediante control manual. El alternador también está protegido por un

contactor.

Figura 14: Partes del Grupo Electrónico



Fuente: Acciona (2021)

2.7.2. Funcionamiento de grupos electrógenos

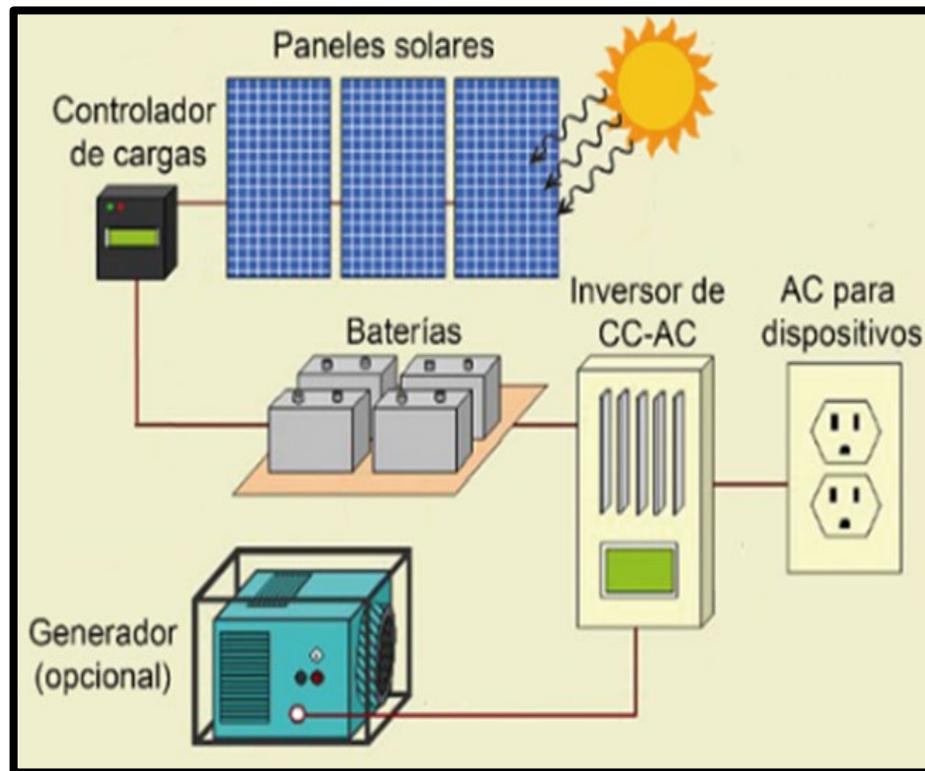
“El grupo electrógeno se compone principalmente de un motor diésel de combustión interna diésel, el cual, gracias a un eje mecánico, hace girar a un alternador, el cual su función es generar energía eléctrica, la cual abastecerá la red de consumidores.

El grupo electrógeno se ha puesto en marcha. Usualmente por un motor DC conectado al mismo eje. El arranque de este motor se realiza mediante el uso de las baterías.

En general, las unidades de arranque se realizan mediante un interruptor eléctrico o un pulsador de arranque de un controlador electrónico con todas las funciones de vigilancia. Cuando el motor está en marcha, el alternador convierte la energía mecánica en energía eléctrica y según el número de revoluciones del alternador y el número de consumidores conectados, en el mejor de los casos habrá suficiente energía para alimentar a todos los consumidores y poder cargar la batería.” (Rojas,

G. 2018).

Figura 15: Funcionamiento de Grupos Electr6genos



Fuente: Ayerbe (2020)

2.8. Sistemas H6bridos

El sistema h6brido es aquel que utiliza varias fuentes de energa, va a depender de la disponibilidad de los recursos que tenga, para poder generar y distribuir energa el6ctrica de forma optimizada y con bajo costo, a una concreta carga o a una red el6ctrica aislada o conectada a otras redes. (Tavares, P., 2008).

Los sistemas h6bridos solares se caracterizan por combinar energa solar con otro tipo de energa. Un sistema de generaci3n de este tipo cuenta con dos fuentes de energa. Por un lado, estn las placas fotovoltaicas que generan energa el6ctrica a partir del sol y el convertidor almacena la energa en bateras, que convierte la corriente continua (CC) en alterna (CA) para poder usarla.

La otra fuente de energa es un grupo electr6geno di6sel. Estas dos fuentes de energa se utilizan para complementarse entre s3. De modo que, cuando la energa que proporciona el sol no sea suficiente o en algunos casos sea menos rentable (por ejemplo, la hora del

día ya no es óptima en cuanto a la luz solar), el sistema híbrido echa una mano del combustible diésel para generar energía. (Equipo Morillo, 2021).

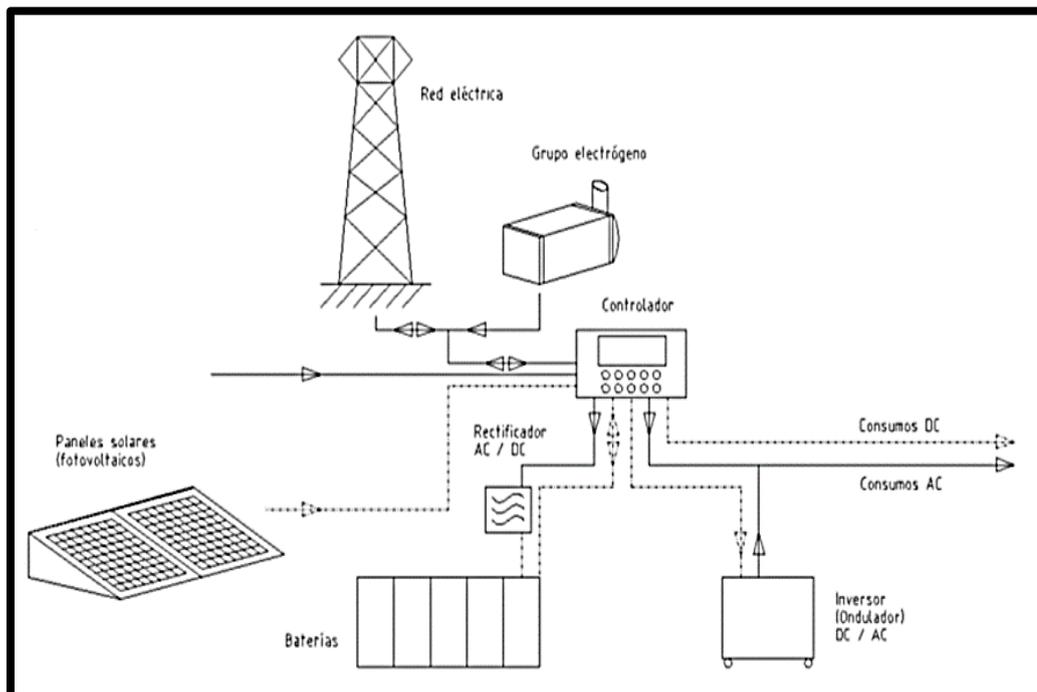
2.8.1. Sistema híbrido de generación

Se entiende por sistema híbrido aquel que genera electricidad a partir de dos o más diferentes fuentes de energía. Con la implementación del sistema híbrido, tratamos de reducir el valor del proyecto y favorecer la gestión del sistema a partir de la mezcla de las fuentes de energía disponibles.

Los sistemas híbridos son los más flexibles para la futura expansión del consumo y confiables porque tienen los recursos en caso de que algún componente falle. En cambio, se asevera que los sistemas autónomos tienen el mayor costo de inversión y que los generadores requieren altos costos de combustible y mantenimiento.

Obviamente, el uso de un sistema híbrido está relacionado con la creación de la red eléctrica. Dado que la generación de energía está centralizada. A este concepto se le llama micro red eléctrica y consta de una unidad central de generación de energía, una unidad de gestión y las correspondientes redes de distribución de energía monofásica o trifásica 220/318 V y 60 Hz. (Cruz, E. 2010).

Figura 16: Sistema Híbrido de Generación



Fuente: Morillo Energy Rent (2020)

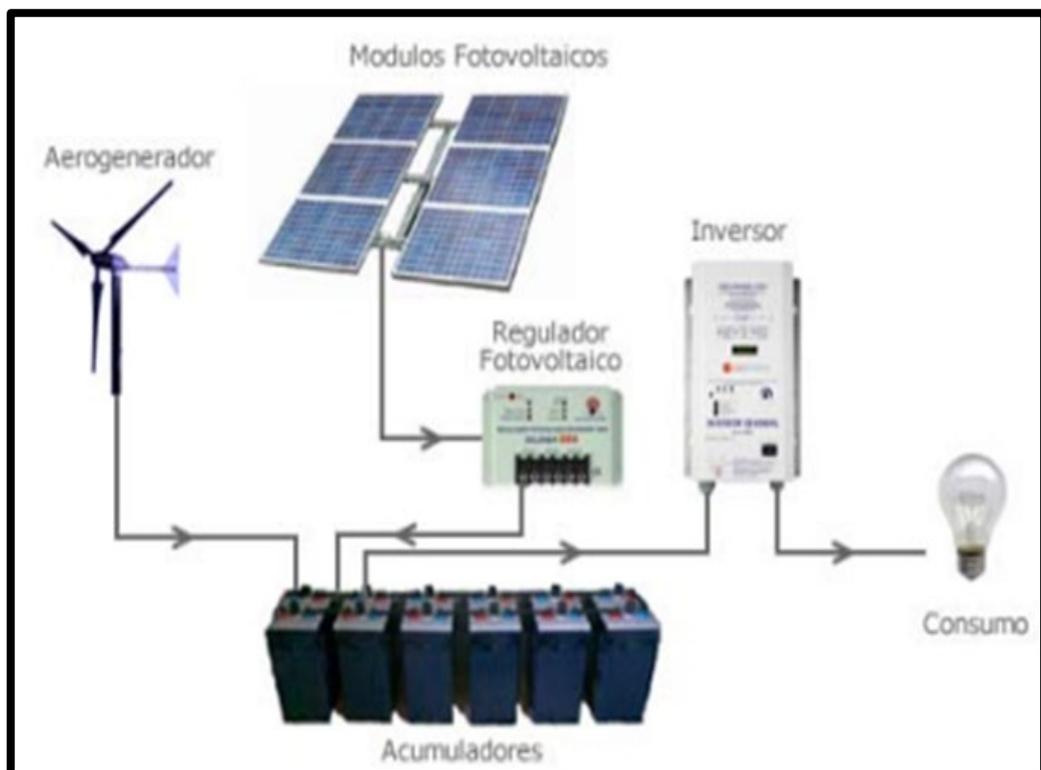
2.8.2. Componentes de un sistema híbrido

Los sistemas híbridos resultan de la combinación de dos o más sistemas de generación, uno tradicional y el otro que use energías renovables, para consolidar una base de continuidad en el servicio de energía eléctrica. (Cruz, E. 2010).

La conformación representativa de un sistema híbrido que observa en la Figura 2, es la siguiente:

- Una o más unidades de generación de fuentes de energía renovables que son la eólica, hidroeléctrica y fotovoltaica.
- Una o más fuentes de generación convencional, que es el diésel.
- Sistemas de almacenamiento de energía, que pueden ser de tipo mecánico, hidráulico o electroquímico.
- Sistemas que van a condicionar la potencia, que son los reguladores de carga, el inversor y los rectificadores.
- Sistemas de control y regulación.

Figura 17: Componentes de un Sistema Híbrido



Fuente: Cumbre Pueblos (2019)

2.8.3. Configuración de un sistema híbrido

Con frecuencia, las dimensiones de un sistema de generación eólica o fotovoltaica, de manera individual, están debajo del límite de confiabilidad que aseguraría la cobertura del abastecimiento eléctrico durante todo el año, debido a los motivos económicos o también, debido a que no cuentan con las condiciones climatológicas apropiadas.

Aunque ya teniendo el correcto dimensionamiento de las instalaciones, se crean puntos de consumo muy superlativos al de lo habitual, hay una etapa irregular de tiempo nublado con muy poca radiación o sin aire para accionar los aerogeneradores, o simplemente encontrarse con eventualidades impensadas.

Por tal motivo, se recomienda colocar algún sistema de generación auxiliar que permita afrontar con seguridad a los ciclos ya mencionados anteriormente. Asegurando un estado de carga admisible de las baterías y una extendida vida útil. (Cruz, E. 2010).

A. Sistema fotovoltaico con grupo electrógeno

En lugar de utilizar recursos renovables, este sistema utiliza un conjunto de generadores, que te permiten generar electricidad en cualquier momento y en cualquier lugar en donde se necesita y con un rango de potencia muy amplio. Este es el sistema ideal para servir como sistema de respaldo para tiempos de escasez de una instalación diseñada únicamente con un sistema fotovoltaico o bien para cubrir determinados consumos que, por su elevada potencia, se prefiere que no pasen a través de este.

La capacidad del grupo electrógeno dependerá de la función para la que se utilice. Siendo la potencia mínima, la suma de las potencias de las cargas que se van a unir al mismo tiempo.

La adecuada selección del grupo electrógeno es elemental para obtener el máximo aprovechamiento de la inversión, disminuyendo problemas y optimizando el gasto. (Cruz, E. 2010)

Figura 18: Sistema Fotovoltaico con Grupo Electrónico



Fuente: Morillo Energy Rent (2020)

B. Sistema fotovoltaico con aerogenerador

Esta posibilidad es considerable cuando hay viento y sol. Estas condiciones no existen en todas partes, por lo que se necesitan saber los detalles, como el potencial eólico y solar de un sitio antes de decidirse por esta alternativa.

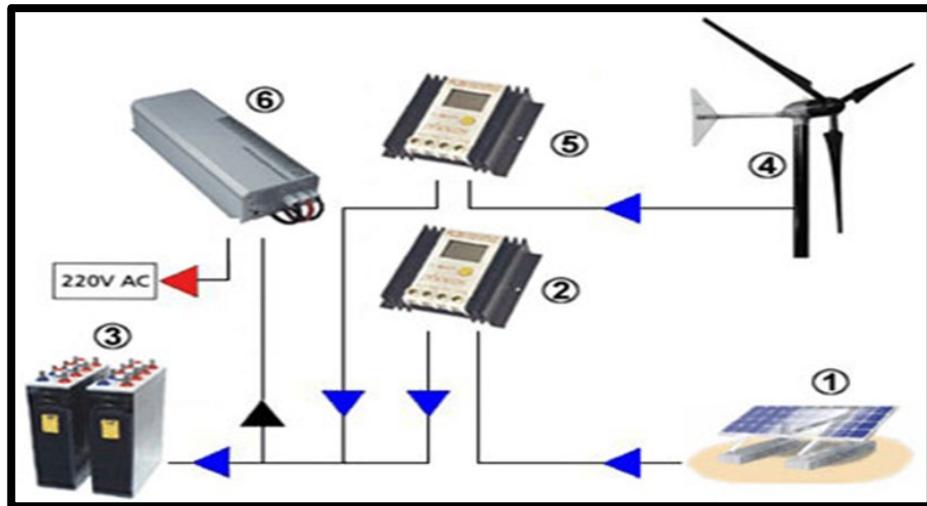
Este sistema, está compuesto por un aerogenerador, que, a través de un regulador de carga, se encarga de proveer la energía producida a las baterías. En paralelo, se encuentra un sistema modular, con celdas fotovoltaicas, que, mediante el regulador de carga, se conectan también a las baterías.

El regulador de carga que se va a utilizar en este sistema no va a ser igual que el regulador de carga de un sistema fotovoltaico o eólico únicamente. (Cruz, E. 2010)

Esquema de una instalación aislada híbrida:

- 1) Grupo de módulos fotovoltaicos
- 2) Regulador de carga solar
- 3) Grupo de acumuladores
- 4) Aerogenerador
- 5) Regulador eólico de carga
- 6) Convertidor 12 Vcc – 220 Vac

Figura 19: Sistema fotovoltaico con aerogenerador

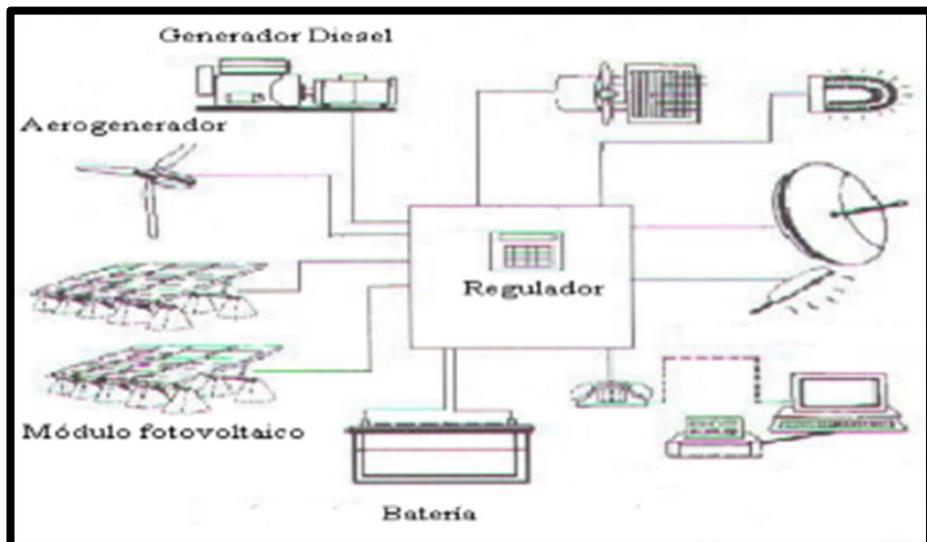


Fuente: Soliclima (2020)

C. Sistema fotovoltaico con aerogenerador y un grupo electrógeno

Este sistema sigue los principios del sistema anterior con el aumento también en paralelo de un grupo electrógeno (equipo generación de emergencia), con motor diésel o gasolina, mediante un cargador/rectificador, las baterías puedan cargarse. Los tres dispositivos de generación: los módulos fotovoltaicos, el aerogenerador y el grupo electrógeno están conectados en paralelo al regulador de carga, pero adicionalmente el grupo electrógeno puede ser conectado a la demanda parcial o total de la carga. (Cruz, E. 2010)

Figura 20: Sistema solar fotovoltaico con aerogenerador y grupo electrógeno

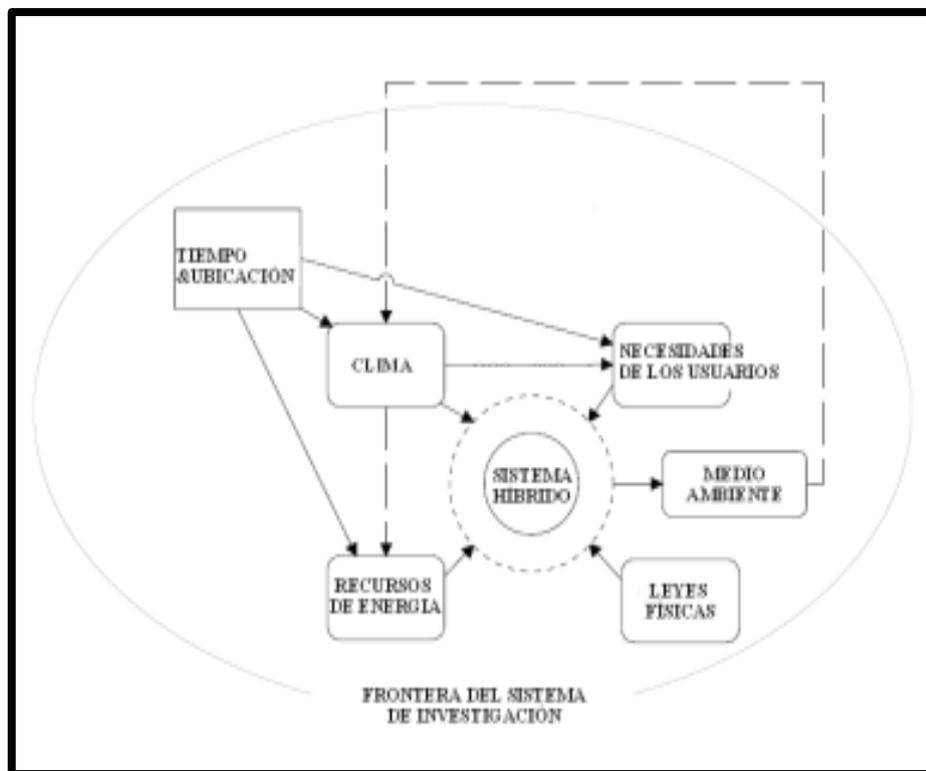


Fuente: Soliclima (2020)

2.8.4. Factores que influyen en un sistema híbrido

Los principales factores que predominan en un sistema híbrido de generación son: (1) las necesidades y requerimientos de los usuarios, (2) el clima, (3) los recursos de energía, (4) las leyes físicas de la naturaleza y (5) el medio ambiente. Éstos con considerados como los procesos extrínsecos y debido a ello, están señalados por los cuadrados con las aristas redondeadas. Lo antes mencionado, se va a ilustrar en la Figura 21.

Figura 21: Principales factores que influyen en un sistema híbrido



Fuente: Ulleberg, Ø. (1998)

2.9. Fuentes naturales de energía

Se define la energía natural como la energía que conduce los fenómenos naturales. Son constantes, irregulares y no agotables, aunque frecuentemente son nombradas fuentes de energía renovables.

La energía natural que hay en la tierra, en su mayoría es energía solar o se deriva de la energía solar. Un 30% de la energía solar ($1,73 * 10^{17}W$) incide sobre la atmósfera de la tierra, ésta se refleja inmediatamente de regreso al espacio como ondas cortas de radiación. El resto ($1,2 * 10^{17}W$) se reparte sobre la superficie de la tierra, donde es

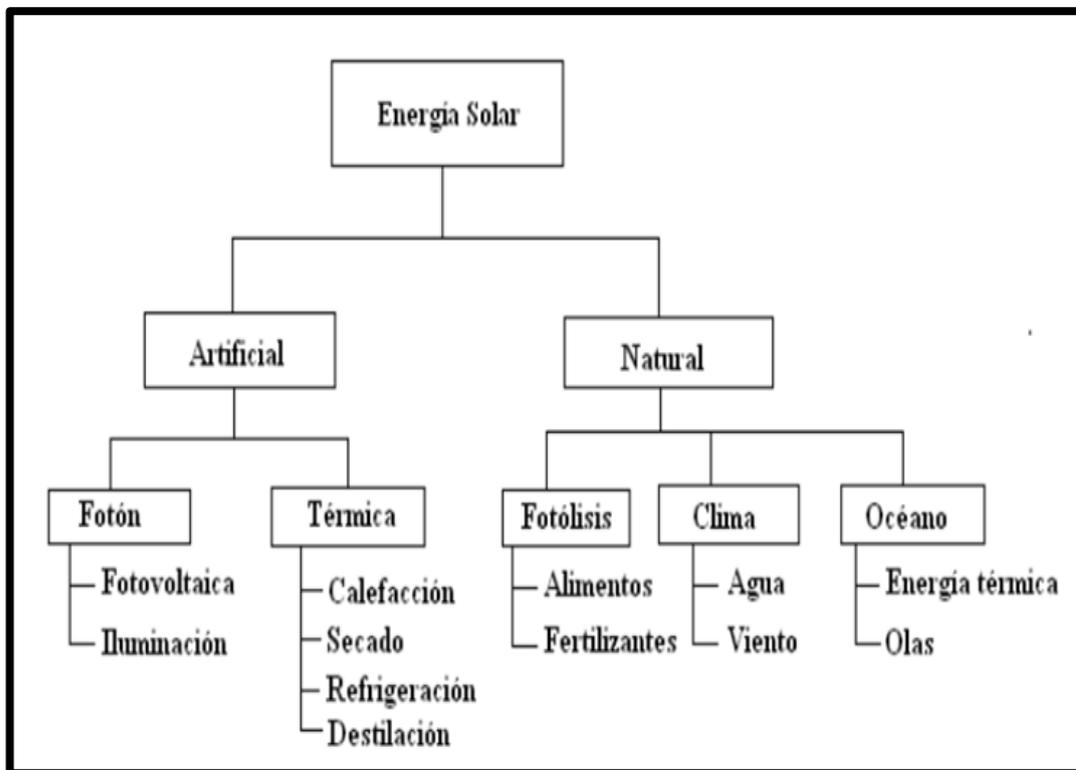
empleada por el hombre para procesos convencionales de conversión de energía.

Los procesos convencionales de conversión de energía se van a clasificar en dos:

- La utilización directa de la radiación solar (energía fotónica).
- Indirectamente utilizando la radiación solar vía procesos termales.

Los procesos naturales de energía son el resultado de la radiación solar. Estos procesos acontecen en tres áreas diferentes: en los océanos, en la tierra (fotólisis) y en la atmósfera (clima). (Ulleberg, Ø. 1998).

Figura 22: Distribución de la energía solar y sus derivados en la superficie de la tierra



Fuente: Ulleberg, Ø. (1998)

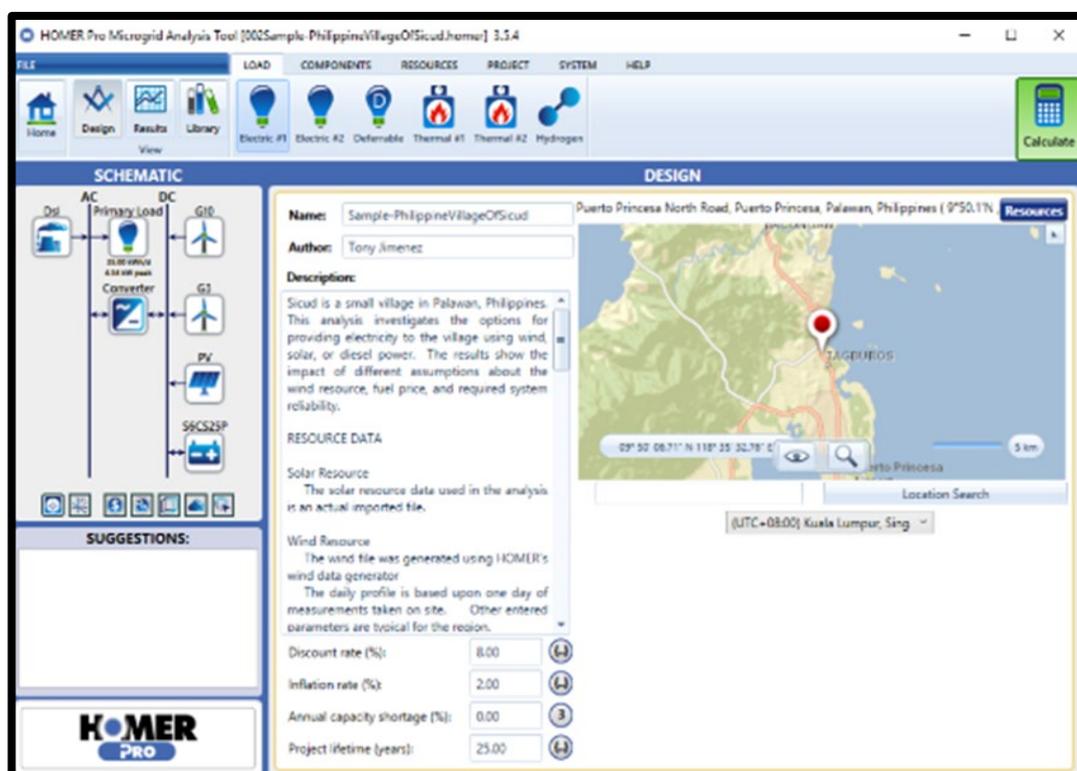
2.10. Software Homer Pro

Es un software muy completo y eficaz, que permite diseñar proyectos con energías renovables, orientado a sistemas híbridos. Homer pro simula la operación del sistema por medio de cálculos de balance de energía. Homer pro encuentra la combinación de todos los componentes del sistema con el menor costo de inversión, optimiza los ciclos de vida útil del sistema. Cuando Homer pro termina la simulación despliega una lista de todas las posibles soluciones según el costo de ciclo de vida.

En esencia, Homer es un modelo de simulación. Intentará simular un sistema viable para todas las combinaciones posibles del equipo que desea considerar. Dependiendo de cómo configure su problema, Homer puede simular cientos o incluso miles de sistemas. Homer simula el funcionamiento de una microrred híbrida durante todo un año, en pasos de tiempo de un minuto a una hora

El objetivo de Homer es encontrar la combinación de equipos de menor costo para satisfacer consistentemente la carga eléctrica. El número de formas posibles de combinar equipos es de miles o decenas de miles de posibilidades, entonces, ¿por dónde empezar? Cada "caso" que Homer considera requiere que el programa simule cronológicamente un sistema eléctrico durante todo un año. El enfoque de búsqueda de cuadrícula modificada requiere que un usuario especifique todas las opciones posibles para la búsqueda, mientras que Homer Optimizer no lo hace. Todo lo que se necesita es una ubicación, una comprensión de la carga eléctrica que debe servirse y algunas estimaciones de costos para diferentes componentes posibles (por ejemplo, dólares por kW para paneles solares fotovoltaicos). Homer tiene costos predeterminados para todos los componentes, pero estos son solo puntos de partida. (Simbaña, N. 2021)

Figura 23: Software Homer Pro



Fuente: Soliclima (2020)

3. Marco Metodológico

3.1. Materiales y/o Recursos

3.1.1. Software para procesamiento y análisis de la información

- **Homer Pro:** Se realizó el diseño de sistema energético óptimo, en función a las coordenadas geográficas obtenidas de Google Maps web.
- **Microsoft Excel 365:** Se modela una plantilla de Excel para procesar datos de radiación y escoger los equipos de los paneles fotovoltaico. Luego, de acuerdo con el costo de inversión, realizar análisis y cálculos económicos para determinar la factibilidad del proyecto.

3.2. Métodos

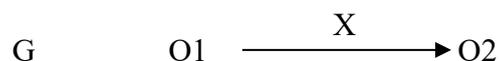
3.2.1. Tipo de investigación

La presente investigación es del tipo pre - experimental, de alcance exploratorio y de naturaleza descriptiva.

3.2.2. Diseño de investigación

El diseño en esta investigación es pre - experimental, su propósito es establecer una relación de causa y efecto para una condición. Este es un diseño de investigación en el que se observa el efecto de una variable independiente sobre una variable dependiente.

Las características de la investigación serán:



Donde:

O1: Carencia de Energía Eléctrica.

O2: Abastecimiento de Energía Eléctrica.

X: Sistema Energético Óptimo.

G: Caserío de Lloque – Cajamarca.

3.2.3. Población y Muestra

La población y muestra es única, lo cual es una muestra intencionada, en este caso es el Sistema Energético Óptimo para el caserío de Lloque – Cajamarca. Las

coordenadas del caserío es latitud 6° 46' 43.8" S y de longitud 79° 5' 47.1" W y cuenta con 29 viviendas actualmente.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de realizará con lo siguiente:

Análisis Documental: La información fue recopilada de fuentes como Tesis, revistas científicas, lo cual será la base para la elaboración de este trabajo de investigación.

Los instrumentos de recolección de datos serán los siguientes:

Registro de Información: herramienta para recopilar información, se registró de acuerdo con los factores de resultados antes y después del diseño.

Las Fichas Técnicas son herramientas que permiten el registro e identificación de las fuentes de información, así como la recopilación de datos o evidencias.

3.4. Técnicas de procedimiento y análisis de los resultados

Se procederá a ubicar el caserío en el programa Homer Pro, para así especificar los datos de radiación.

Se procederá a buscar información de fichas técnicas de grupos electrógenos, de igual manera se buscará fichas técnicas de paneles fotovoltaicos, para que nos facilite realizar la simulación en el programa Homer Pro y así obtener el sistema energético óptimo.

Se hará uso del software Excel, para plasmar los resultados obtenidos en el software Homer Pro, los cuales se tendrá una mejor presentación de los sistemas energéticos.

Finalmente, los sistemas energéticos obtenidos se compararán para tener la propuesta de implementación, el cual tendría los mejores beneficios para el caserío.

El informe se redactará teniendo en cuenta lo establecido en el Reglamento de grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, se realizará a través del software Microsoft Word.

4. Análisis e Interpretación de los resultados

4.1. Cálculo de la Demanda de Energía

El número de viviendas del caserío es de 29 unidades, con la finalidad de proyectar el número de viviendas se considerará la tasa de crecimiento poblacional del departamento de Cajamarca, lo cual calcularemos con base en los censos realizados por el INEI.

Tabla 1

Tasa de Crecimiento Promedio Anual de la Población Censada, Según Departamento

Departamento	1940-1961	1961-1972	1972-1981	1981-1993	1993-2007	2007-2017
Amazonas	2,9	4,6	3,0	2,4	0,8	0,1
Áncash	1,5	2,0	1,4	1,2	0,8	0,2
Apurímac	0,5	0,6	0,5	1,4	0,4	0,0
Arequipa	1,9	2,9	3,2	2,2	1,6	1,8
Ayacucho	0,6	1,0	1,1	-0,2	1,5	0,1
Cajamarca	2,0	1,9	1,2	1,7	0,7	-0,3

Fuente: INEI, Censos Nacionales (2017)

Tabla 2

Cálculo de la Tasa de Crecimiento Promedio en el Departamento de Cajamarca

Periodo	Tasa de crecimiento (%)
1940-1961	2,0
1961-1972	1,9
1972-1981	1,2
1981-1993	1,7
1993-2007	0,7
2007-2017	-0,3
Promedio	1,2

Fuente: Elaboración Autores

Con la tasa de crecimiento de la población, usamos la siguiente ecuación y 25 años para proyectar el número de viviendas.

$$P_n = P_0 \times (1 + i)^n \dots (Ec. 1)$$

$$V_n = V_0 \times \left(\frac{P_n}{P_0}\right) \dots (Ec. 2)$$

Tabla 3

Proyección de la Población y Viviendas a 25 Años

Ítem	Año	Población	Vivienda
0	2021	85	29
1	2022	87	30
2	2023	88	31
3	2024	89	31
4	2025	90	31
5	2026	91	32
6	2027	92	32
7	2028	93	32
8	2029	94	33
9	2030	95	33
10	2031	96	33
11	2032	97	34
12	2033	99	34
13	2034	100	35
14	2035	101	35
15	2036	102	35
16	2037	103	36
17	2038	105	36
18	2039	106	37
19	2040	107	37
20	2041	108	37
21	2042	110	38
22	2043	111	38
23	2044	112	39
24	2045	114	39
25	2046	115	40

Fuente: Elaboración Autores

Tabla 4

Demanda de Energía en el Caserío Lloque – Cajamarca.

Unidad de Vivienda					
Artefactos	N° de artefactos	Potencia Eléctrica (W)	Potencia Total (W)	Horas de consumo diario (h)	Consumo diario (W.h/día)
Televisor	1	60	60	3	180
Radio	1	15	15	5	75
Cargador de celular	2	30	60	1.5	90
Laptop	1	60	60	3	180
Luminaria LED	3	8	24	4	96
Sub total			219		621
Local Comunal					
Artefactos	N° de artefactos	Potencia Eléctrica (W)	Potencia Total (W)	Horas de consumo diario (h)	Consumo diario (W.h/día)
Televisor	1	80	80	2	160
Radio	1	250	250	1	250
Cargador de celular	1	30	30	1.5	45
Luminaria LED	2	10	20	2	40
Sub total			380		495
Energía Total					
Descripción	Unidad	Potencia (W)	Potencia Total (W)	Consumo diario (W.h/día)	Consumo Total (W.h/día)
Viviendas	40	219	8760	621	24840
Local Comunal	1	380	380	495	495
Alumbrado Público	14	60	840	720	10080
Sub total			9980		35415

Fuente: Elaboración Autores

De la Tabla N° 4 según la proyección para los 25 años nos da una que la demanda total es de 9 980 W y la energía promedio diaria es de 35 415 W.h.

4.2. Datos de irradiación solar para el caserío Lloque

Los datos de radiación se ha considerado los datos de la NASA, lo cual incluyen estimaciones de un periodo largo de tiempo con cantidades meteorológicas y energía solar en la superficie de la tierra. Los datos que son proporcionados de radiación solar y temperatura han mostrado ser lo suficientemente precisos y confiables en regiones que las mediciones son muy dispersas o no existen. Para poder obtener estos datos de irradiación y temperatura se debe conocer la ubicación geográfica del caserío.

Tabla 5

Ubicación Geográfica del Caserío Lloque – Cajamarca.

Ubicación Geográfica Caserío Nuevo Retiro en Utcubamba	
Latitud	-6.77882990000
Longitud	-79.09641340000

Fuente: NASA Surface meteorology and Solar Energy

Tabla 6

Data de irradiación solar y temperatura de la NASA del Caserío Lloque – Cajamarca.

Mes	Irradiación Solar (kWh/m2/día)	Temperatura de la Zona (°C)
Enero	5.70	22.37
Febrero	5.55	22.68
Marzo	5.84	22.96
Abril	5.38	23.17
Mayo	4.89	22.98
Junio	4.47	22.43
Julio	4.48	22.00
Agosto	4.91	22.33
Setiembre	5.59	22.64
Octubre	5.95	22.43
Noviembre	5.98	21.86
Diciembre	5.86	22.15

Fuente: NASA Surface meteorology and Solar Energy

La irradiación solar que se obtiene del caserío es variable y se encuentra entre los valores de 4.40 kWh/m²/día y 6 kWh/m²/día, al sacar el valor promedio de irradiación solar nos da un valor de 5.38 kWh/m²/día. El mayor valor de irradiación solar es de 5.98 kWh/m²/día, el menor valor de irradiación solar es de 4.47 kWh/m²/día el cual será el valor con el que se trabajará para obtener un mejor análisis para obtener nuestro sistema optimo.

De igual manera la temperatura de la zona obtiene del caserío se encuentra entre los valores de 21.5 °C y 23.5 °C. De igual manera, al sacar el valor promedio de temperatura nos da un valor de 22.5 °C. El mayor valor de temperatura es de 23.17 °C, el menor valor de temperatura es de 21.86 °C del mismo modo se trabajará con el mínimo para obtener un mejor análisis para obtener nuestro sistema optimo.

4.3. Equipamiento del sistema

Para cumplir con la demanda eléctrica del caserío de Lloque – Cajamarca, se deberán realizar cálculos individuales para poder obtener los equipos que se introducirán en el software Homer Pro. Con la finalidad de poder simular con la mínima variación del software con los cálculos realizados, por nuestra persona.

Para este proyecto se propone utilizar los siguientes equipos:

4.3.1. Grupo Electrónico

Para este caso se ha realizado el cálculo de la potencia que tendrá el grupo electrónico. En este caso se consideró que para la simulación el software Homer Pro, el grupo deberá cumplir con la demanda del caserío por lo cual su cálculo se realizó como si fuera un sistema diésel. Para la simulación en el Homer Pro el programa evaluara la potencia que va a requerir el grupo electrónico si se plantea el uso de un sistema hibrido solar – diésel.

- De la Tabla 4 la demanda total es de 9 980 W, para el cálculo de la potencia del grupo se usará un factor de seguridad de 1:

$$Pot.\text{Grupo electrogeno} = DM_{Total} (kW) * Factor_{Seguridad} \dots (Ec. 3)$$

$$Pot.\text{Grupo electrogeno} = \frac{9980 W}{1000} * 1$$

$$Pot.\text{Grupo electrogeno} = 9.98 \text{ kW} \cong 10 \text{ kW}$$

- Por lo cual para el uso de un grupo electrógeno se usará una potencia de 10 kW. Al obtener el valor definitivo, se recomienda incrementarlo en un 15% para contar con un margen de seguridad a una altura de 2464 m.s.n.m.

$$Pot.\text{Grupo electrogeno} = 10 \text{ kW} + 15\% * 10 \text{ kW}$$

$$Pot.\text{Grupo electrogeno} = 11.5 \text{ kW}$$

- Luego, para obtener los kVA requeridos, se divide el valor expresado en kW entre el coseno cuyo valor es de 0,8.

$$Pot.\text{Grupo electrogeno} = \frac{11.5 \text{ kW}}{0.8}$$

$$Pot.\text{Grupo electrogeno} = 14.4 \text{ kVA}$$

- La potencia a una altura de 2464 m.s.n.m. en Stand by será de 14.4 kVA. Al obtener el valor definitivo, se recomienda incrementarlo en un 25% como margen de seguridad.

$$Pot.\text{Grupo electrogeno} = 14.4 \text{ kVA} + 25\% * 14.4 \text{ kVA}$$

$$Pot.\text{Grupo electrogeno} = 18 \text{ kVA}$$

- Expresado en kVA, la nueva potencia en kW requeridos, se divide el valor expresado en kVA entre el coseno cuyo valor es de 0,8.

$$Pot.\text{Grupo electrogeno} = \frac{18 \text{ kVA}}{0.8}$$

$$Pot.\text{Grupo electrogeno} = 22.5 \text{ kW}$$

El grupo electrógeno que se propone utilizar es el siguiente:

Figura 24: Grupo Electrónico Rivera Diésel RPS 14 (ANEXO 01)



Fuente: Rivera Diésel (2022)

4.3.2. Paneles Fotovoltaicos

En este caso de la Tabla 4 la energía promedio diaria es de 35 415 W.h., con esto nos ayudara hallar el dimensionamiento del sistema fotovoltaico. Para este caso se usará la constante E_0 la cual es de 1000 W/m^2 y se hallara la disponibilidad del recurso energético.

Se tiene como datos, lo siguiente:

- Disponibilidad media (\bar{a}) = 89.8%
- Mínima irradiación diaria (GA) = 4.47 kWh/m^2
- Desviación Estándar (σ) = 1.30 kWh/m^2

$$G_{dim} = \overline{GA} * \left(1 - \frac{\bar{a} - 1 + \frac{\sigma}{\overline{GA} * \sqrt{2 * \pi}}}{\frac{1}{2} - \frac{\sigma}{\overline{GA} * \sqrt{2 * \pi}}} \right) \dots (Ec. 4)$$

Se reemplazan los datos para obtener el G_{dim} :

$$G_{dim} = 4.47 * \left(1 - \frac{89.8\% - 1 + \frac{1.30}{4.47 * \sqrt{2} * \pi}}{\frac{1}{2} - \frac{1.30}{4.47 * \sqrt{2} * \pi}} \right)$$

$$G_{dim} = 4.31 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$$

Lo cual también se usará eficiencias de los equipos de trabajo estándares para poder calcular su potencia pico del sistema. Lo cual podemos apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 7

Características estándares de un rendimiento de sistema fotovoltaico.

Elemento	Características		Eficiencia (%)
Módulo fotovoltaico	Relación de rendimiento	PR ₀	84
Regulador de carga	Eficiencia del regulador	nlr	98
	Precisión de ajuste de MPP	na	95
Batería	Eficiencia de la batería	nbat	85
Inversor	Eficiencia del inversor	nwr	95

Fuente: Elaboración Autores

Calculamos la potencia pico del sistema fotovoltaico. Con el cual nos ayudara a poder elegir el panel requerido para su evaluación en el software Homer Pro.

Se tiene como datos, lo siguiente:

- Energía promedio diaria (Wd) = 35 415 W.h.
- Máximo valor sobre la superficie terrestre (E₀) = 1000 W/m²
- Disponibilidad del recurso energético (G_{dim}) = 4.31 kWh/m²

$$P_{pk} = \frac{E_0 * W_d}{G_{dim} * PR_0 * \prod_i \eta_i} \dots (Ec. 5)$$

$$P_{pk} = \frac{1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} * (35\ 415 \text{ Wh} * 0.001)}{4.31 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} * (84\% * 98\% * 95\% * 85\% * 95\%)}$$

$$P_{pk} = 13\,021.66 \text{ Wp}$$

Se realizó la cotización a los proveedores PANEL SOLAR PERU y AUTOSOLAR PERU, por el cual se ha considerado elegir el panel con el menor costo de Wp, entre las marcas y potencias más comerciales actualmente en el mercado peruano.

Tabla 8

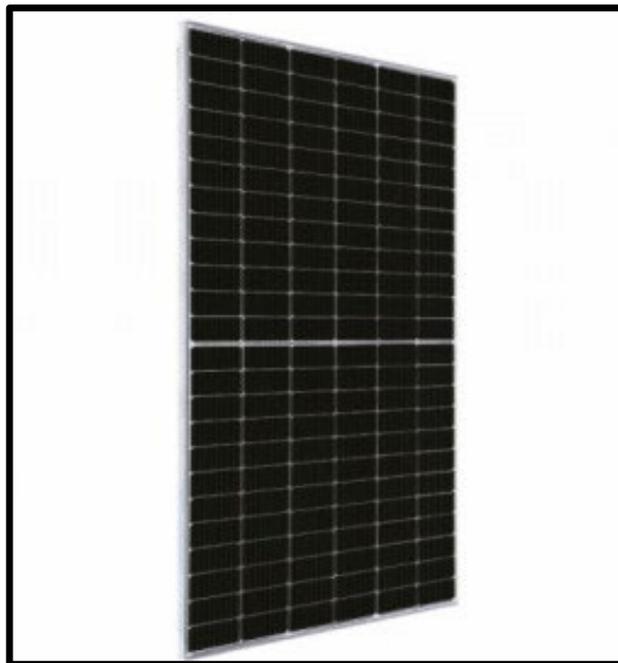
Detalle de costos de paneles solares según su potencia en Wp.

Fabricante	Potencia (Wp)	Costo (S/.)	Costo (S/. /Wp)
CANADIAN SOLAR	445	1213.57	2.73
Half Cell PERC TALLMAX	450	1026.01	2.28
JA SOLAR	450	983.33	2.19
JINKO SOLAR	435	1116.27	2.57
PERC Eco Green	450	940.12	2.09
PERC HALF CELL	450	808.61	1.80
PERC HALF CELL	460	859.01	1.87

Fuente: Elaboración Autores

Se propone el uso de paneles de la marca Perc Half Cell de 450 Wp y 144 células monocristalino.

Figura 25: Panel fotovoltaico Perc Half Cell - EGE-450W-144M (ANEXO 02)



Fuente: Panel Solar Perú (2022)

Tabla 9

Especificaciones del Panel fotovoltaico Perc Half Cell - EGE-450W-144M.

Especificaciones Técnicas		
Tipo de Modulo	EGE-450W-144M	
	STC	NOCT
Potencia máxima (Pmax)	450 W	335.40 W
Máxima capacidad de voltaje (Vmp)	41.40 V	39 V
Máxima capacidad de corriente (Imp)	10.87 A	8.60 A
Voltaje de circuito abierto (Voc)	50 V	47 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	11.44 A	9.21 A
Eficiencia del módulo	20.6 %	
Temperatura de operación	-40 °C ~ +85 °C	
Máximo voltaje del sistema	1000V/DC/1500V/DC	
Máximo de capacidad del fusible	20 A	
Tolerancia de potencia	0 ~ +5 W	
Coefficiente de temperatura de Pmax	-0.35 %/°C	
Coefficiente de temperatura de Voc	-0.30 %/°C	
Coefficiente de temperatura de Isc	+0.05 %/°C	
TNOCT	41 °C ± 3 °C	

Fuente: Catalogo de la empresa Perc Half Cell

Teniendo la ficha técnica del panel fotovoltaico, nos ayuda a encontrar la influencia de la temperatura que tiene el panel, con la que procedemos a calcular la cantidad de paneles, el número de paneles en serie y de igual manera el numero en paralelo. Así mismo se encontrará la nueva potencia pico final del sistema fotovoltaico, con lo que se procederá a elegir los componentes para así poderlos simular en el software Homer Pro, al ser introducido el Homer se encargará de optimizar los componentes para encontrar el sistema óptimo para el caserío.

- Temperatura de celda:

$$T_c = T_a + G * \frac{TNOCT - 20}{800} \dots (Ec. 6)$$

$$T_c = 25 + 1000 * \frac{41 - 20}{800}$$

$$T_c = 51.25 \text{ }^\circ\text{C}$$

- Corrección de la variación de potencia:

$$\Delta P_{max} = Coef. T_{Pmax} \% / ^\circ\text{C} * (T_{cmax} - 25) \dots (Ec. 7)$$

$$\Delta P_{max} = -0.35 \% / ^\circ\text{C} * (51.25 - 25)^\circ\text{C}$$

$$\Delta P_{max} = -9.19 \%$$

- Corrección de la variación de voltaje:

$$\Delta V_{oc} = Coef. T_{Voc} \% / ^\circ\text{C} * (T_{cmax} - 25) \dots (Ec. 8)$$

$$\Delta V_{oc} = -0.30 \% / ^\circ\text{C} * (51.25 - 25)^\circ\text{C}$$

$$\Delta V_{oc} = -7.88 \%$$

- Corrección de la variación de corriente:

$$\Delta I_{sc} = Coef. T_{Isc} \% / ^\circ\text{C} * (T_{cmax} - 25) \dots (Ec. 9)$$

$$\Delta I_{sc} = 0.05 \% / ^\circ\text{C} * (51.25 - 25)^\circ\text{C}$$

$$\Delta I_{sc} = 1.31 \%$$

- Potencia máxima corregida:

$$P_{max-c} = P_{max} * (1 + \Delta P_{max}) \dots (Ec. 10)$$

$$P_{max-c} = 450 * (1 - 9.19 \%)$$

$$P_{max-c} = 408.66 \text{ W}$$

➤ Voltaje corregido:

$$V_{oc-c} = V_{oc} * (1 + \Delta V_{oc}) \dots (Ec. 11)$$

$$V_{oc-c} = 50 * (1 - 7.88 \%)$$

$$V_{oc-c} = 46.06 \text{ V}$$

➤ Corriente Corregida:

$$I_{sc-c} = I_{sc} * (1 + \Delta I_{sc}) \dots (Ec. 12)$$

$$I_{sc-c} = 11.44 * (1 + 1.31 \%)$$

$$I_{sc-c} = 11.59 \text{ A}$$

➤ Cálculo de cantidad de paneles:

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{P_{pk}}{P_{max-c}} \dots (Ec. 13)$$

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{13\,021.66 \text{ W}}{408.66 \text{ W}}$$

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = 31.86 \cong 32$$

➤ Cálculo de número de paneles en serie:

$$N^{\circ} \text{ de paneles} - \text{serie} = \frac{\text{Tensión del Sistema}}{V_{panel} * \text{Factor}_{seguridad}} \dots (Ec. 14)$$

$$N^{\circ} \text{ de paneles} - \text{serie} = \frac{300 \text{ V}}{24 \text{ V} * 1.25}$$

$$N^{\circ} \text{ de paneles} - \text{serie} = 15.63 \cong 16$$

- Cálculo de número de paneles en paralelo:

$$N^{\circ} \text{ de paneles} - \text{paralelo} = \frac{P_{pk}}{P_{max-c} * N^{\circ} \text{ de panles} - \text{serie}} \dots (\text{Ec. 15})$$

$$N^{\circ} \text{ de paneles} - \text{paralelo} = \frac{13\,021.66\, W}{408.66\, W * 16}$$

$$N^{\circ} \text{ de paneles} - \text{paralelo} = 1.99 \cong 2$$

- Voltaje de circuito abierto en serie:

$$V_{oc-serie} = V_{oc-c} * N^{\circ} \text{ de panles} - \text{serie} \dots (\text{Ec. 16})$$

$$V_{oc-serie} = 46.06 * 16$$

$$V_{oc-serie} = 737.00\, V$$

- Corriente de cortocircuito en paralelo:

$$I_{sc-paralelo} = I_{sc-c} * N^{\circ} \text{ de panles} - \text{paralelo} \dots (\text{Ec. 17})$$

$$I_{sc-paralelo} = 11.59 * 2$$

$$I_{sc-paralelo} = 23.18\, A$$

- Máxima capacidad de voltaje en serie:

$$V_{pm-serie} = V_{pm} * N^{\circ} \text{ de panles} - \text{serie} \dots (\text{Ec. 18})$$

$$V_{pm-serie} = 41.40 * 16$$

$$V_{pm-serie} = 662.40\, V$$

- Máxima capacidad de corriente en paralelo:

$$I_{pm-paralelo} = I_{pm} * N^{\circ} \text{ de panles} - \text{paralelo} \dots (\text{Ec. 19})$$

$$I_{pm-paralelo} = 10.87 * 2$$

$$I_{pm-paralelo} = 21.74 \text{ A}$$

- Nueva potencia pico final del sistema fotovoltaico:

$$P_{pk-final} = P_{max-c} * N^{\circ} \text{ de panles} \dots (\text{Ec. 20})$$

$$P_{pk-final} = 408.66 \text{ W} * 32$$

$$P_{pk-final} = 13\ 077.00 \text{ W}$$

Tabla 10

Resumen de datos de la Influencia de la temperatura.

Influencia de la temperatura	
Temperatura de celda (Tc)	51.25 °C
Corrección de la variación de potencia (ΔP_{max})	-9.19 %
Corrección de la variación de voltaje (ΔV_{oc})	-7.88 %
Corrección de la variación de corriente (ΔI_{sc})	1.31 %
Potencia máxima corregida (P_{max-c})	408.66 W
Voltaje corregido (V_{oc-c})	46.06 V
Corriente Corregida (I_{sc-c})	11.59 A
Voltaje de circuito abierto en serie ($V_{oc-serie}$)	737.00 V
Corriente de cortocircuito en paralelo ($I_{sc-paralelo}$)	23.18 A
Máxima capacidad de voltaje en serie ($V_{pm-serie}$)	662.40 V
Máxima capacidad de corriente en paralelo ($I_{pm-paralelo}$)	21.74 A

Fuente: Elaboración Autores

Tabla 11

Resumen de datos del cálculo de los módulos fotovoltaicos del sistema solar.

Cálculo de los Módulos Fotovoltaicos	
Cantidad de paneles (N° de paneles)	32
Cantidad de paneles en serie (N° de paneles-serie)	16
Cantidad de paneles en paralelo (N° de paneles-paralelo)	2
Nueva potencia pico final (P_{pk-final})	13 077.00 W

Fuente: Elaboración Autores

4.3.3. Baterías

Para el cálculo de la capacidad del banco de baterías se determina aplicando la siguiente ecuación:

Se tiene como datos, lo siguiente:

- Energía promedio diaria (Wd) = 35 415 W.h.
- Días de autonomía (N_{autonomía}) = 3
- Tensión del sistema (T_s) = 48 V

$$C_T = \frac{N_{autonomia} * Wd}{T_s} \dots (Ec. 21)$$

$$C_T = \frac{3 * 35\ 415\ W.h.}{48\ V}$$

$$C_T = 2213\ A.h.$$

Se propone el uso de baterías estacionarias de 2V 2232 A.h. de la marca Hoppecke denominado como 12 OPzS 1500, que según la ficha técnica esta tiene una vida útil de 20 años.

Teniendo en cuenta la capacidad de corriente de la batería esta cumple con lo requerido en el cálculo, pero se debe realizar conexión en serie hasta poder obtener un total de 48 V, eso quiere decir que se necesitan 24 baterías.

Figura 26: Batería Hoppecke 12 OPzS 1500, 2V 2232 A.h. (ANEXO 03)



Fuente: AutoSolar (2022)

4.3.4. Inversor/Cargador/Regulador

Para la selección del inversor se debe hacer uso de la demanda total para poder calcular la potencia mínima, por lo que de la Tabla 4 se toma el dato de la demanda la es de 9 980 W, para tener un mejor dato se debe considerar un factor de simultaneidad, la cual será el valor de 1.

$$P_i = Factor_{Simultaneidad} * DM_{Total} (kW) \dots (Ec. 22)$$

$$P_i = 1 * 9980 W$$

$$P_i = 9980 W$$

Al usar un Inversor / Cargador / Regulador es más beneficioso para el sistema fotovoltaico por lo que ya es un ahorro en usar el inversor y regulador por separado. Por lo que se debe calcular la corriente eléctrica que circula en el regulador.

Para obtener un mejor cálculo de la corriente esta debe tener un factor de seguridad de 1.25. De la Tabla 10, se toman los datos de corriente de cortocircuito en paralelo

($I_{sc\text{-paralelo}}$) es de 23.18 A.

$$I_{regulador} = Factor_{seguridad} * I_{sc\text{-paralelo}} \dots (Ec. 23)$$

$$I_{regulador} = 1.25 * 23.18 \text{ A}$$

$$I_{regulador} = 28.98 \text{ A}$$

Con lo calculado se tendría que elegir un inversor con la misma potencia o superior a la potencia calculada y con respecto a la capacidad de corriente que se tiene para el regulador, se debe elegir uno que nos soporte la capacidad de corriente que circula, por lo que se propone el uso de dos Inversores 48V 5000W / 100A MPPT / Cargador 80A de marca Growatt modelo SPF 5000 ES, la cual tiene una capacidad de 5 kW por lo que al hacer uso de dos obtendremos la capacidad de 10 kW.

Figura 27: Inversor/Cargador/Regulador Growatt, SPF 5000. (ANEXO 04)



Fuente: Panel Solar Perú (2022)

5. Simulación en el software Homer Pro

El software Homer Pro tiene como función responder preguntas acerca de sistemas que involucren diferentes fuentes de generación de energía, de tal manera que estos sistemas son los híbridos, puesto que tienen diferentes fuentes de generación de energía. El software Homer Pro básicamente lo que nos ayuda es a responder a preguntas desde el punto de vista técnico y desde el punto de vista económico acerca de qué tan viable o no, utilizar la energía de un grupo electrógeno, de la energía solar o energía eólica, con baterías o sin baterías en diferentes aplicaciones de consumo de energía.

Lo que queremos llegar a comparar es sistema diésel, un sistema solar y sistema híbrido, lo cual el software nos ayudara a simular un sistema realizando cálculos de balance energético de cada sistema para cada una de las horas del año. El software Homer Pro nos ayudara compara para cada hora las demandas de energía eléctrica y térmica que el sistema puede entregar durante esa hora y calcula el flujo de energía para cada componente del sistema.

Para este proyecto se optó por simular un sistema híbrido solar - diésel, a pesar de escoger este sistema para nuestro proyecto el software Homer Pro realizara combinaciones de los componentes, los cuales estos pueden trabajar independientemente como un sistema diésel individual, un sistema solar individual con inversor y si se hace uso de baterías estas también formaran partes de las combinaciones, de tal manera de que estos sistemas también pueden ser un sistema diésel con baterías con un inversor, de igual manera un sistema solar con baterías con un inversor. En el caso del sistema híbrido, estas pueden estar compuesto por un sistema solar - diésel con baterías más inversor o por lo cual un sistema solar – diésel sin baterías más inversor.

De las combinaciones que el software Homer Pro arroje de cada uno de los sistemas que evaluará, el software se quedará con la solución óptima. De esta forma, al final de la simulación, se mostrarán los análisis y resultados de todos los sistemas y podremos comparar los resultados y comprobar si resulta económicamente rentable hacer un sistema híbrido solar - diésel.

Al tener los datos de demanda de la zona, estos pasarán como cargas al software Homer Pro, por lo que, al momento de configurar la potencia de los componentes de los sistemas, estos deberán tener una potencia considerable para cumplir con las cargas que estas presentan.

5.1. Introducción de datos

Este proyecto se realizó en el caserío de Lloque – Cajamarca. Las coordenadas del caserío es latitud $6^{\circ} 46' 43.8''$ S y de longitud $79^{\circ} 5' 47.1''$ W, lo cual se ubicaron en el software, esto nos permite obtener los recursos del lugar.

El software nos permite poner el nombre del proyecto, los autores del proyecto, en este caso nosotros, y la descripción del proyecto el cual es una descripción breve del tema. En este proyecto se plantea obtener la mejor solución del sistema energético, lo cual se verá en los resultados que sistema gana: Sistema Diésel, Sistema fotovoltaico o el Sistema Híbrido Solar – diésel. Lo cual no solo se verá la inversión, también se verá a largo plazo la conveniencia del sistema, los costos del combustible diésel, los costos de mantenimiento de los equipos, la reducción de emisiones contaminantes y la generación de energía eléctrica del sistema óptimo.

Figura 28: Ingreso de datos de ubicación en Homer Pro

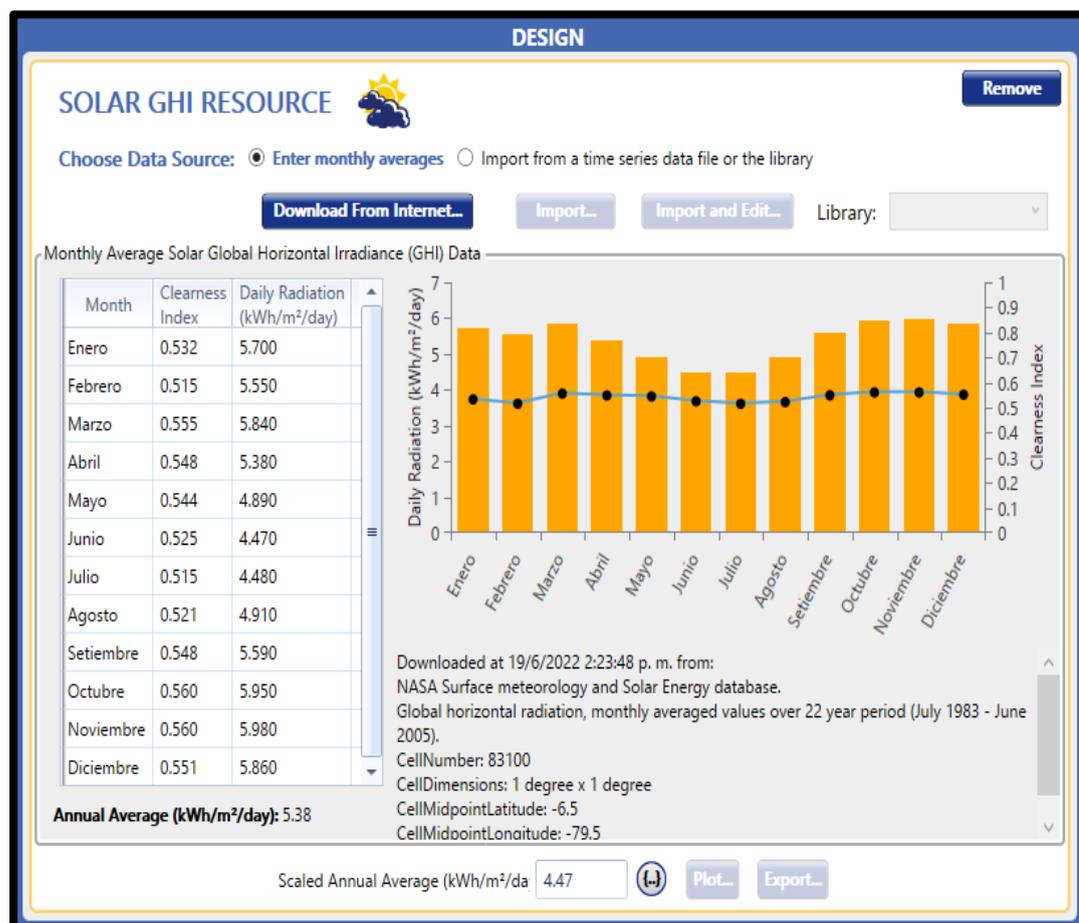


Fuente: Elaboración Autores

5.2. Recurso Solar

Los datos de radiación media diaria son importados de la “NASA Surface meteorology and Solar Energy”, lo cual los datos obtenidos son del año 2005, estos datos lo introducimos al Homer Pro para así poder realizar la simulación. Se sabe que el valor promedio de irradiación solar es de 5.38 kWh/m²/día. El mayor valor de irradiación solar es de 5.98 kWh/m²/día, el menor valor de irradiación solar es de 4.47 kWh/m²/día. Por lo que se hará uso del menor valor para realizar la simulación.

Figura 29: Recurso Solar en Homer Pro

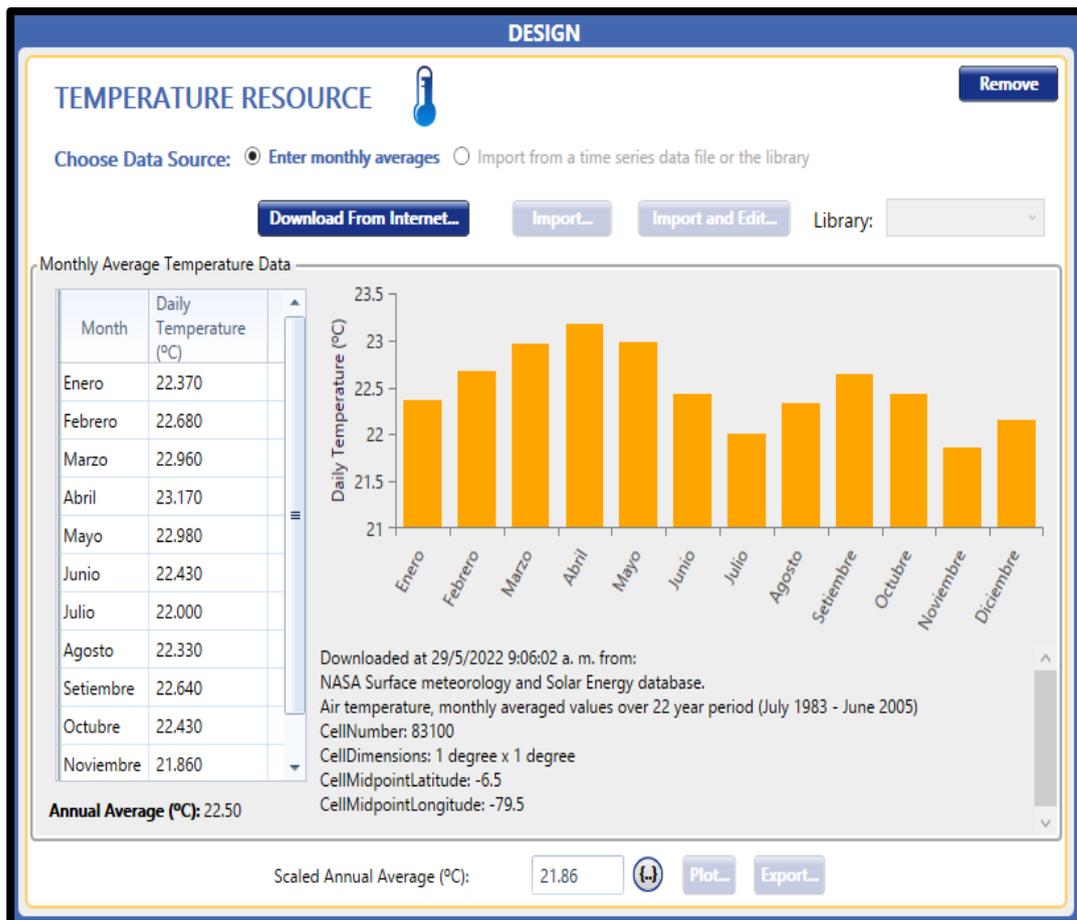


Fuente: Elaboración Autores

5.3. Recurso de Temperatura

Al igual que el recurso solar, el recurso de temperatura son importados de la “NASA Surface meteorology and Solar Energy”, lo cual los datos obtenidos son del año 2005, estos datos lo introducimos al Homer Pro para así poder realizar la simulación. Se sabe que el valor promedio de temperatura es de 22.50 °C. El mayor valor de temperatura es de 23.17 °C, el menor valor de temperatura es de 21.86 °C, se trabaja con el menor valor.

Figura 30: Recurso de Temperatura en Homer Pro



Fuente: Elaboración Autores

5.4. Recurso del Combustible

Del mismo modo este recurso lo obtenemos del mismo Homer Pro, ya que tiene la función de poder usar varios tipos de combustibles, en este caso el diseño para nuestra simulación se hará uso del combustible diésel. Para la simulación es necesario tener los parámetros más importantes como son el poder calorífico, densidad, porcentaje de carbono, porcentaje de sulfuro.

Otro parámetro importante del recurso es el precio del combustible, a diferencia de los otros que nos proporciona el Homer Pro este valor lo proporcionamos nosotros debido a que el precio del combustible varia cada año.

El Homer Pro tiene la función de límites y precios lo cual se le puede asignar diferentes valores de sensibilidad, para que, de acuerdo con el precio, el Homer Pro decida cuál es la configuración óptima de todo el sistema. Pero en la simulación que realizamos se ahorró el trabajo de que decida cuál es el precio óptimo para nuestro sistema, por lo que

se dio un precio fijo, la cual este precio se realizó un promedio de todos precios que hubo durante el periodo 01 de enero del 2010 al 08 agosto del 2022, según www.GlobalPetrolPrices.com, el valor medio para Perú durante ese período fue de S/. 4.527 por litro.

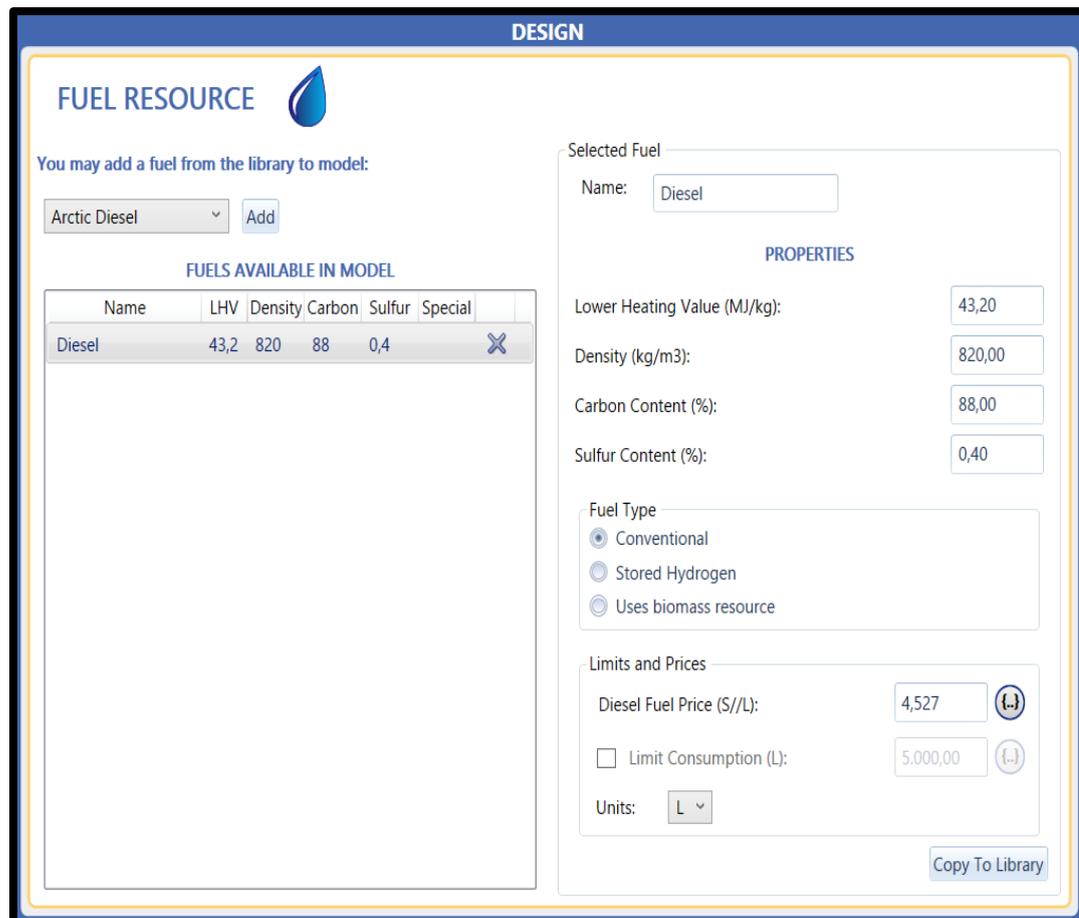
Tabla 12

Detalle de costos del combustible diésel en el Perú.

Precios del diésel en Perú	Litro	Galón
PEN (S/.)	4.527	17.137
USD (\$)	1.151	4.357
EUR (€)	1.127	4.266

Fuente: https://www.globalpetrolprices.com/Peru/diesel_prices/

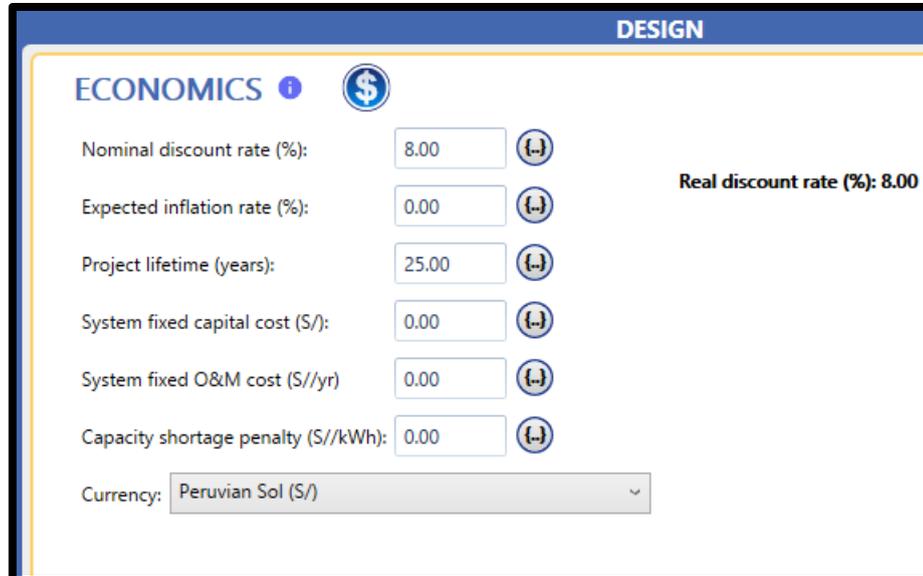
Figura 31: Recurso de Combustible diésel en Homer Pro



Fuente: Elaboración Autores

Para los parámetros económicos se introduce el tipo de interés, el tiempo que queremos que el Homer Pro estudie la viabilidad del proyecto.

Figura 32: Parámetros económicos en Homer Pro



Parameter	Value
Nominal discount rate (%)	8.00
Expected inflation rate (%)	0.00
Project lifetime (years)	25.00
System fixed capital cost (\$/)	0.00
System fixed O&M cost (\$/yr)	0.00
Capacity shortage penalty (\$/kWh)	0.00
Real discount rate (%)	8.00
Currency	Peruvian Sol (S/)

Fuente: Elaboración Autores

En cuanto a los parámetros de emisiones, se pueden ingresar los costos para los gases contaminantes, en este caso el más importante es el costo correspondiente a la producción de CO₂ por tonelada.

Figura 33: Parámetros de emisiones en Homer Pro



Emissions Penalties		Limits on Emissions	
Carbon dioxide (\$/t)	20.00	<input type="checkbox"/> Carbon dioxide (kg/yr)	0.00
Carbon monoxide (\$/t)	0.00	<input type="checkbox"/> Carbon monoxide (kg/yr)	0.00
Unburned hydrocarbons (\$/t)	0.00	<input type="checkbox"/> Unburned hydrocarbons (kg/yr)	0.00
Particulate matter (\$/t)	0.00	<input type="checkbox"/> Particulate matter (kg/yr)	0.00
Sulfur dioxide (\$/t)	0.00	<input type="checkbox"/> Sulfur dioxide (kg/yr)	0.00
Nitrogen oxides (\$/t)	0.00	<input type="checkbox"/> Nitrogen oxides (kg/yr)	0.00

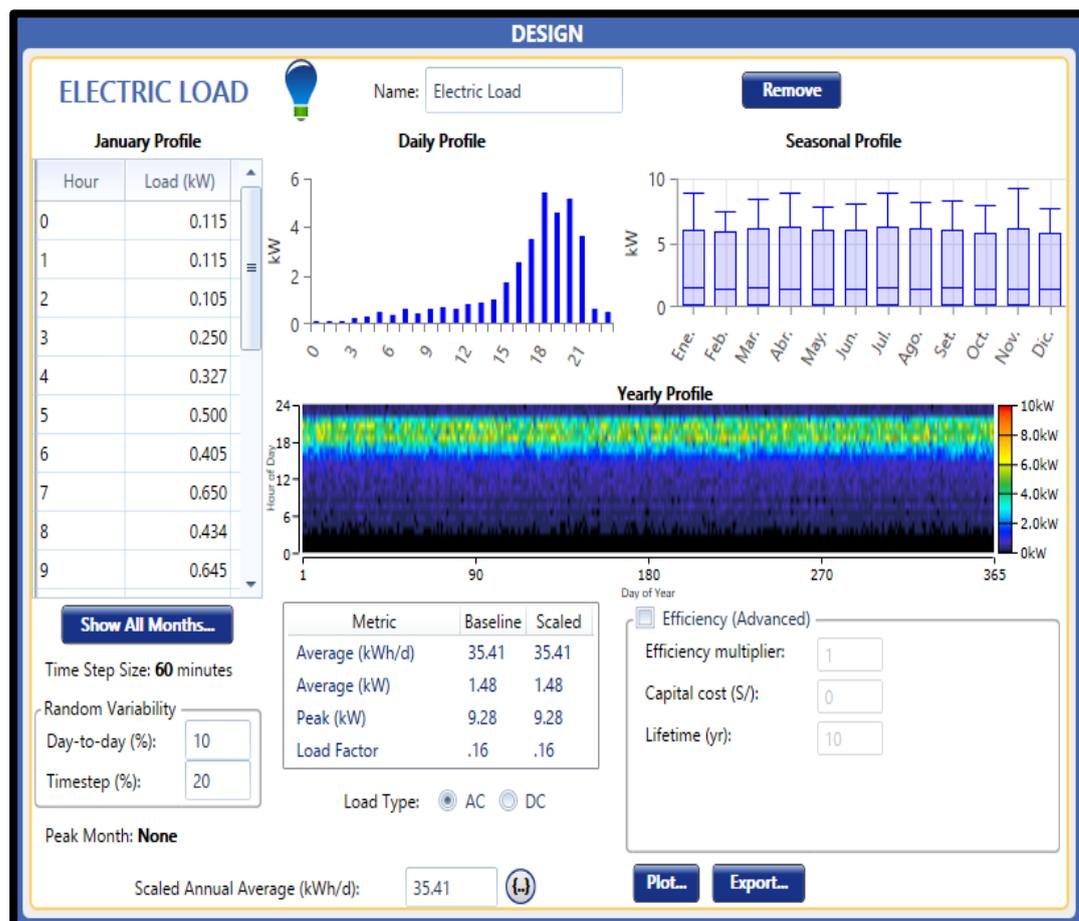
Fuente: Elaboración Autores

5.5. Demanda de energía

Como apreciamos de la Tabla 4 tenemos la energía promedio diaria de 35.415 kWh. Por lo que esto se introducen al Homer Pro como carga eléctrica, estas cargas serán de corriente alterna. Para cada hora del día se elabora el diagrama de carga para el caserío en base a la energía promedio diaria y al uso que se destinara para cada lote lo cual en es residencial y lo que es el alumbrado público, lo cual se obtiene una carga aproximada a la que requiere abastecer.

Se introduce una potencia determinada por el consumo de los usuarios en el caserío, la cual esta llega a sumar las cargas hasta llegar a la energía promedio diaria, en Scaled Annual Average (kWh/día). Las cargas que se re registraron forman un diagrama de barras de carga por día. Se dejo los valores de variabilidad por defecto. Al tener definido todos estos parámetros, el Homer Pro se encarga de calcular la potencia pico del sistema, lo cual será de 9.28 kW.

Figura 34: Demanda de energía en Homer Pro



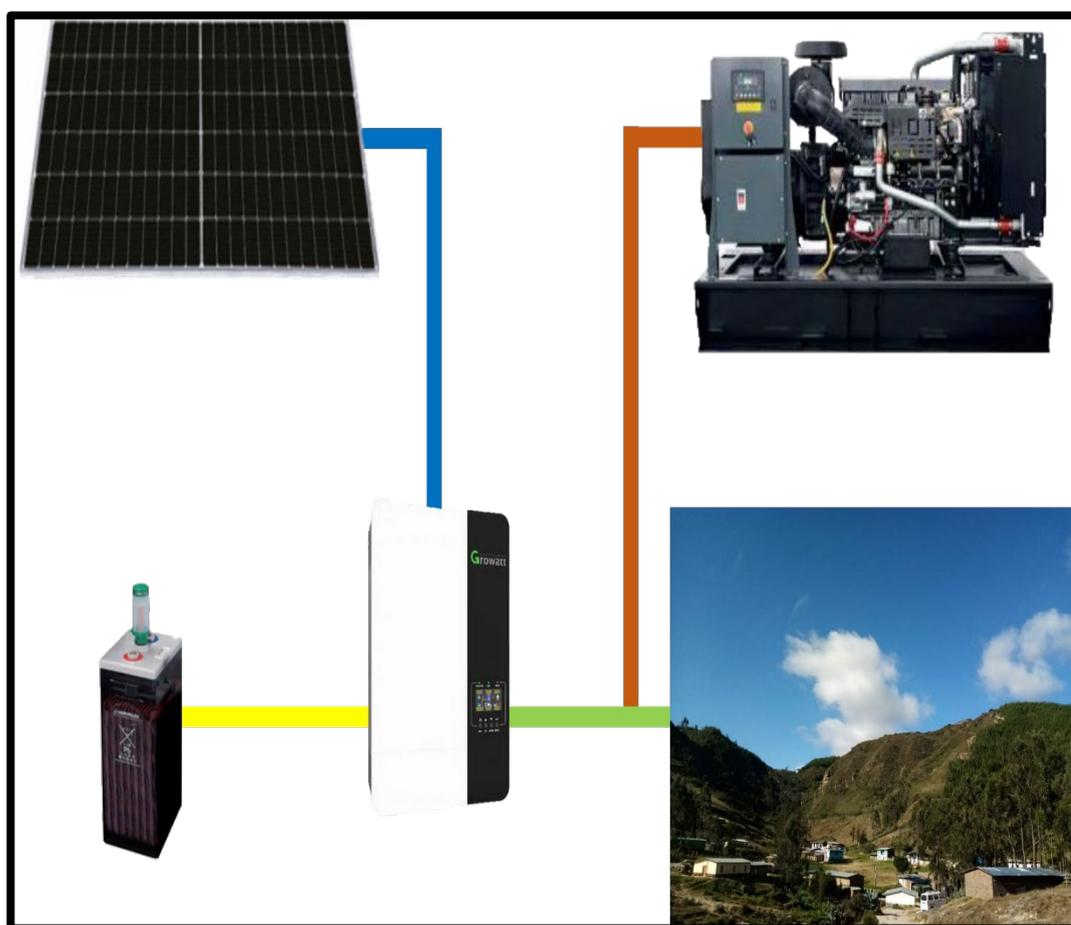
Fuente: Elaboración Autores

5.6. Componentes para simular

Los componentes para simular en el software Homer Pro, tendrán que cumplir con la demanda eléctrica que genera el caserío de Lloque – Cajamarca, esta demanda se divide en dos cargas, las cargas son de uso principal doméstico los cuales serán como: luminarias led, televisión, radios, celulares, laptop y las cargas secundarias son de uso público lo cual será: alumbrado público.

El esquema que se va a simular en el software Homer Pro es el siguiente:

Figura 35: Esquema físico del sistema a simular en Homer Pro



Fuente: Elaboración Autores

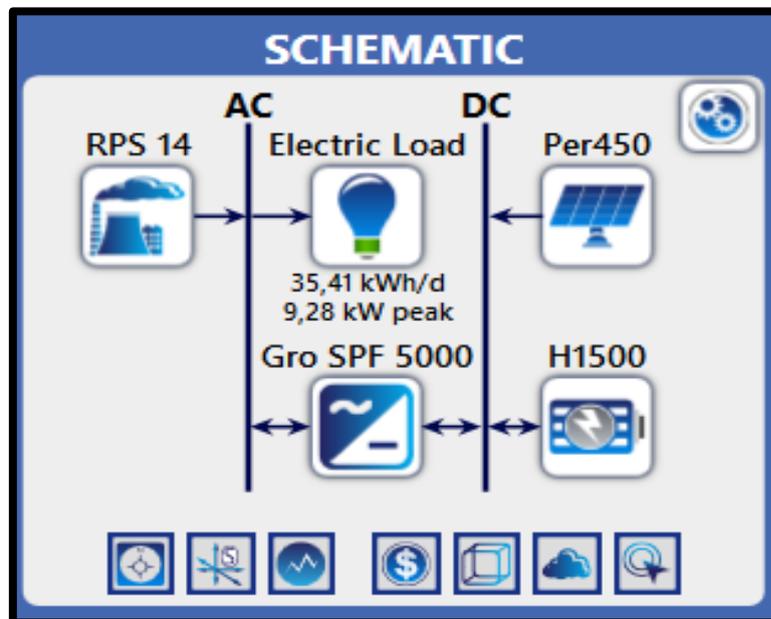
Entonces son los componentes que cumplirán la demanda eléctrica que formarán parte de esta simulación son los siguientes:

- Grupo Electrónico Rivera Diésel RPS 14, el grupo que se eligió es de 14.4 kW por lo que para la simulación en el Homer Pro se hará uso de un grupo electrónico diésel de 15 kW.

- Paneles fotovoltaicos Perc Half Cell - EGE-450W-144M, la potencia de cada panel es de 450 W, lo cual para esta parte de la simulación se hará uso de la función Homer Optimizer, esta función se encargará de introducir diferentes valores de cantidades de paneles para que el programa encuentre la mejor solución.
- Batería Hoppecke 12 OPzS 1500, 2V 2232 A.h, la capacidad de las baterías serán de 2 V, al igual que los paneles fotovoltaicos se usa la función Homer Optimizer, la cual se encargará de encontrar cantidad que necesita para que el programa encuentre la mejor solución.
- Inversor / Cargador / Controlador Growatt, SPF 5000 ES, 5 kW. Para el uso del inversor también se hará uso de la función Homer Optimizer, con la cual se encargará de encontrar capacidad que el inversor brindará.

Se realiza el esquema del sistema, en este paso se van añadiendo los componentes ya mencionados para conformar el sistema. El software Homer Pro se encarga de ubicarlos correctamente en el esquema.

Figura 36: Esquema lógico del sistema a simular en Homer Pro

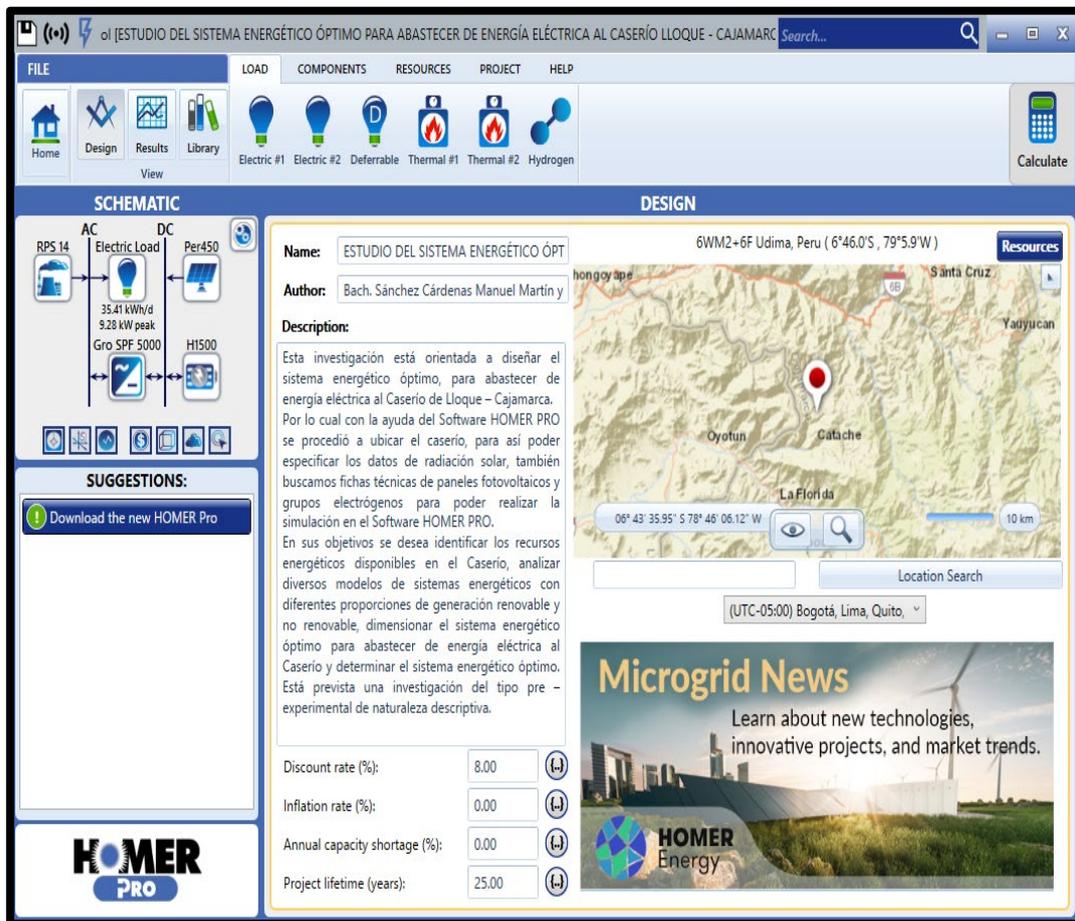


Fuente: Elaboración Autores

Una vez ya teniendo todos los datos de ubicación y los recursos, se hará la presentación de la simulación, lo cual luego se pasará a introducir los precios de capital, mantenimiento y de cambio por si el equipo cumpla con su tiempo de vida u ocurra un

desperfecto.

Figura 37: Presentación del Proyecto a simular en Homer Pro



Fuente: Elaboración Autores

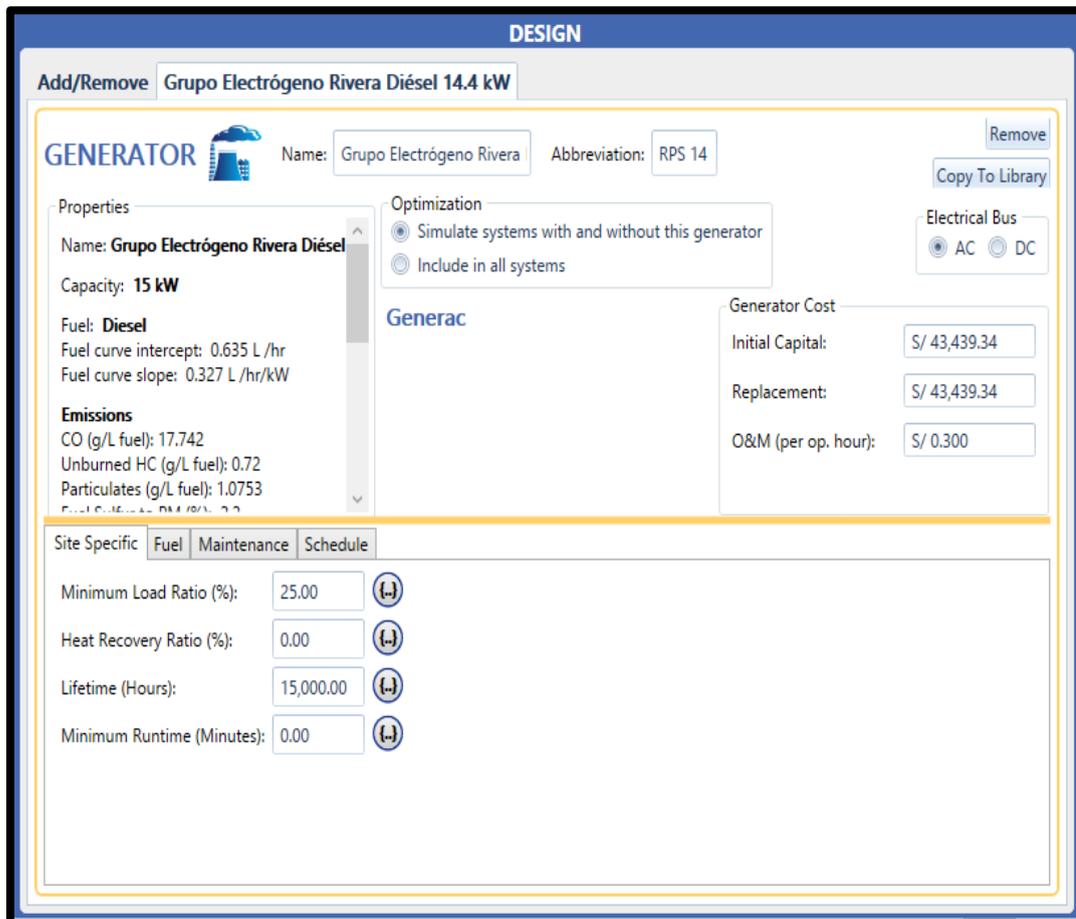
5.7. Grupo Electrónico

El software nos permite elegir de la biblioteca que tiene el grupo electrónico que se querrá, se puede elegir entre varios modelos, marcar y potencia. Para esta simulación se toma en cuenta el cálculo realizado anteriormente el cual fue de 14.4 kW, para realizar la simulación en el Homer Pro se toma el grupo de 15 kW con la mayor aproximación a lo calculado, de esta manera la simulación se dará de una manera casi exacta.

Se tiene un apartado de propiedades lo cual se introducirá el costo del grupo electrónico, como el capital inicial, cuánto cuesta reponerlo y el coste de mantenimiento por hora. Para el capital se introduce el costo que tiene el grupo lo cual se cotizo y tiene un costo de S/. 43 439.34, y para el reemplazo del grupo será el mismo costo de S/. 43 439.34 por el motivo si se tiene que hacer el cambio del grupo

electrógeno y para el reemplazo se tiene un costo de S/. 0.30 por hora.

Figura 38: Grupo Electrógeno en Homer Pro



Fuente: Elaboración Autores

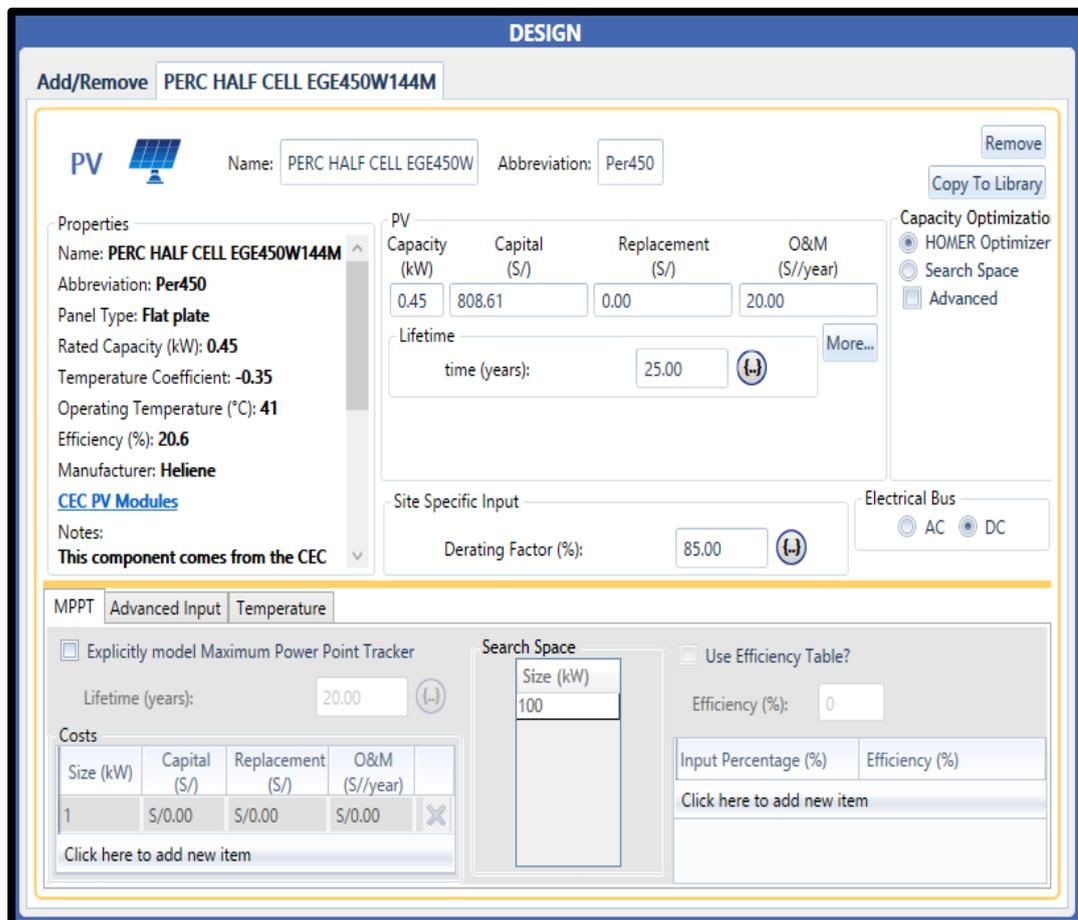
5.8. Paneles Fotovoltaicos

El software permite elegir el panel fotovoltaico que se querrá, la cual lo podemos encontrar en su biblioteca, este puede ser elegido entre varios modelos, marcar y potencia, de igual manera tiene la función de colocar el panel que requerimos, lo único que se debe tener son las características del panel la cual esta lo encontramos en la ficha técnica, introduciendo los datos el Homer se encargara de verificar si al simular el panel introducido la cual está fuera del catálogo cumple o no. Lo que se propuso es el uso del panel Perc Half Cell - EGE-450W-144M. Como se desea saber que potencia de la instalación es la óptima, se hace uso de la función Homer Optimizer la cual se encargara de ver la cantidad de potencia que requiere el sistema, la cual, comparado con nuestros cálculos realizados, esta optimización puede hacer variar el número de paneles que se requiere.

Al ya tener todas las características del panel introducidas en el Homer Pro, se debe definir los parámetros de costo por kW como: capital, reemplazo y mantenimiento. Pero en las características del panel estas tienen tiempo de vida de 25 años por lo que no se requiere costo de reemplazo, para los parámetros de capital se introduce el costo que tiene el panel lo cual se cotizo y tiene un costo de S/. 808.61 y el costo de mantenimiento será de S/. 20.00 por panel lo cual esto será por cada año.

Como se sabe los paneles fotovoltaicos trabajan en corriente continua (DC), por lo que se requiere un inversor solar para transformar la corriente continua (DC) a corriente alterna (AC).

Figura 39: Panel Fotovoltaico en Homer Pro



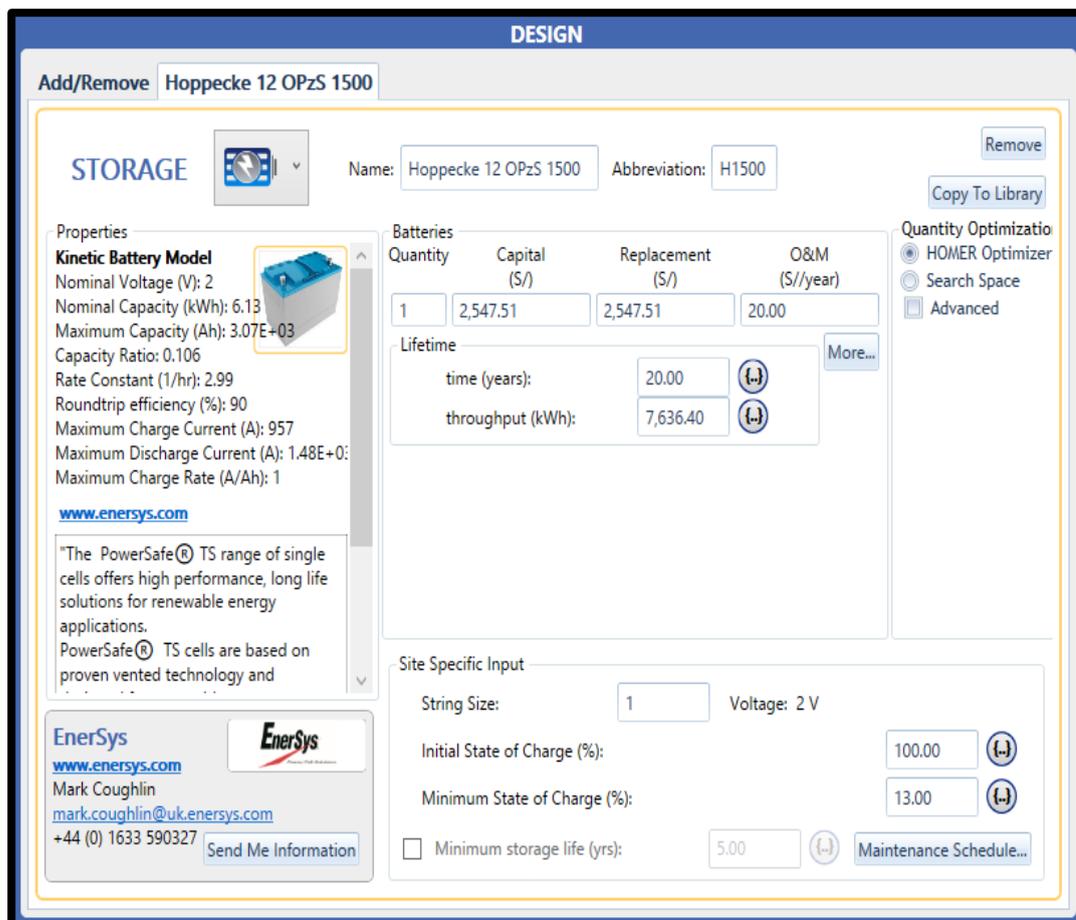
Fuente: Elaboración Autores

5.9. Baterías

Al igual que los paneles el software permite elegir el que se requiere, también teniendo las características de la batería la cual esta lo encontramos en la ficha técnica, se

introduce los datos el Homer se encargara de verificar si al simular cumple o no. Lo que se propuso es el uso del Batería Hoppecke 12 OPzS 1500, 2V 2232 Ah. Como la batería cumple con la corriente que se requiere, pero hace falta saber la cantidad que se empleara, por lo que se hace uso de la función Homer Optimizer la cual se encargara de ver la cantidad que requiere el sistema, la cual, comparado con nuestros cálculos realizados, esta optimización puede hacer variar el número de baterías que se requiere. Para los parámetros de costo se hace por batería como: capital, reemplazo y mantenimiento. El tiempo de vida es de 20 años por lo que para los parámetros de capital se introduce el costo que tiene la batería lo cual se cotizo y tiene un costo de S/. 2 547.51, para el reemplazo se pone el mismo costo de S/. 2 547.51 y el costo de mantenimiento será de S/. 20.00 por batería lo cual esto será por cada año.

Figura 40: Batería solar en Homer Pro



Fuente: Elaboración Autores

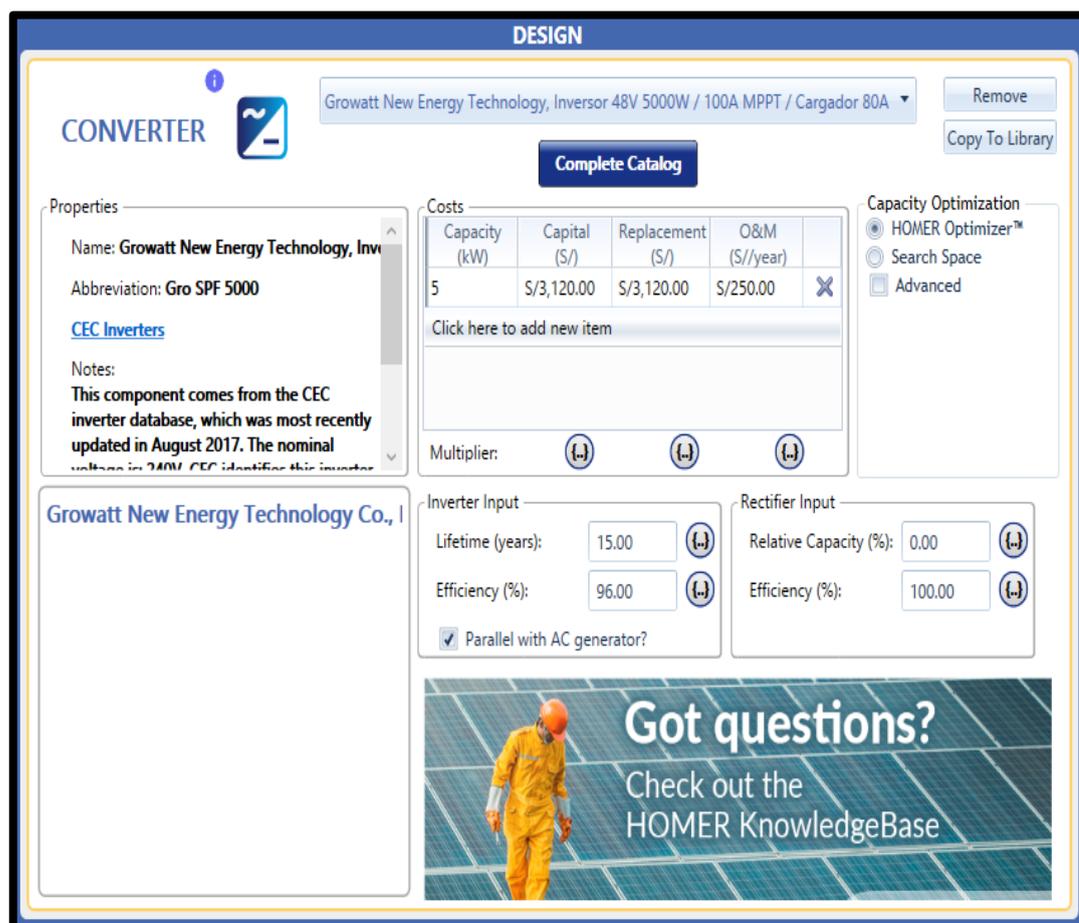
5.10. Inversor/Cargador/Regulador

Del mismo modo se puede elegir el que se requiere, en este caso se encontró el modelo

del inversor en la biblioteca del Homer Pro. Lo cual se hará uso del Inversor/Cargador/Regulador Growatt, SPF 5000 ES, 5 kW. Se hace uso de la función Homer Optimizer la cual se encargará de ver la capacidad de potencia que requiere el sistema, la cual, comparado con nuestros cálculos realizados, esta optimización puede hacer variar el número de inversores que se requiere. El inversor tendrá la función de transformar la corriente continua (DC) generada por los paneles y las baterías a corriente alterna (AC) para el consumo de las cargas.

Para los parámetros de costo se hace por capacidad de kW como: capital, reemplazo y mantenimiento. Su tiempo de vida es de 15 años, por lo que para los parámetros de capital se introduce el costo que tiene el inversor lo cual se cotizo y tiene un costo de S/. 3 120.00, para el reemplazo se pone el mismo costo de S/. 3 120.00 y el costo de mantenimiento será de S/. 250.00 por cada año.

Figura 41: Inversor solar en Homer Pro



Fuente: Elaboración Autores

5.11. Cálculos de la simulación

El Homer Pro calcula todas las posibles combinaciones, las combinaciones que nos arrojó el Homer Pro son un total de 999 soluciones, 811 son factibles y 188 son irrealizables debido a la escasez de capacidad.

Al simular el Homer Pro compara el sistema diésel, el sistema fotovoltaico y el sistema híbrido solar - diésel, por lo que con la función Categorized, muestra los mejores resultados, los cuales como se aprecia en la Figura 42, se puede apreciar que se obtuvieron 5 sistemas de generación de energía las cuales son: sistema diésel más uso de baterías, sistema diésel, sistema híbrido solar – diésel sin uso de baterías, sistema híbrido solar – diésel y por último sistema fotovoltaico.

El sistema optimo el cual beneficiara al caserío Lloque según la simulación del Homer Pro es el sistema fotovoltaico. El Homer se basó en la evaluación del NPC el cual principal resultado económico, este valor clasifica todas las configuraciones del sistema en los resultados de optimización.

Figura 42: Resultados de la Simulación del Homer Pro

The screenshot shows the 'RESULTS' window in HOMER Pro. It contains two main tables: 'Sensitivity Cases' and 'Optimization Results'. Both tables have columns for 'Architecture' and 'Cost'. The 'Optimization Results' table is sorted by 'NPC (\$/yr)' in ascending order.

RESULTS												
Sensitivity Cases												
Architecture						Cost						
Per450 (kW)	RPS 14 (kW)	H1500	Gro SPF 5000 (kW)	Dispatch	COE (\$/)	NPC (\$/)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$/)	Fuel cost (\$/yr)	O&M (\$/yr)	Ren Fr (%)	
16.2		18	9.81	CC	S/0.822	S/113,360	S/3,018	S/81,140	S/0.00	S/1,572	100	

Optimization Results												
Architecture						Cost						
Per450 (kW)	RPS 14 (kW)	H1500	Gro SPF 5000 (kW)	Dispatch	COE (\$/)	NPC (\$/)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$/)	Fuel cost (\$/yr)	O&M (\$/yr)	Ren Fr (%)	
16.2		18	9.81	CC	S/0.822	S/113,360	S/3,018	S/81,140	S/0.00	S/1,572	100	
14.4	15.0	13	8.73	LF	S/1.03	S/142,789	S/3,278	S/107,795	S/539.53	S/1,359	98.1	
43.7	15.0		2.92	CC	S/6.23	S/859,218	S/68,903	S/123,695	S/49,820	S/4,350	0	
	15.0			CC	S/8.36	S/1.15M	S/103,972	S/43,439	S/76,376	S/3,511	0	
	15.0	1	0.292	LF	S/8.37	S/1.15M	S/103,866	S/46,169	S/76,253	S/3,540	0	

Fuente: Elaboración Autores

Se da una breve descripción de cada sistema para la comprensión del funcionamiento del Homer Pro. Estas se darán del sistema menos óptimo al sistema más óptimo.

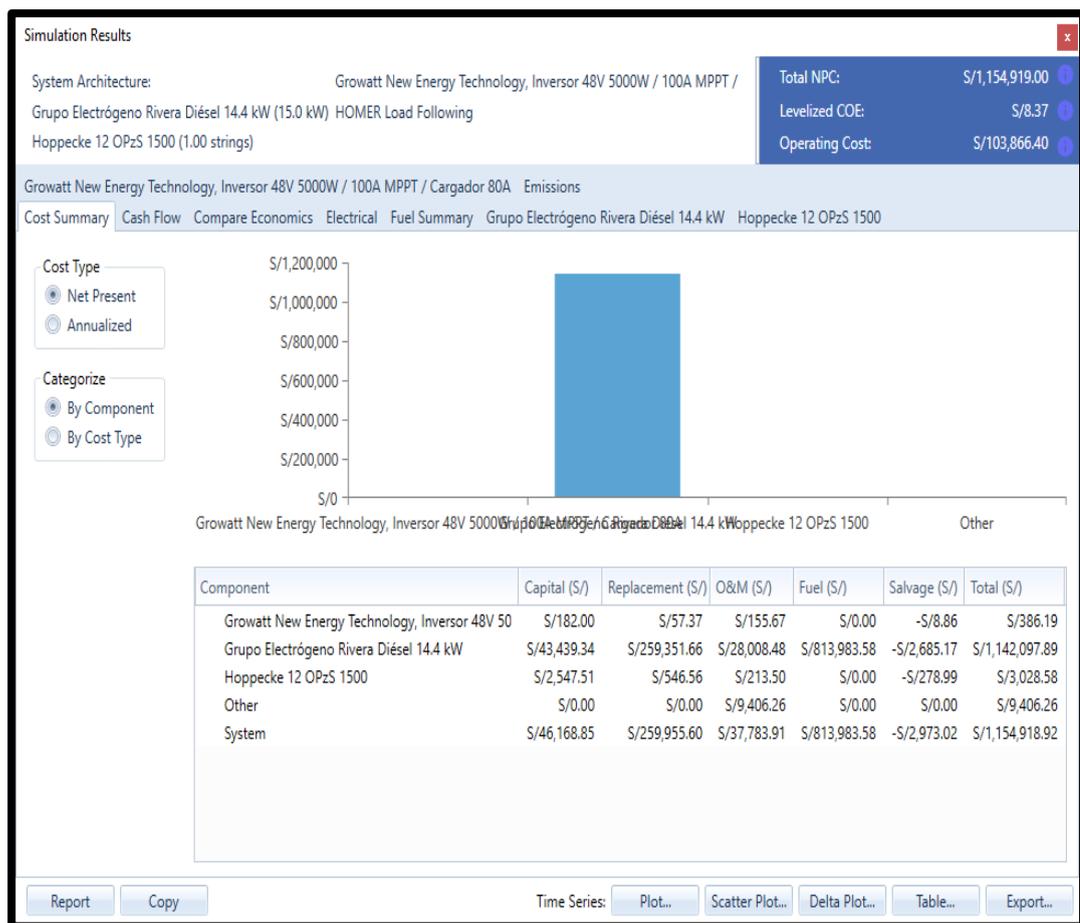
5.11.1. Sistema Diésel más Baterías

A. Costo del sistema

Como se puede apreciar en la Figura 43, es el costo del sistema diésel más baterías, lo cual demuestra como sería la inversión y la realización del sistema a lo largo del proyecto. En el gráfico de barras que se observa, la principal fuente de generación de energía es del sistema diésel, al pesar de que este sistema se usa baterías, la cantidad de baterías que propone el sistema es solo una por lo que se puede decir que solo hará de apoyo siempre y cuando la demanda supere la energía que genera el grupo electrógeno.

El costo del sistema proyectado a 25 años es de S/. 1 154 919.00 y un costo nivelado de energía es de S/. 8.37, esto se debe al costo del combustible el cual es elevado.

Figura 43: Costo Total del Sistema Diésel más Baterías



Fuente: Elaboración Autores

B. Flujo de caja

Como se puede apreciar en la Figura 44, el análisis económico del sistema, como se observa en la leyenda del gráfico de barras la cual está compuesto por el capital con color verde, operación con color gris, ingresos salvados con color marrón, combustible con color beich y reemplazo con color anaranjado. En grafica destaca que la mayor parte del costo lo genera el combustible con un valor de S/. 76 252.99 cada año, el segundo costo más grande es el de reemplazo el cual se divide en el grupo electrógeno y la batería, con un valor de S/. 43 439.34 del grupo electrógeno, el cual se obtuvo 14 reemplazos y con un valor de S/. 2 547.51 de la batería, el cual se obtuvo 1 reemplazo. Con una pequeña porción en costos de mantenimiento con un valor de S/. 3 539.55 por año, el capital con un valor de S/. 46 168.85 el cual es la suma del grupo electrógeno y la batería es una pequeña generación del inversor, todos estos costos según la gráfica están en función de gastos y los ingresos salvados tienen un valor de S/. 20 360.62 en el año final del proyecto.

Figura 44: Flujo de Caja del Sistema Diésel más Baterías

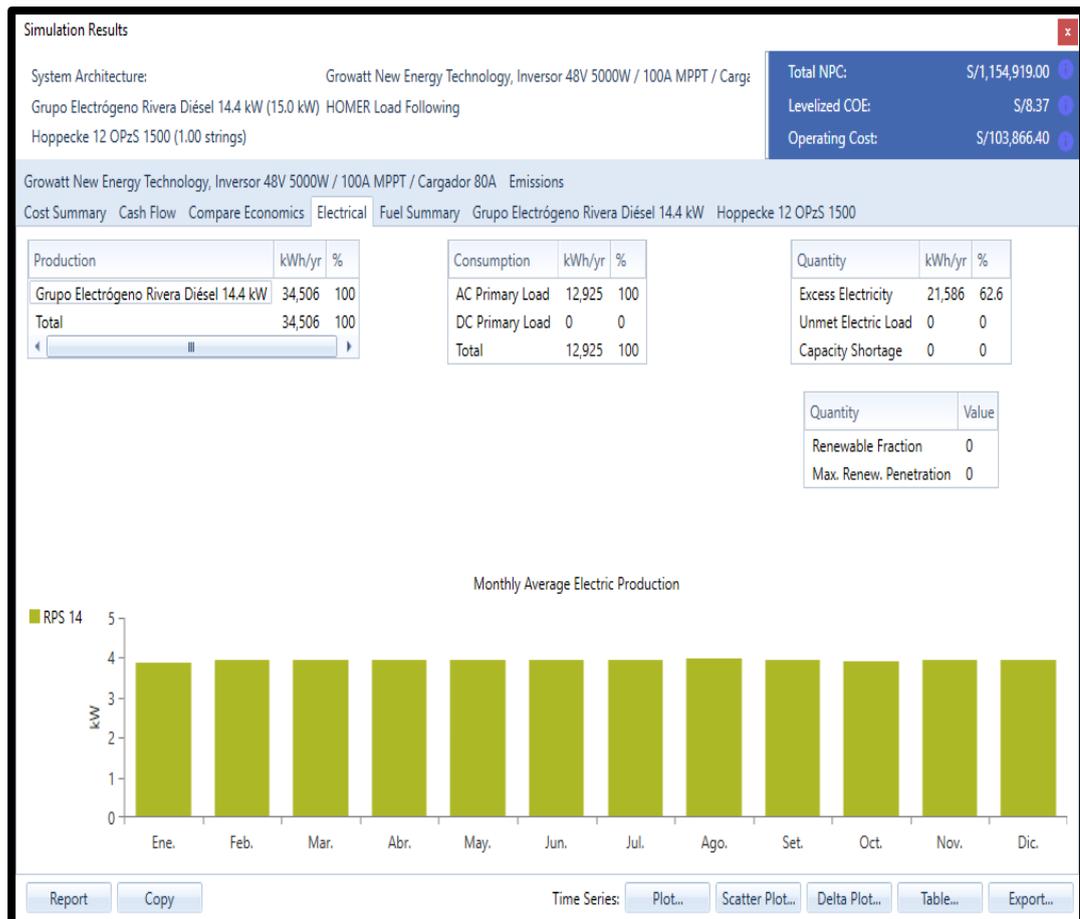


Fuente: Elaboración Autores

C. Electricidad generada

Como se puede apreciar en la Figura 45, se observa la energía que genera el cual es de 34 506 kWh/año, con un consumo de 12 925 kWh/año y un exceso de energía de 21 586 kWh/año por lo que esta energía se tendría que ir a una red eléctrica, en el gráfico de barras se observa que la energía generada por mes es constante.

Figura 45: Electricidad del Sistema Diésel más Baterías



Fuente: Elaboración Autores

D. Funcionamiento de los componentes

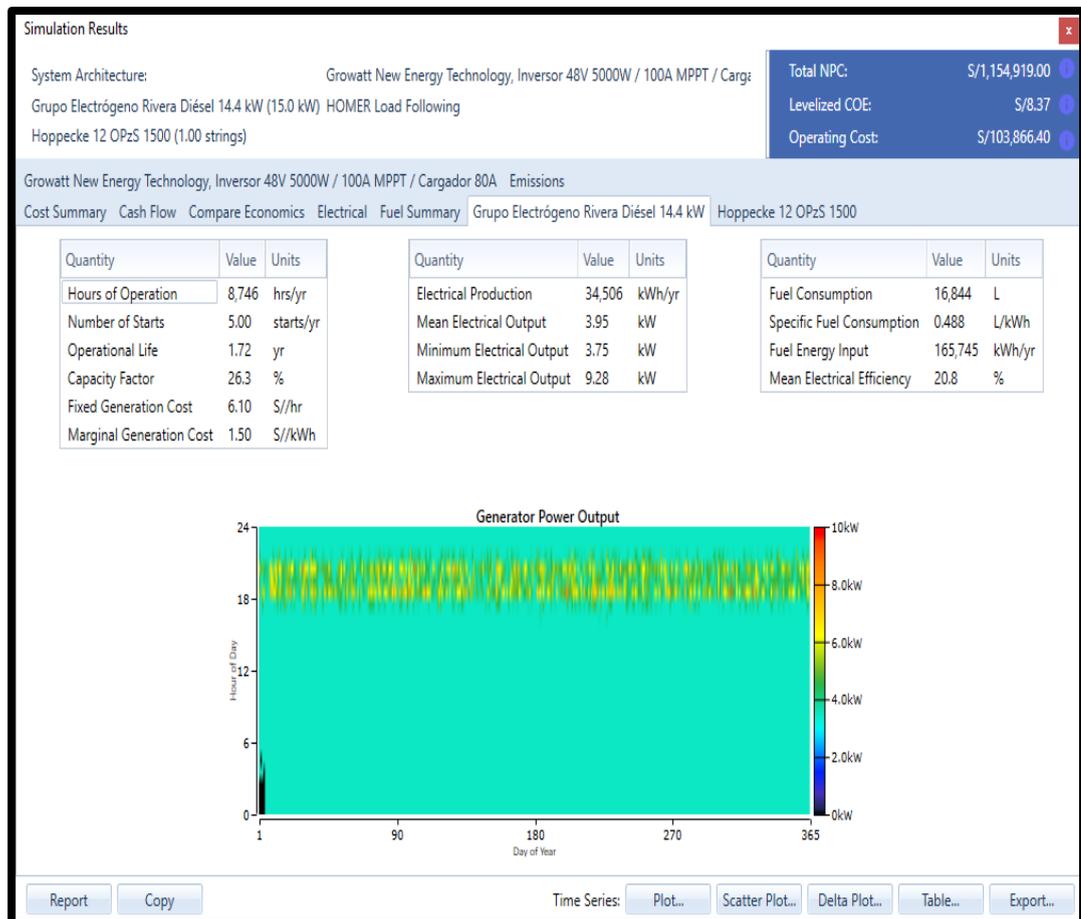
a. Grupo Electrónico

Como se puede apreciar en la Figura 46, se observa que el grupo electrónico solo trabaja 8 746 h/año, con una vida útil de 1.72 años y con un consumo de combustible de 16 844 L/año para la producción de 34 506 kWh/año, esto nos da un consumo específico de combustible de 0.488 L/kWh y con una eficiencia eléctrica de 20.8 %.

El gráfico Generator Power Output muestra que el mayor uso de potencia es en las

horas pico del día las cuales son de las 6 pm a 11 pm, de igual manera se aprecia una parte negra que es lo que el generador no puede cumplir esa hora en el principio del año, el cual este espacio lo cumple la batería y el inversor.

Figura 46: Generación de Energía del Grupo Electrógeno del Sistema Diésel más Baterías

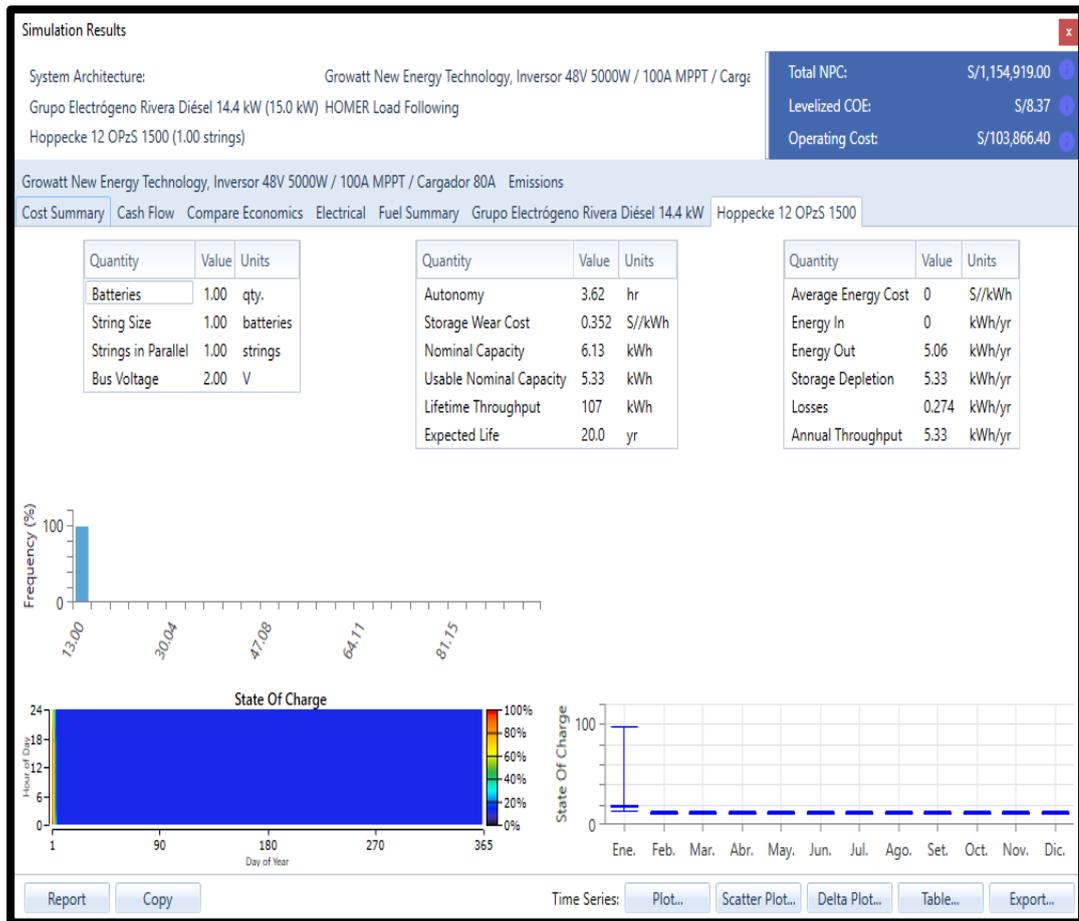


Fuente: Elaboración Autores

b. Baterías

Como se apreció en la Figura 46, se ve un espacio el cual la batería se encargará de cumplir esta pequeña porción de energía que el grupo electrógeno no pudo cumplir. Esto se puede observar en la Figura 47, que solo se hace uso de una batería el cual tiene una potencia de salida de 5.06 kWh/año, la cual solo se hará uso a inicios del primer año del proyecto. Esto se observa en el gráfico de estado de carga de la batería, el cual vemos que tiene funcionamiento en el mes de enero y el resto del año está en stand by.

Figura 47: Generación de Energía de las Baterías del Sistema Diésel más Baterías



Fuente: Elaboración Autores

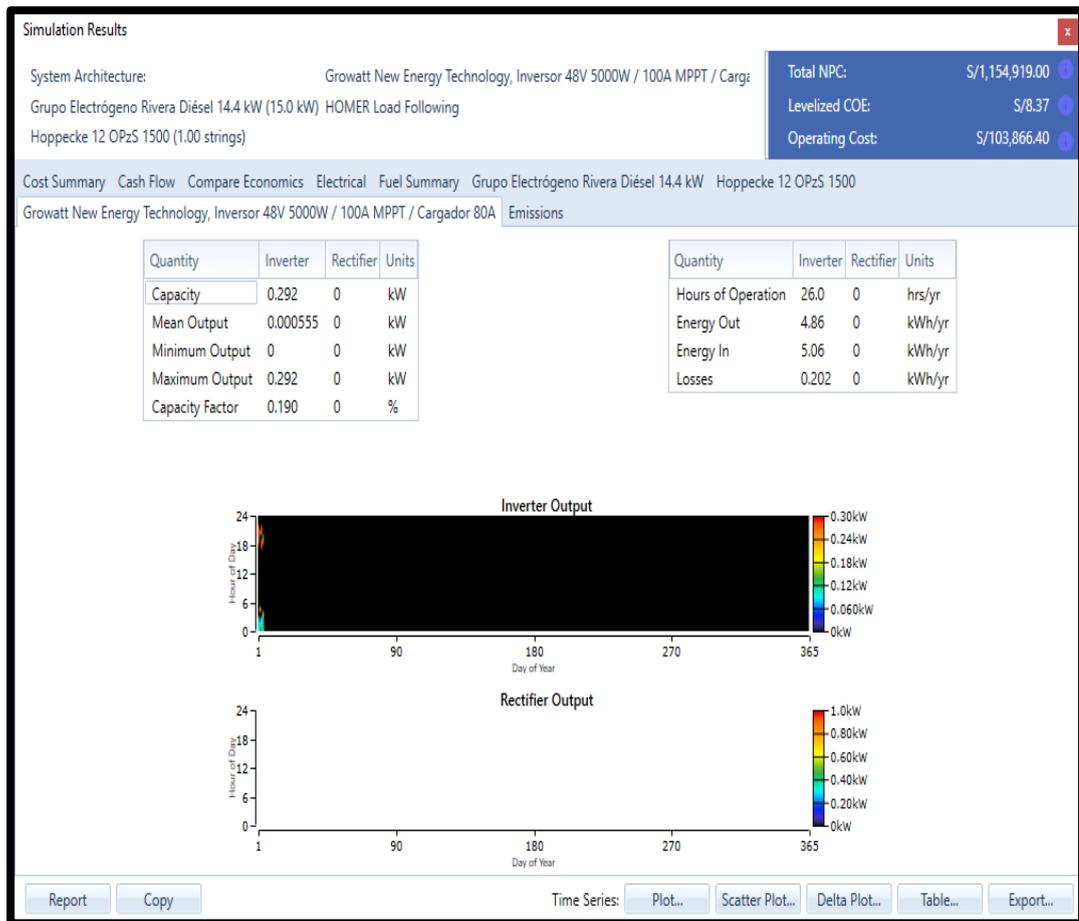
c. Inversor

De acuerdo con el funcionamiento de la batería esta es transformada a corriente alterna para que se pueda hacer uso de la potencia para que ayude al grupo electrógeno a cumplir la demanda.

Lo que se observa en la Figura 48 la capacidad que genera el inversor es de 0.292 kW, con un factor de capacidad de 0.190 % y tienen 24 h de funcionamiento. Lo cual la energía que sale por año es de 4.86 kWh/año.

El gráfico Inverter Output muestra que la generación de energía se da en el primer año del proyecto, pero en diferentes horas del día, el primer uso fue entre las 0 h hasta las 6 h y el segundo uso se dio entre las 18 h hasta las 23 h.

Figura 48: Energía Transformada del Inversor del Sistema Diésel más Baterías



Fuente: Elaboración Autores

E. Emisiones

Como se muestra en la Figura 49 las emisiones del sistema son muy elevadas lo cual es muy contaminante.

Figura 49: Emisiones del Sistema Diésel más Baterías

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	44,058	kg/yr
Carbon Monoxide	299	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	12.1	kg/yr
Particulate Matter	18.1	kg/yr
Sulfur Dioxide	108	kg/yr
Nitrogen Oxides	340	kg/yr

Fuente: Elaboración Autores

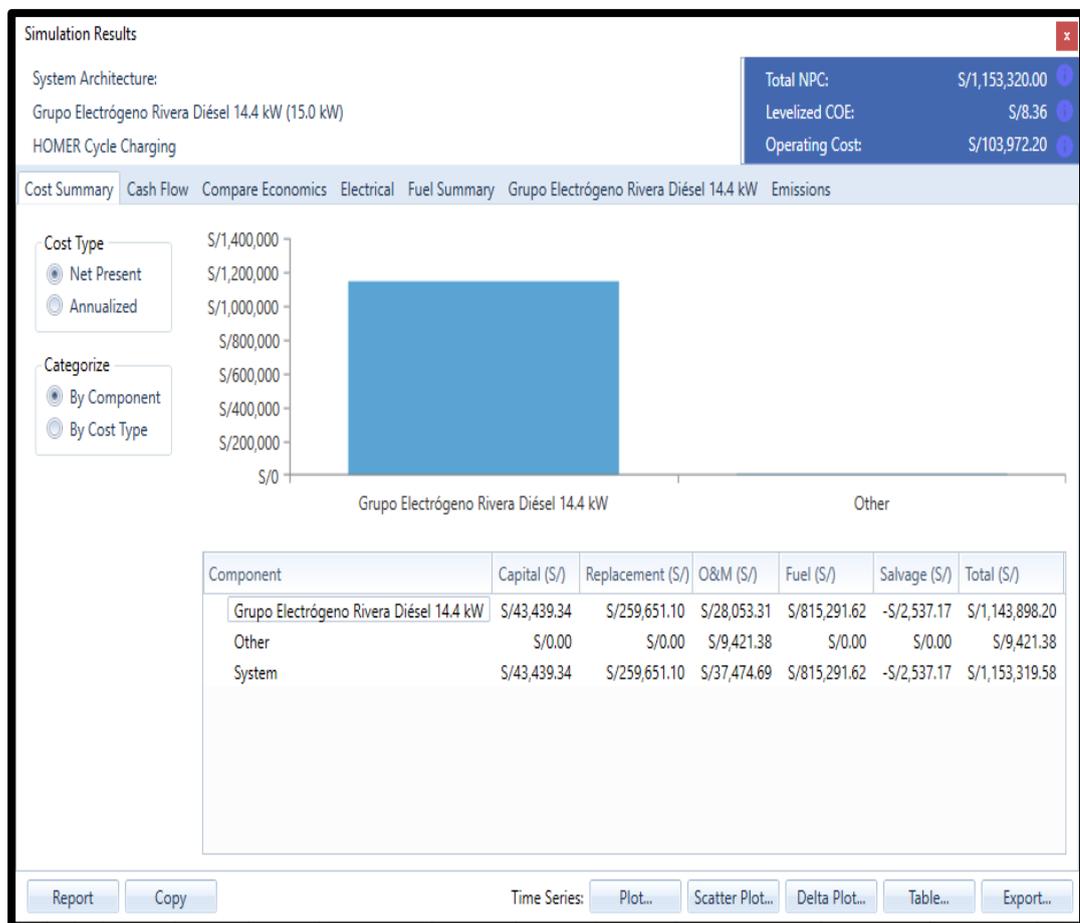
5.11.2. Sistema Diésel

A. Costo del sistema

Como se puede apreciar en la Figura 50, es el costo del sistema diésel, lo se observa la inversión y la realización del sistema a lo largo del proyecto. En el gráfico de barras que se observa, la principal fuente de generación de energía es del sistema diésel.

El costo del sistema proyectado a 25 años es de S/. 1 153 320.00 y un costo nivelado de energía es de S/. 8.36, esto se debe al costo del combustible el cual es elevado.

Figura 50: Costo Total del Sistema Diésel



Fuente: Elaboración Autores

B. Flujo de caja

Como se puede apreciar en la Figura 51, el análisis económico del sistema, se observa en la leyenda del gráfico de barras la cual muestra el capital con color verde, operación con color gris, ingresos salvados con color marrón, combustible con color

beich y reemplazo con color anaranjado. En grafica destaca que la mayor parte del costo lo genera el combustible con un valor de S/. 76 375.52 cada año la cual es mayor al sistema diésel más baterías, el segundo costo más grande es el de reemplazo con un valor de S/. 43 439.34 del grupo electrógeno, el cual se obtuvo 14 reemplazos. Con una pequeña porción en costos de mantenimiento con un valor de S/. 3 510.58 por año la cual es menor al sistema diésel más baterías, el capital tiene un valor de S/. 43 439.34, todos estos costos según la gráfica están en función de gastos y los ingresos salvados tienen un valor de S/. 17 375.74 en el año final del proyecto el cual es menor al sistema diésel más baterías.

Figura 51: Flujo de Caja del Sistema Diésel



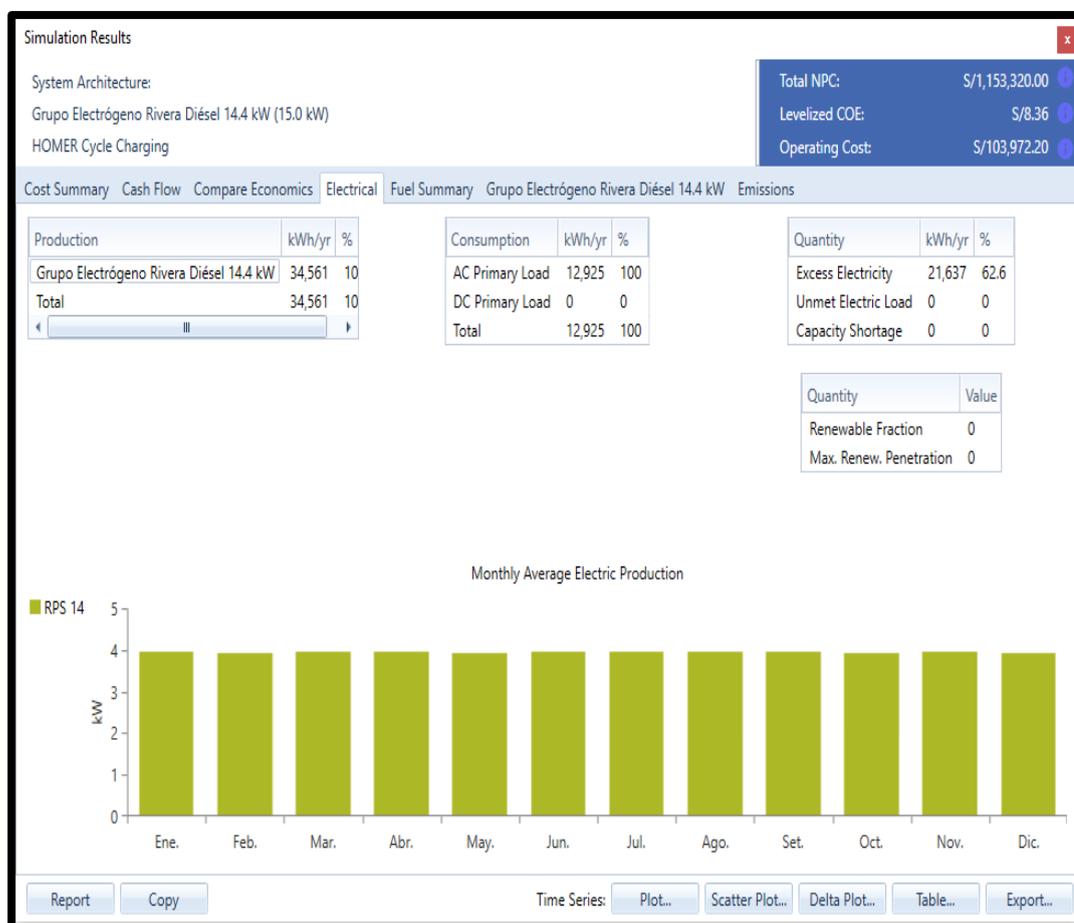
Fuente: Elaboración Autores

C. Electricidad generada

Como se puede apreciar en la Figura 52, se observa la energía que genera es un poco mayor el cual es de 34 561 kWh/año, con un consumo de 12 925 kWh/año y un exceso de energía de 21 637 kWh/año por lo que esta energía se tendría que ir a una

red eléctrica, en el gráfico de barras se observa que la energía generada por mes es constante.

Figura 52: Electricidad del Sistema Diésel



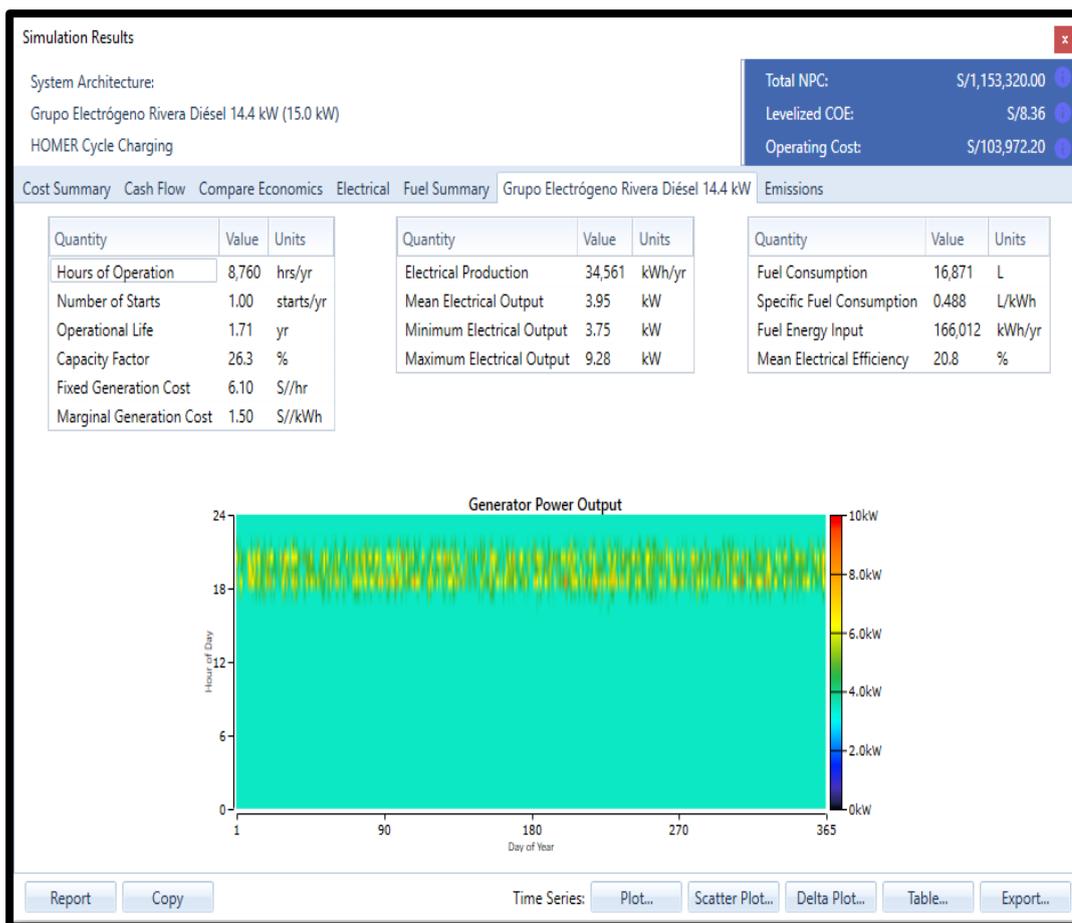
Fuente: Elaboración Autores

D. Funcionamiento de los componentes

Como se puede apreciar en la Figura 53, se observa que el grupo electrógeno trabaja los 8 760 h/año, con una vida útil de 1.71 años, el consumo de combustible aumenta y es de 16 871 L/año para la producción de 34 561 kWh/año, esto nos da un consumo específico de combustible de 0.488 L/kWh y la eficiencia eléctrica se mantiene en 20.8 %.

El gráfico Generator Power Output muestra que el mayor uso de potencia sigue siendo en las horas pico del día las cuales son de las 6 pm a 11 pm, de igual manera se aprecia que el generador puede cumplir con la demanda, pero su desventaja es que tiene poco tiempo de vida útil por lo que se tendría que estar reemplazando cada cierto tiempo y también consume mucho combustible al año.

Figura 53: Generación de Energía del Grupo Electrónico del Sistema Diésel



Fuente: Elaboración Autores

E. Emisiones

Como se muestra en la Figura 54 las emisiones del sistema son más elevadas a comparación de los demás sistemas lo que quiere decir que es muy contaminante.

Figura 54: Emisiones del Sistema Diésel

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	44,129	kg/yr
Carbon Monoxide	299	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	12.1	kg/yr
Particulate Matter	18.1	kg/yr
Sulfur Dioxide	108	kg/yr
Nitrogen Oxides	340	kg/yr

Fuente: Elaboración Autores

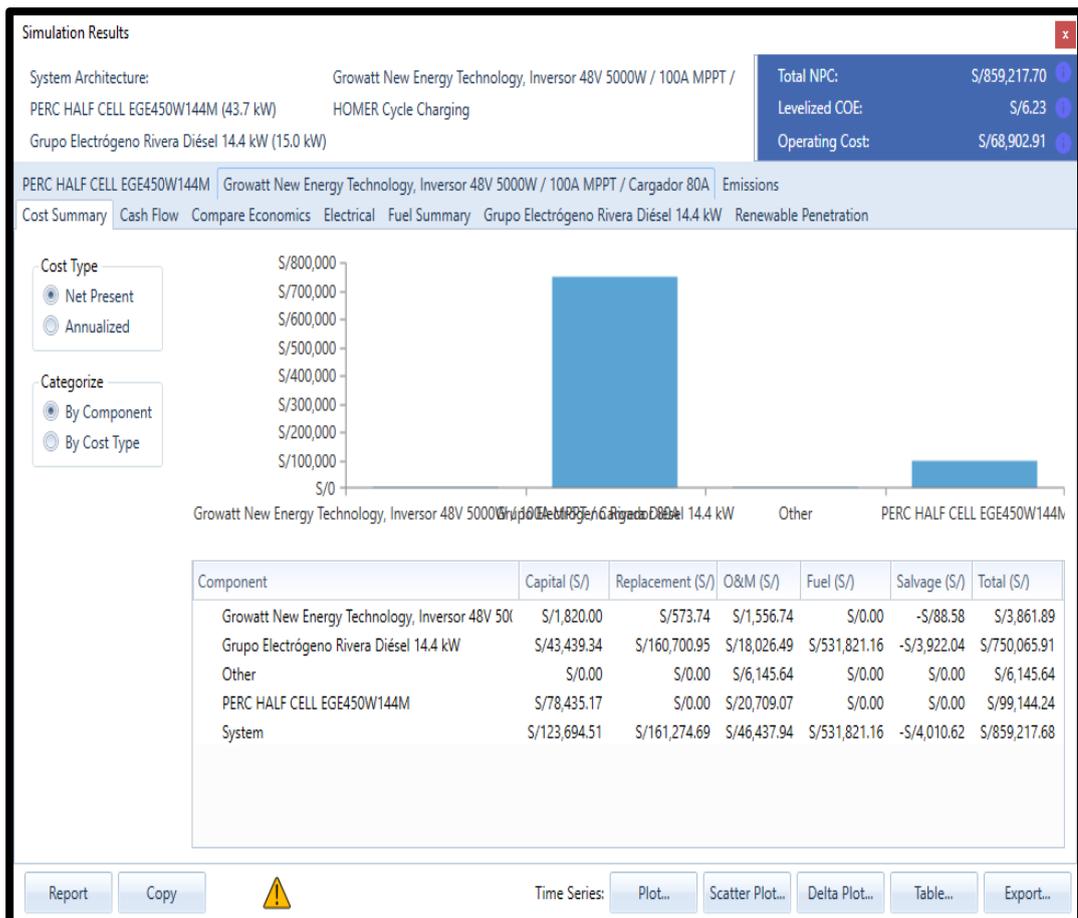
5.11.3. Sistema Híbrido sin Baterías

A. Costo del sistema

Como se puede apreciar en la Figura 55, es el costo del sistema híbrido sin baterías, se muestra la inversión y la realización del sistema a lo largo del proyecto. En el gráfico de barras que se observa, la principal fuente inversión es del sistema diésel debido a su consumo de combustible y poca vida útil, la otra inversión más grande que tiene el sistema es por los paneles fotovoltaicos y por último se tiene la inversión del inversor, muy a pesar de la inversión se observa que es mucho menor al sistema diésel más baterías y al sistema diésel.

El costo del sistema proyectado a 25 años es de S/. 859 217.70 y un costo nivelado de energía es de S/. 6.23, esto se debe a que se usa menos combustible y lo que se reemplaza esa cierta generación de energía del grupo electrógeno por el funcionamiento de los paneles solares.

Figura 55: Costo Total del Sistema Híbrido sin Baterías

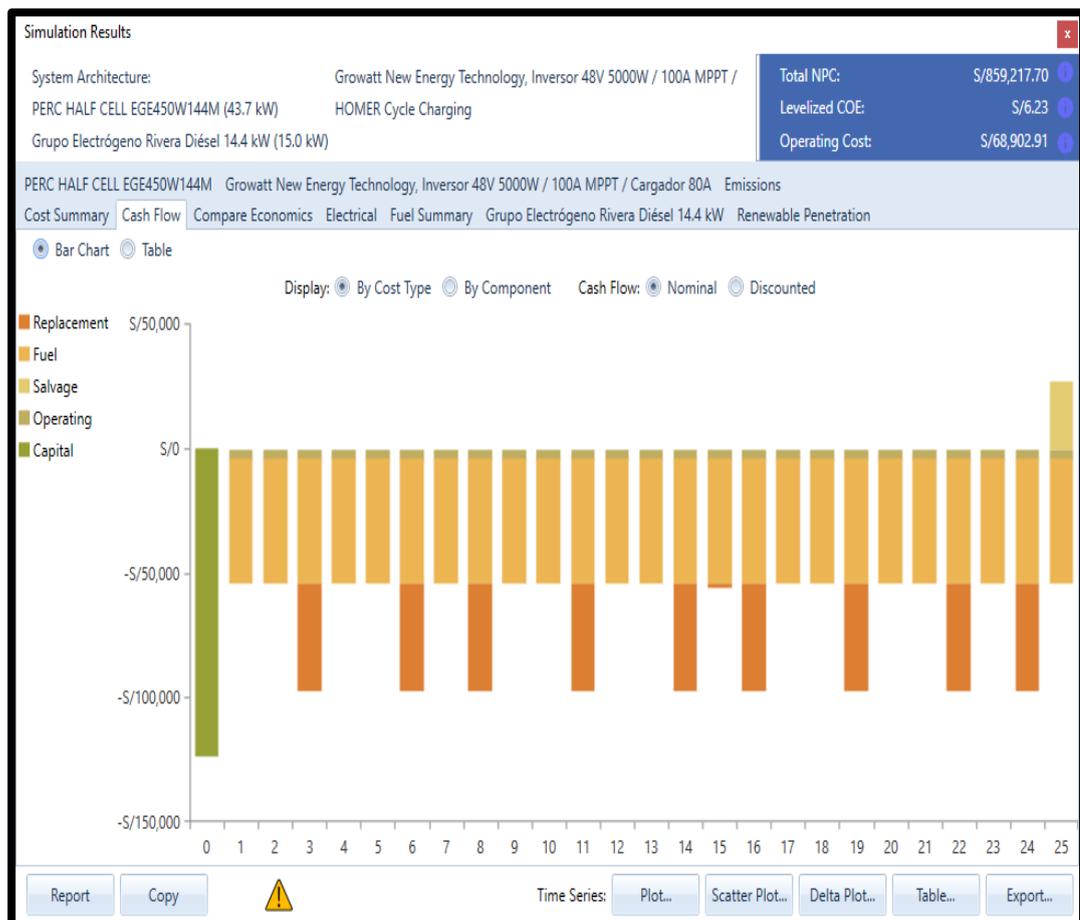


Fuente: Elaboración Autores

B. Flujo de caja

Como se puede apreciar en la Figura 56, el análisis económico del sistema, como se observa en la leyenda del gráfico de barras la cual se mantiene en este sistema por lo cual es por defecto del Homer Pro. En grafica destaca que la mayor parte del costo lo genera el capital con un valor de S/. 123 694.51 el cual es la suma del grupo electrógeno, los paneles solares y el inversor, el segundo lo genera el combustible con un valor de S/. 49 820.36 cada año, pero a comparación de los dos primeros sistemas se ve una reducción del consumo, el tercer costo más grande es el de reemplazo el cual se divide en el grupo electrógeno y el inversor, con un valor de S/. 43 439.34 del grupo electrógeno, el cual se obtuvo 9 reemplazos y con un valor de S/. 1 820.00 del inversor, el cual se obtuvo 1 reemplazo. El costo de mantenimiento tuvo un pequeño aumento con un valor de S/. 4 350.25 por año, todos estos costos según la gráfica están en función de gastos y los ingresos salvados tienen un valor de S/. 27 466.66 en el año final del proyecto, este sistema nos da un mejor ahorro.

Figura 56: Flujo de Caja del Sistema Híbrido sin Baterías



Fuente: Elaboración Autores

C. Electricidad generada

Como se puede apreciar en la Figura 57, se observa la energía que genera el cual es de 81 445 kWh/año la cual está compuesta por los paneles con 58 735 kWh/año que equivale al 72.1 % y el grupo electrógeno con 22 710 kWh/año que equivale al 27.9 %, con un consumo de 12 925 kWh/año y con un exceso de energía de 68 410 kWh/año por lo que esta energía se tendría que ir a una red eléctrica, lo que se puede observar en el gráfico de barras que la energía generada, los paneles tienen mayor producción que el grupo electrógeno y se ve que es variable por mes.

Figura 57: Electricidad del Sistema Híbrido sin Baterías



Fuente: Elaboración Autores

D. Funcionamiento de los componentes

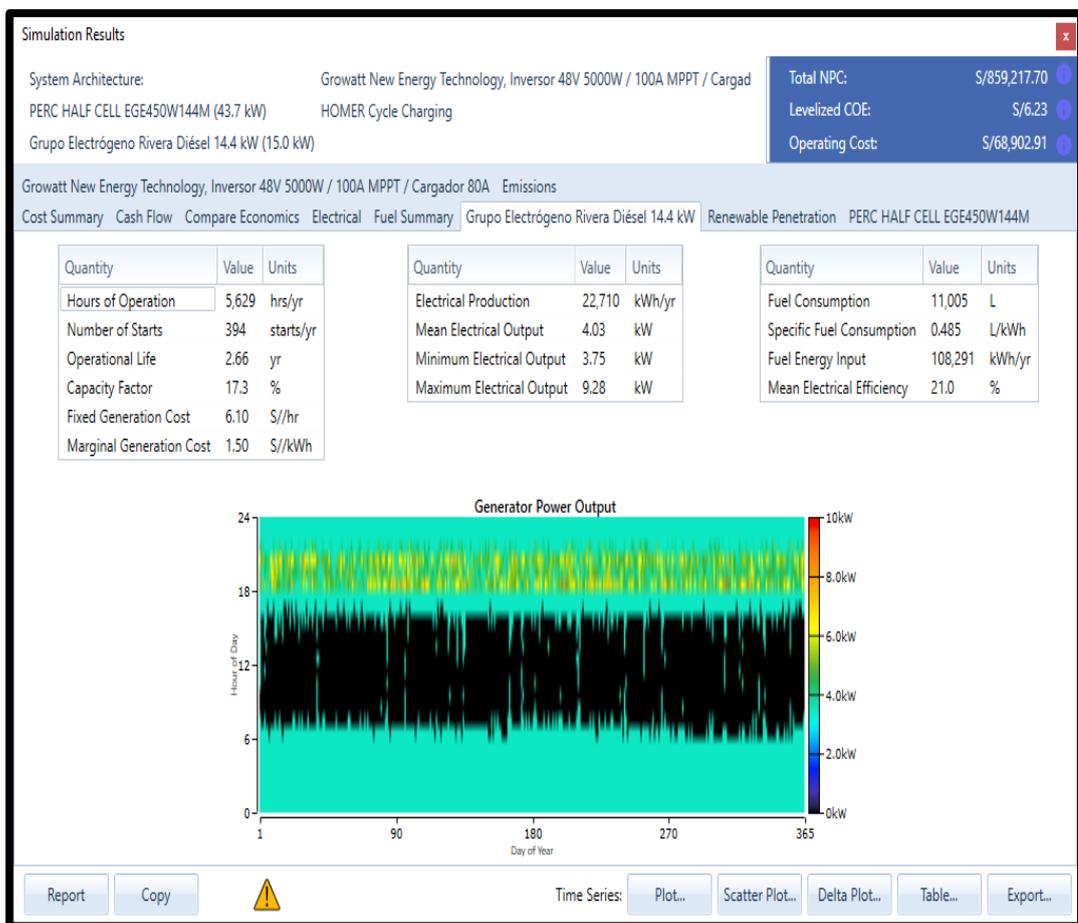
a. Grupo Electrónico

Como se puede apreciar en la Figura 58, se observa que el número de horas trabajadas por el grupo electrógeno se reduce a 5 629 h/año, y la vida útil aumenta a 2.66 años y el consumo de combustible se reduce a 11 005 L/año para la

producción de 22 710 kWh/año, esto nos da un menor consumo específico de combustible de 0.485 L/kWh y un aumento en la eficiencia eléctrica de 21.0 %.

El gráfico Generator Power Output muestra que el mayor uso es en las horas de la madrugada 12 am a 6 am y las horas pico del día las cuales son de las 6 pm a 11 pm, de igual manera se aprecia una parte negra que es lo que el grupo no puede cumplir en las horas de 7 am a 6 pm, el cual este espacio lo cumplen los paneles fotovoltaicos, aunque también se observa un poco de su uso del grupo a esas horas.

Figura 58: Generación de Energía del Grupo Electrónico del Sistema Híbrido sin Baterías



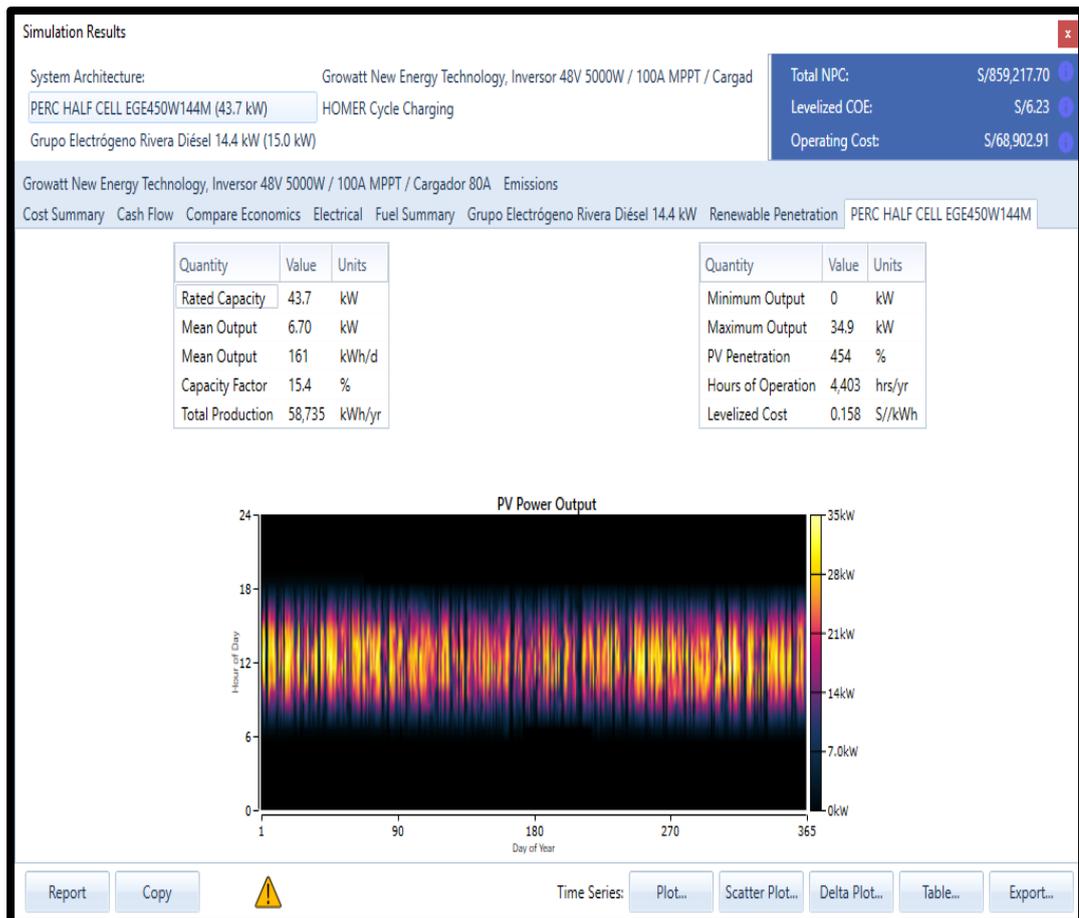
Fuente: Elaboración Autores

b. Panel Fotovoltaico

Como se apreció en la Figura 59, se ve un espacio el cual en las horas de 7 am a 6 pm, los paneles fotovoltaicos generan energía para cumplir la demanda, ya que en estas horas del día se puede aprovechar la presencia del sol, aunque también se observa un poco de su uso del grupo a esas horas se puede decir que hubo días

nublados para su generación. Las horas trabajadas por los paneles fotovoltaicos son de 4 403 h/año, con una producción de 58 735 kWh/año y con un factor de capacidad de 15.4 %. El gráfico Generator Power Output se observa el comportamiento de la generación de los paneles fotovoltaicos.

Figura 59: Generación de Energía de los Paneles Fotovoltaicos del Sistema Híbrido sin Baterías



Fuente: Elaboración Autores

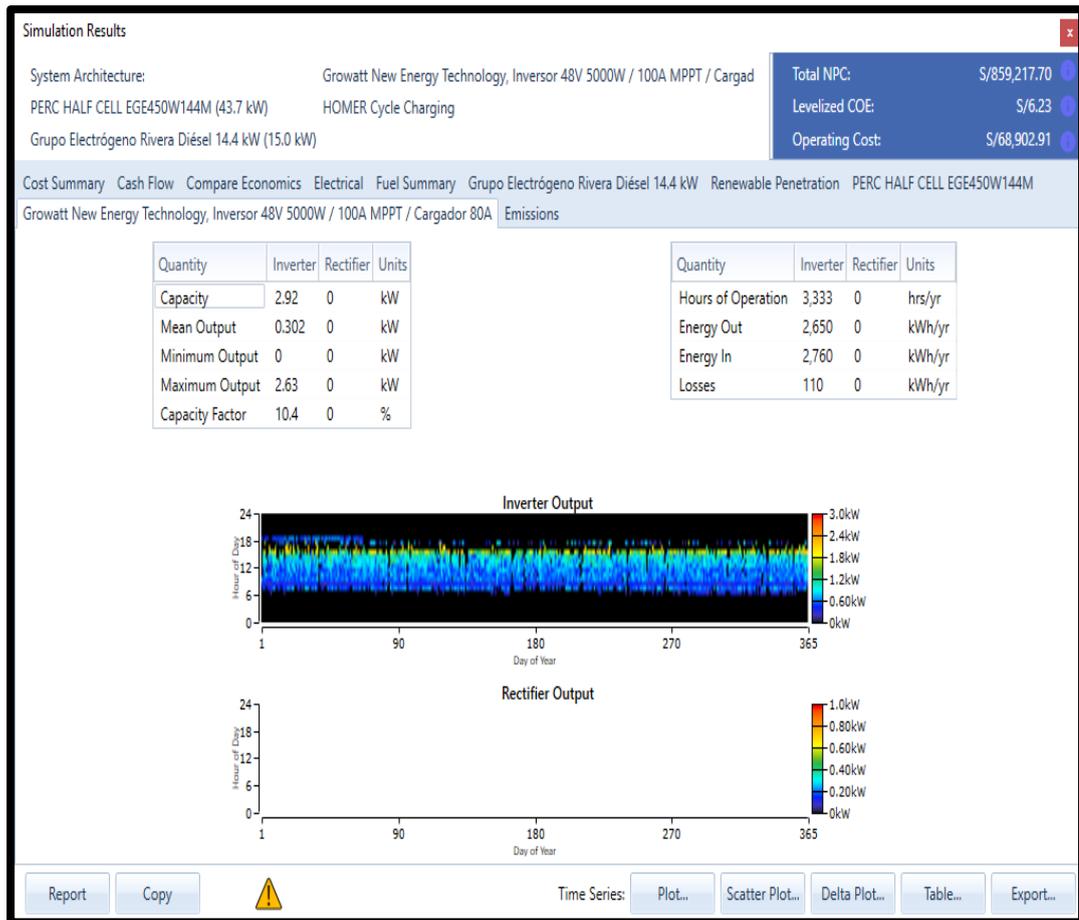
c. Inversor

De acuerdo con el funcionamiento de los paneles fotovoltaicos esta es transformada a corriente alterna para que se pueda hacer uso de la potencia para cumplir la demanda cuando el grupo electrógeno no esté en funcionamiento.

Lo que se observa en la Figura 60, la capacidad que genera el inversor es de 2.92 kW, con un factor de capacidad de 10.4 % y tienen 3 333 h/año de funcionamiento. Por lo que la energía que sale por año es de 2 650 kWh/año.

El gráfico Inverter Output muestra el comportamiento que tuvo la transformación de energía se da durante todo el año, entre las horas de 7 am a 6 pm.

Figura 60: Energía Transformada del Inversor del Sistema Híbrido sin Baterías



Fuente: Elaboración Autores

E. Emisiones

Como se muestra en la Figura 61 las emisiones del sistema son menos que los dos primeros sistemas, pero aun la reducción sigue siendo contaminante.

Figura 61: Emisiones del Sistema Híbrido sin Baterías

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	28,786	kg/yr
Carbon Monoxide	195	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	7.92	kg/yr
Particulate Matter	11.8	kg/yr
Sulfur Dioxide	70.5	kg/yr
Nitrogen Oxides	222	kg/yr

Fuente: Elaboración Autores

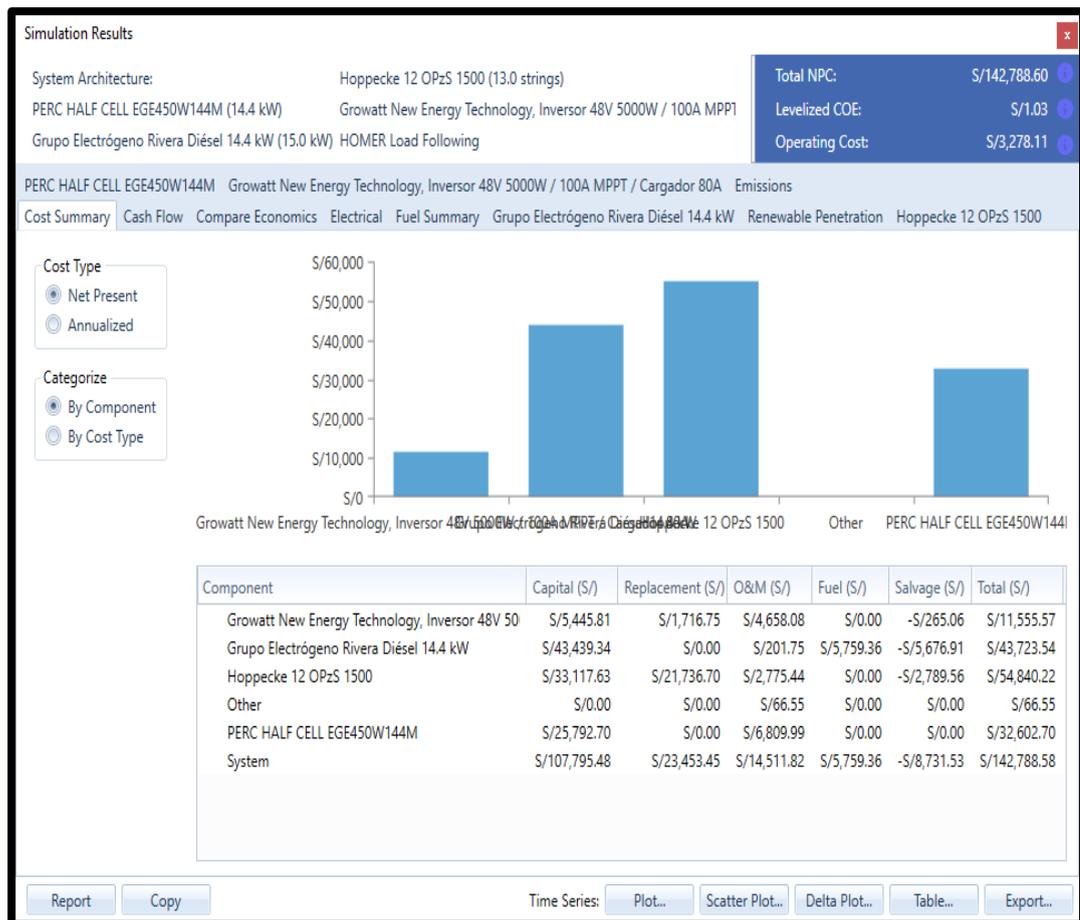
5.11.4. Sistema Híbrido

A. Costo del sistema

Como se puede apreciar en la Figura 62, es el costo del sistema híbrido, se muestra la inversión y la realización del sistema a lo largo del proyecto. En el gráfico de barras que se observa, la principal fuente inversión son de las baterías debido a la cantidad y reemplazo, la segunda inversión es del sistema diésel debido a su consumo de combustible y poca vida útil, la otra inversión más grande que tiene el sistema es por los paneles fotovoltaicos y por último se tiene la inversión del inversor, muy a pesar de la inversión se observa que es mucho menor a los tres primeros sistemas.

El costo del sistema proyectado a 25 años es de S/. 142 788.60 y un costo nivelado de energía es de S/. 1.03, el cual es mucho menor a los 3 primeros sistemas, esto se debe al menor uso del combustible y menor uso del grupo electrógeno se reemplaza por el funcionamiento de los paneles solares y las baterías.

Figura 62: Costo Total del Sistema Híbrido

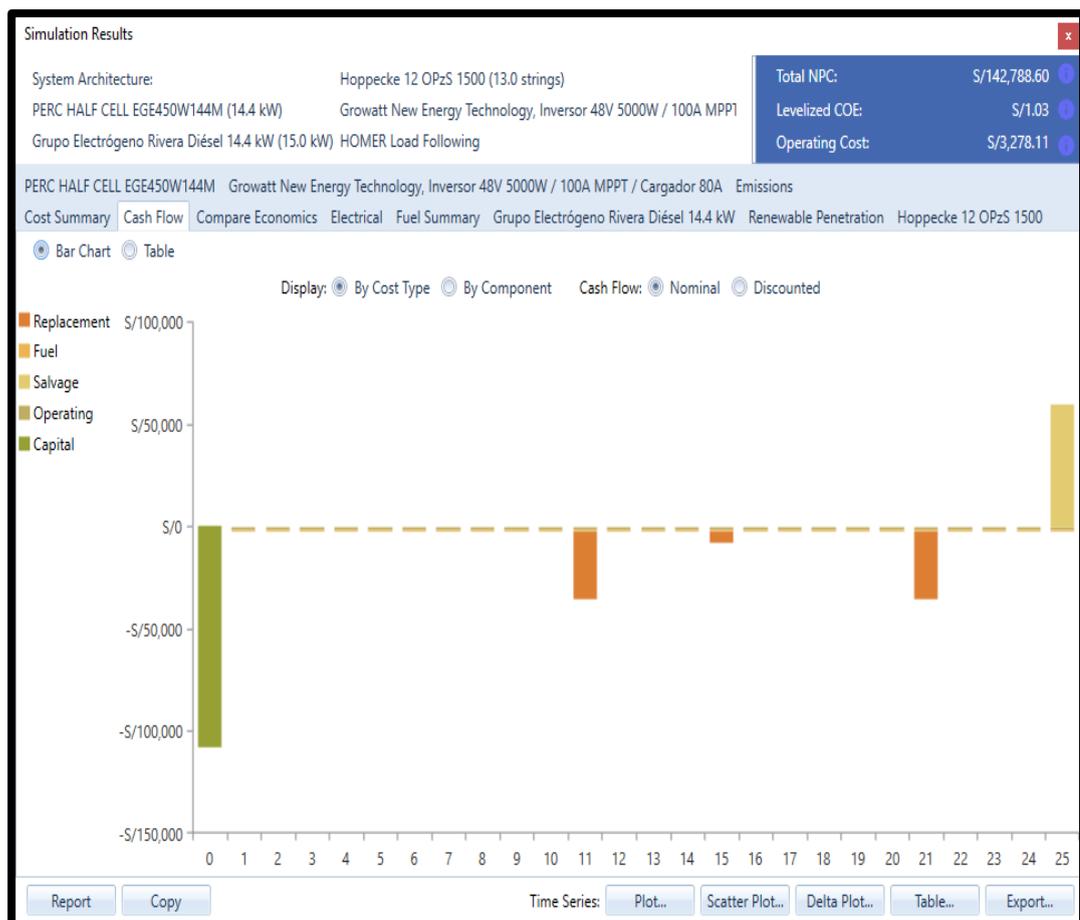


Fuente: Elaboración Autores

B. Flujo de caja

Como se puede apreciar en la Figura 63, el análisis económico del sistema, como se observa en la leyenda del gráfico de barras la cual se mantiene en este sistema por lo cual es por defecto del Homer Pro. En grafica destaca que la mayor parte del costo lo genera el capital con un valor de S/. 107 795.48 el cual es la suma del grupo electrógeno, los paneles solares, las baterías y el inversor, el segundo costo más grande del sistema es el de reemplazo el cual se divide en las baterías y el inversor, con un valor de S/. 33 117.63 de las baterías, el cual se obtuvo 2 reemplazos y con un valor de S/. 5 445.81 del inversor, el cual se obtuvo 1 reemplazo, el tercer lo genera el costo de mantenimiento tuvo una gran reducción comparado con los tres primeros sistemas con un valor de S/. 1 359.45 por año. El combustible con un valor de S/. 539.53 cada año, tiene una gran reducción del consumo, todos estos costos según la gráfica están en función de gastos y los ingresos salvados tienen un valor de S/. 59 797.68 en el año final del proyecto, este sistema nos da un mejor ahorro.

Figura 63: Flujo de Caja del Sistema Híbrido



Fuente: Elaboración Autores

C. Electricidad generada

Como se puede apreciar en la Figura 64, se observa la energía que genera el cual es de 19 556 kWh/año la cual está compuesta por los paneles con 19 314 kWh/año que equivale al 98.8 % y el grupo electrógeno con 242 kWh/año el cual es mucho menor a los tres primeros sistemas que equivale al 1.2 %, con un consumo de 12 925 kWh/año y el exceso de energía tiene una gran reducción a 5 128 kWh/año lo cual se almacenaría en las baterías para que pueda ser usada en las horas que los paneles o el grupo no trabajen, lo que se puede observar en el gráfico de barras que la energía generada, los paneles tienen mayor producción que el grupo electrógeno que casi no tiene uso durante el año y se ve que es variable por mes.

Figura 64: Electricidad del Sistema Híbrido



Fuente: Elaboración Autores

D. Funcionamiento de los componentes

a. Grupo Electrónico

Como se puede apreciar en la Figura 65, se observa que el número de horas

trabajadas por el grupo electrógeno se reduce a 63 h/año, y la vida útil aumenta a 238 años lo cual es algo exagerado y el consumo de combustible tiene una gran reducción a 119 L/año para la producción de 242 kWh/año, esto nos da un menor consumo específico de combustible de 0.493 L/kWh y una reducción en la eficiencia eléctrica de 20.6 %.

El gráfico Generator Power Output muestra un menor uso es en las horas 12 am a 7 am y un uso significativo en las horas pico del día las cuales son de las 6 pm a 12 am, de igual manera se aprecia una gran parte negra que es lo que el grupo no puede cumplir durante las 24 h del día, el cual este espacio lo cumplen los paneles fotovoltaicos y las baterías.

Figura 65: Generación de Energía del Grupo Electrónico del Sistema Híbrido



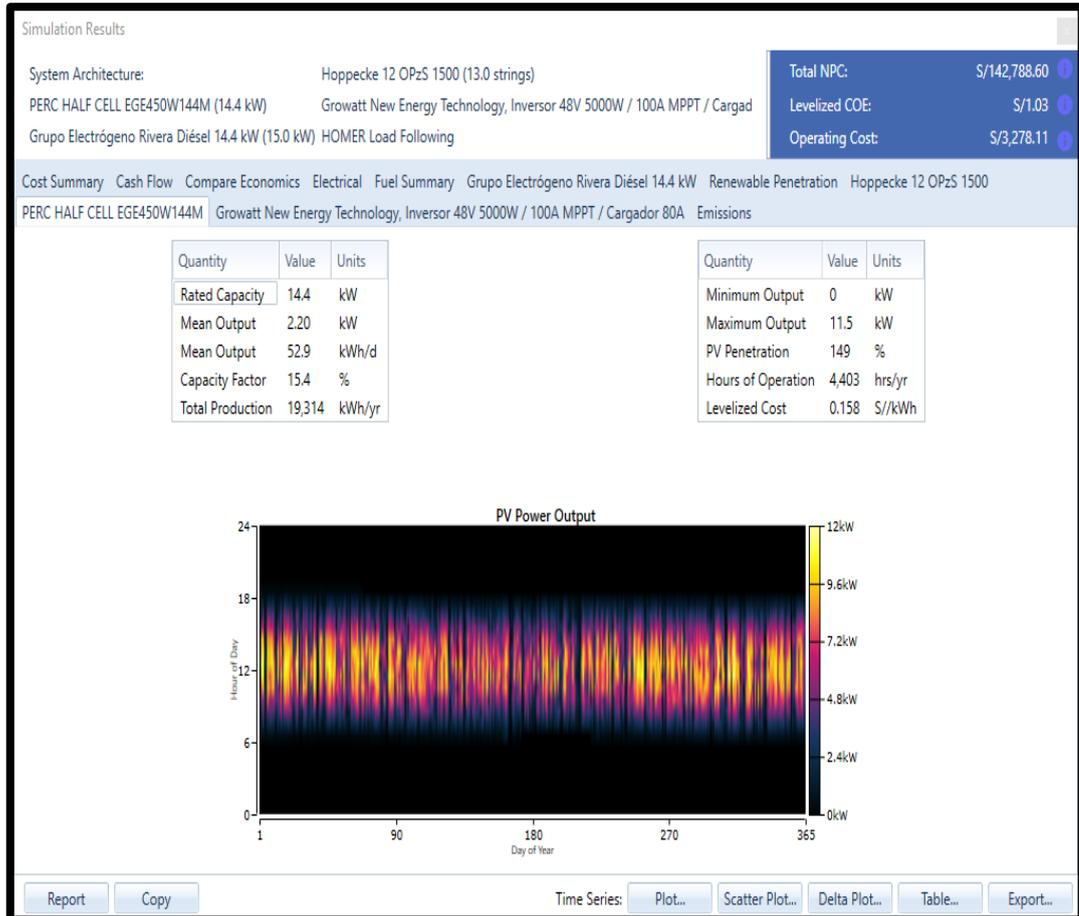
Fuente: Elaboración Autores

b. Panel Fotovoltaico

Como se apreció en la Figura 66, se ve un espacio el cual en las horas de 6 am a 6 pm, los paneles fotovoltaicos generan energía para cumplir la demanda, ya que en estas horas del día se puede aprovechar la presencia del sol. Las horas trabajadas

por los paneles fotovoltaicos son de 4 403 h/año la cual a comparación del sistema anterior esta se mantiene, con una producción de 19 314 kWh/año y el factor de capacidad también se mantiene en 15.4 %. El gráfico Generator Power Output se observa el comportamiento de la generación de los paneles fotovoltaicos.

Figura 66: Generación de Energía de los Paneles Fotovoltaicos del Sistema Híbrido



Fuente: Elaboración Autores

c. Baterías

Como se apreció en la Figura 66, se ve una gran parte negra que es lo que el grupo electrógeno no puede cumplir durante el año, durante las horas 12 am a 7 am y en las horas 6 pm a 12 am, el cual las baterías se encargarán de cumplir esta gran porción de energía que el grupo electrógeno no pudo cumplir. Lo podemos observar en la Figura 67, la cantidad de baterías a usar son 13 las cuales tienen una potencia de salida de 9 128 kWh/año. En el gráfico de estado de carga de la batería, el cual vemos que tiene funcionamiento durante el año y en las horas 12 pm a 6 pm se observa que las baterías al 100 % de su capacidad. Y la vida útil que tiene es de 11 años y 1 meses.

Figura 67: Generación de Energía de las Baterías del Sistema Híbrido



Fuente: Elaboración Autores

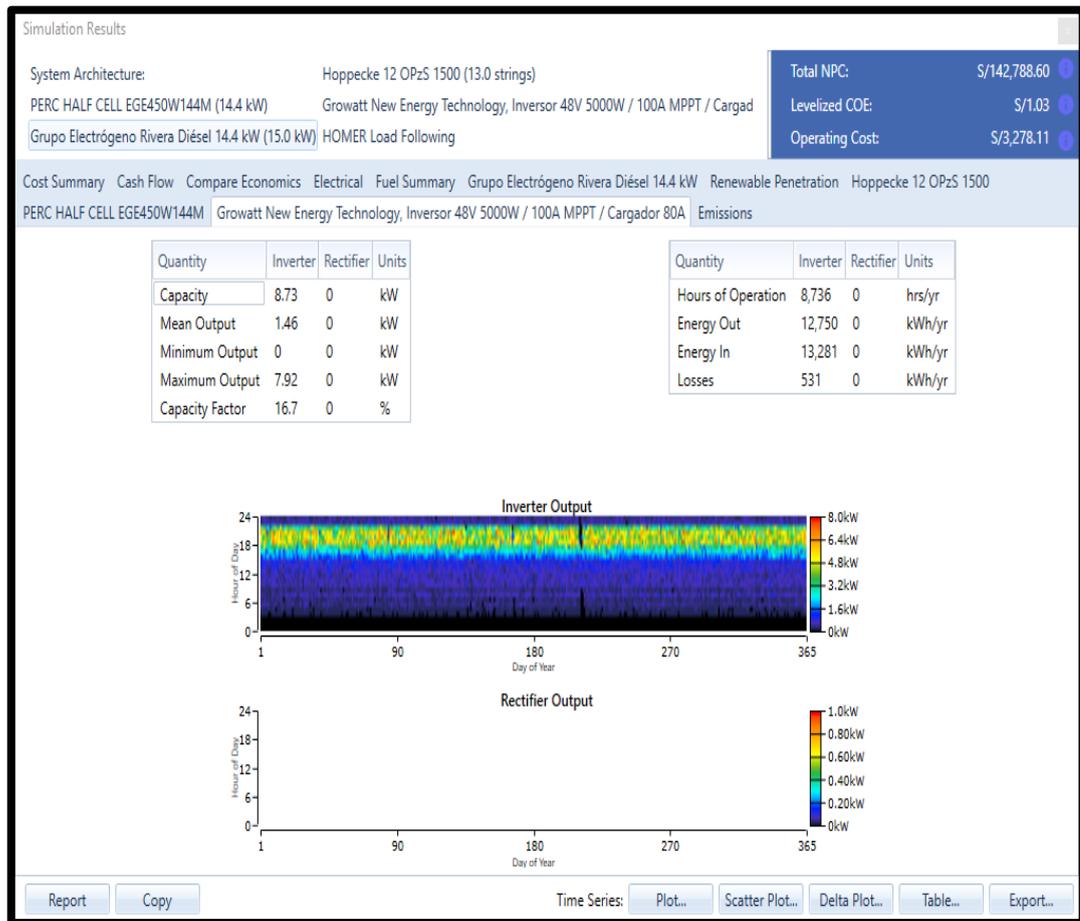
d. Inversor

De acuerdo con el funcionamiento de los paneles fotovoltaicos y las baterías, toda la energía generada en corriente continua por estas es transformada a corriente alterna para que se pueda hacer uso de la potencia para cumplir la demanda cuando el grupo electrógeno no esté en funcionamiento.

Lo que se observa en la Figura 68, la capacidad que genera el inversor es de 8.73 kW, con un factor de capacidad de 16.7 % y tienen 8 736 h/año de funcionamiento. Por lo que la energía que sale por año es de 12 750 kWh/año.

El gráfico Inverter Output muestra el comportamiento que tuvo la transformación de energía se da durante todo el año, por lo que en este sistema funciona las 24 h, con mayor transformación entre las horas de 6 pm a 11 pm.

Figura 68: Energía Transformada del Inversor del Sistema Híbrido



Fuente: Elaboración Autores

E. Emisiones

Como se muestra en la Figura 69, a comparación de los tres primeros sistemas en este sistema las emisiones son mucho menores, la cual es menos contaminante.

Figura 69: Emisiones del Sistema Híbrido

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	312	kg/yr
Carbon Monoxide	2.11	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	0.0858	kg/yr
Particulate Matter	0.128	kg/yr
Sulfur Dioxide	0.764	kg/yr
Nitrogen Oxides	2.40	kg/yr

Fuente: Elaboración Autores

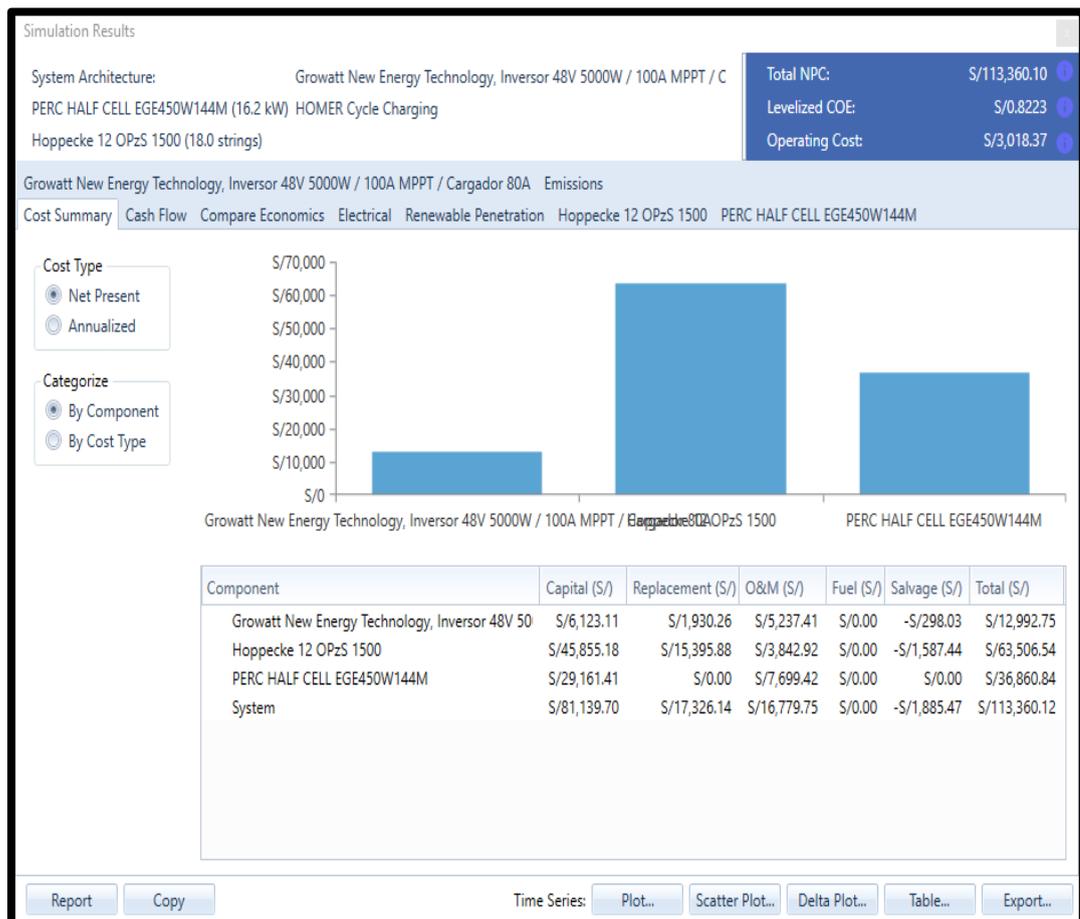
5.11.5. Sistema Fotovoltaico

A. Costo del sistema

Como se puede apreciar en la Figura 70, es el costo del sistema fotovoltaico, se muestra la inversión y la realización del sistema a lo largo del proyecto. En el gráfico de barras que se observa, la principal fuente inversión son de las baterías debido a la cantidad y reemplazo, la segunda inversión más grande que tiene el sistema es por los paneles fotovoltaicos y por último se tiene la inversión del inversor, muy a pesar de la inversión se observa que es mucho menor a los cuatro sistemas ya presentados anteriormente.

El costo del sistema proyectado a 25 años es de S/. 113 360.10 y un costo nivelado de energía es de S/. 0.822, el cual es mucho menor a los 4 sistemas, esto se debe a que este sistema es 100 % renovable el cual ya no se hace uso del combustible y menos del grupo electrógeno.

Figura 70: Costo Total del Sistema Fotovoltaico

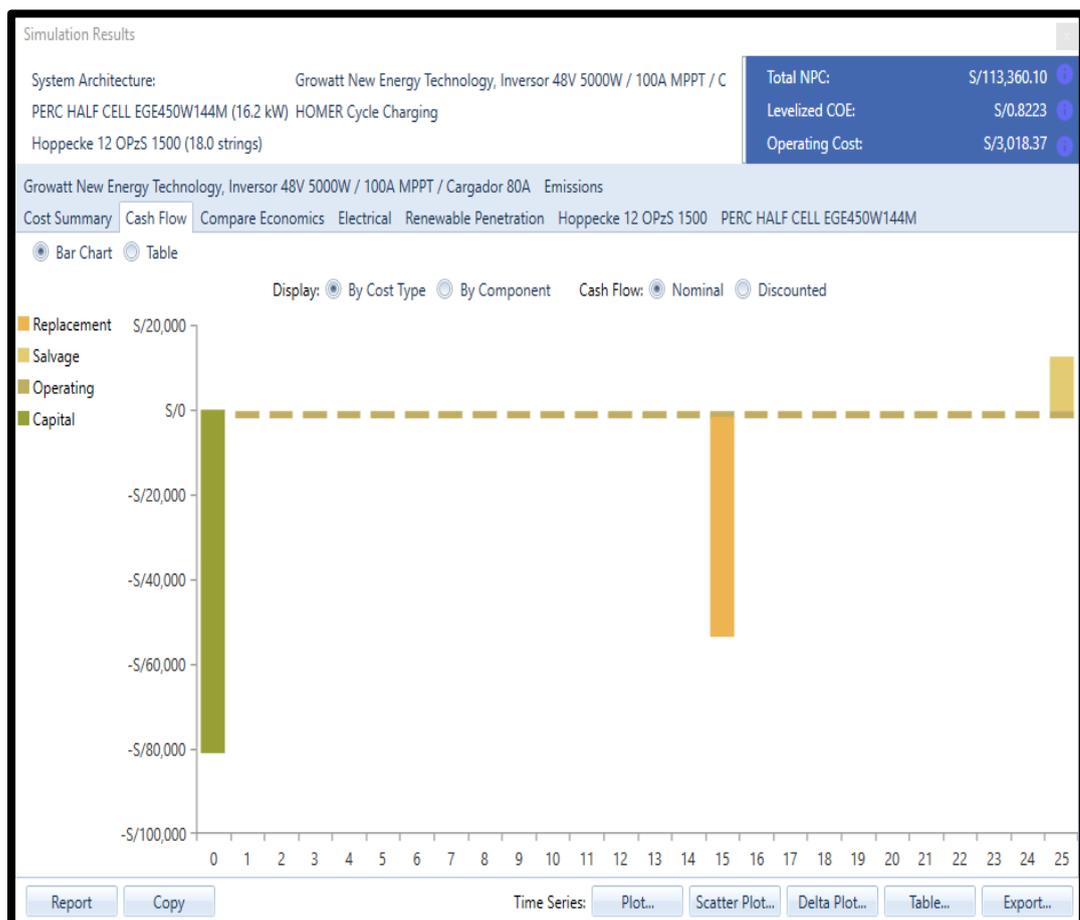


Fuente: Elaboración Autores

B. Flujo de caja

Como se puede apreciar en la Figura 71, el análisis económico del sistema, como se observa en la leyenda del gráfico de barras la cual está compuesto por el capital con color verde, operación con color gris, ingresos salvados con color marrón y reemplazo con color beich. En grafica destaca que la mayor parte del costo lo genera el capital con un valor de S/. 81 139.70 el cual es la suma de los paneles solares, las baterías y el inversor, el segundo costo más grande del sistema es el de reemplazo el cual se divide en las baterías y el inversor, con un valor de S/. 45 855.29 de las baterías, el cual se obtuvo 1 reemplazo y con un valor de S/. 6 123.00 del inversor, el cual se obtuvo 1 reemplazo, el tercer lo genera el costo de mantenimiento tuvo es mucho menor comparado con los cuatro sistemas ya vistos anteriormente con un valor de S/. 1 571.91 por año, todos estos costos según la gráfica están en función de gastos y los ingresos salvados tienen un valor de S/. 12 912.58 en el año final del proyecto, este sistema tiene un mejor ahorro comparado con los demás sistemas.

Figura 71: Flujo de Caja del Sistema Fotovoltaico



Fuente: Elaboración Autores

C. Electricidad generada

Como se puede apreciar en la Figura 72, se observa la energía que genera el cual es de 21 837 kWh/año la cual es genera por los paneles, el consumo en este sistema es de 12 914 kWh/año y el exceso de energía es de 7 399 kWh/año por lo que se almacena en las baterías para que pueda ser usada en las horas que los paneles no trabajen, lo que se puede observar en el gráfico de barras que la energía generada por los paneles es muy variable cada mes del año.

Figura 72: Electricidad del Sistema Fotovoltaico



Fuente: Elaboración Autores

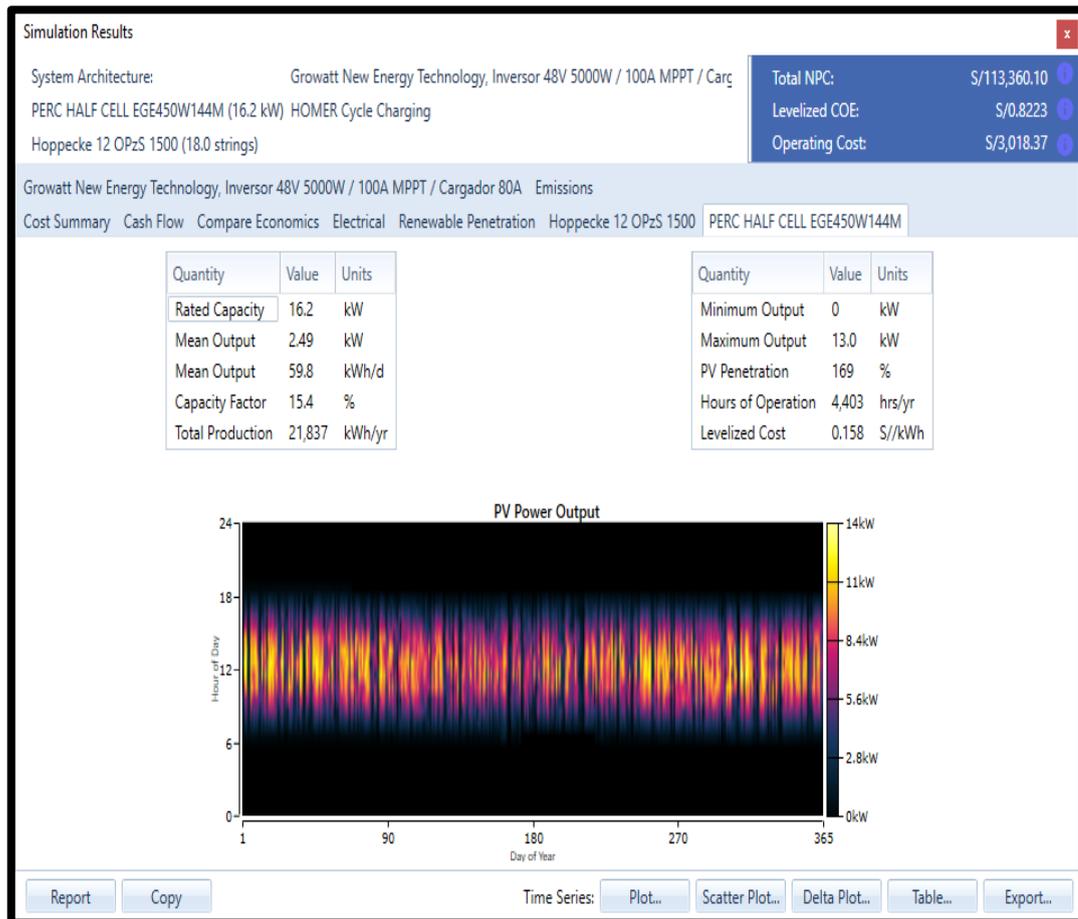
D. Funcionamiento de los componentes

a. Panel Fotovoltaico

Como se apreció en la Figura 73, los paneles fotovoltaicos empiezan a generar energía para cumplir la demanda entre las horas de 6 am a 6 pm, ya que en estas horas del día se puede aprovechar la presencia del sol. Las horas trabajadas por los paneles fotovoltaicos son de 4 403 h/año, la producción de 21 837 kWh/año y el

factor de capacidad de 15.4 % a comparación del sistema anterior se mantienen. El gráfico Generator Power Output se observa el comportamiento de la generación de los paneles fotovoltaicos con una mayor producción en las horas de 9 am a 3 pm la cual se ve mayor presencia del sol.

Figura 73: Generación de Energía de los Paneles Fotovoltaicos del Sistema Fotovoltaico



Fuente: Elaboración Autores

b. Baterías

Como se apreció en la Figura 74, podemos observar la cantidad de baterías a usar son 18 las cuales tienen una potencia de salida de 9 195 kWh/año. En el gráfico de estado de carga de la batería, el cual vemos que tiene funcionamiento durante el año y en las horas 12 pm a 6 pm se observa que las baterías al 100 % de su capacidad. Y la vida útil en este sistema cumple las características de la batería que se propuso la cual tiene una vida útil de 20 años y comparado con lo simulado en el Homer Pro este tiene 14 años y 2 meses.

Figura 74: Generación de Energía de las Baterías del Sistema Fotovoltaico



Fuente: Elaboración Autores

c. Inversor

De acuerdo al funcionamiento de los paneles fotovoltaicos y las baterías, toda la energía generada en corriente continua por estas es transformada a corriente alterna para que se pueda hacer uso de la potencia para cumplir la demanda, el inversor sigue transformando la energía acumulada en las baterías, cuando el sol se oculta y los paneles no pueden seguir generada energía y dejen de estar en funcionamiento. En la Figura 75 se observa la capacidad que genera el inversor es de 9.81 kW, con un factor de capacidad de 15.0 % y tienen 8 759 h/año de funcionamiento. Por lo que la energía que sale es de 12 914 kWh/año.

El gráfico Inverter Output muestra el comportamiento que tuvo la transformación de energía se da durante todo el año, por lo que en este sistema funciona las 24 h, con mayor transformación entre las horas de 5 pm a 11 pm.

Figura 75: Energía Transformada del Inversor del Sistema Fotovoltaico



Fuente: Elaboración Autores

E. Emisiones

Como se muestra en la Figura 76, a comparación de los cuatro sistemas anteriores en este sistema no tiene emisiones, por lo que no es contaminante.

Figura 76: Emisiones del Sistema Fotovoltaico

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	0	kg/yr
Carbon Monoxide	0	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	0	kg/yr
Particulate Matter	0	kg/yr
Sulfur Dioxide	0	kg/yr
Nitrogen Oxides	0	kg/yr

Fuente: Elaboración Autores

5.12. Elección del sistema óptimo

Luego de evaluar todos los sistemas simulados en el Homer Pro, nos muestra como resultado que el sistema óptimo para abastecer al caserío es el sistema fotovoltaico.

Este sistema fotovoltaico la potencia generada por los paneles es de 16.2 kW, la cantidad de baterías a usar son 24 y dos inversores que transforma la potencia en corriente continua a alterna la cual es de 9.81 kW, con un capital inicial de S/. 81 140, con una proyección de 25 años el NPC es de S/. 113 360.12 y un costo nivelado de energía es de S/. 0.822, pero a pesar de estos resultados de los costos del Homer Pro, estos pueden variar dependiendo de las cotizaciones que se pueden realizar a los proveedores las cuales pueden brindar descuentos con lo que el presupuesto para el proyecto podría ser menos.

Figura 77: Análisis de optimización del mejor sistema

Architecture							Cost				
Per450 (kW)	RPS 14 (kW)	H1500	Gro SPF 5000 (kW)	Dispatch	COE (\$/yr)	NPC (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Fuel cost (\$/yr)	O&M (\$/yr)	
16.2	18	9.81	CC	S/0.822	S/113,360	S/3,018	S/81,140	S/0.00	S/1,572		

Fuente: Elaboración Autores

En este sistema solo nos muestra la cantidad de potencia generada, pero no la cantidad de paneles que se necesitara, por lo que, si usamos las ecuaciones 25, 26 y 27, tendremos la cantidad de paneles a usar:

➤ Cálculo de cantidad de paneles:

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{P_{\text{generada}}}{P_{\text{panel}}} \dots (\text{Ec. 25})$$

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{16.2 \text{ kW} * 1000}{450 \text{ W}}$$

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = 36$$

Se observa que la cantidad de paneles son 36, comparado con nuestros cálculos son 4 paneles más. Por lo que se tiene entendido que el número de paneles en serie y en paralelo serán diferentes a nuestros cálculos.

➤ Cálculo de número de paneles en serie:

$$N^{\circ} \text{ de paneles} - \text{serie} = \frac{\text{Tensión del Sistema}}{V_{\text{panel}}} \dots (\text{Ec. 26})$$

$$N^{\circ} \text{ de paneles} - \text{serie} = \frac{300 \text{ V}}{24 \text{ V}}$$

$$N^{\circ} \text{ de paneles} - \text{serie} = 12.50 \cong 12$$

➤ Cálculo de número de paneles en paralelo:

$$N^{\circ} \text{ de paneles} - \text{paralelo} = \frac{N^{\circ} \text{ de paneles}}{N^{\circ} \text{ de paneles} - \text{serie}} \dots (\text{Ec. 27})$$

$$N^{\circ} \text{ de paneles} - \text{paralelo} = \frac{36}{12}$$

$$N^{\circ} \text{ de paneles} - \text{paralelo} = 3$$

De la Tabla 9, se toman los datos de corriente de cortocircuito del módulo (I_{sc}) es de 11.44 A. Usamos la ecuación 28, tendremos las capacidades del regulador:

$$I_{\text{regulador}} = \text{Factor}_{\text{seguridad}} * I_{sc} * N^{\circ}_{\text{paneles-paralelo}} \dots (\text{Ec. 28})$$

$$I_{\text{regulador}} = 1.25 * 11.44 \text{ A} * 3$$

$$I_{\text{regulador}} = 42.90 \text{ A}$$

Se observa que las características del regulador son aproximados, comparado con nuestros cálculos se usara el inversor/cargador/regulador que se propuso. Por lo que según lo verificado el regulador que tiene cada inversor la capacidad de 100 A, por lo que tiene que usarse dos inversores que también tiene la función de regulador lo que

nos dará un total de 200 A. De igual manera la capacidad de cada inversor es de 5 kW por lo que hacer uso de dos se obtendrá una capacidad de 10 kW el cual cumple con lo que en la simulación el Homer Pro nos da un valor de 9.81 kW.

5.13. Distancia de sombras

Según Castejón, en su libro Instalaciones Solares Fotovoltaicas, muestra que, para determinar la inclinación óptima entre una superficie fija sobre una superficie con varias inclinaciones situadas en lugares con latitudes diferentes, se determinara de la siguiente manera:

$$\beta_{\text{óptimo}} = 3.7 + (0.69 * |\text{Latitud}|) \dots (\text{Ec. 29})$$

De la Tabla 5 tenemos que la latitud de nuestro proyecto es -6.77882990000.

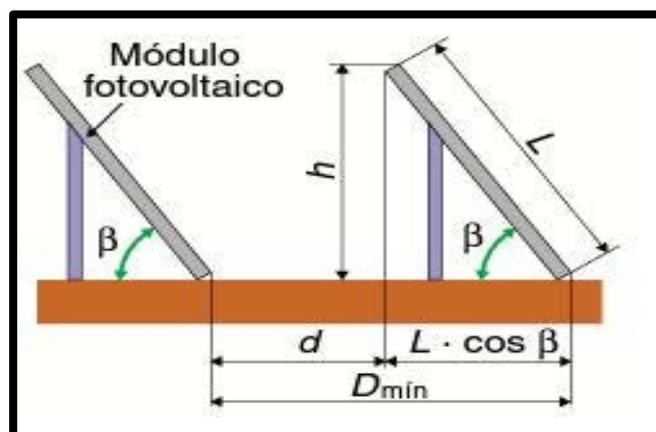
$$\beta_{\text{óptimo}} = 3.7 + (0.69 * |-6.77882990000|)$$

$$\beta_{\text{óptimo}} = 8.38^\circ$$

Con una inclinación de 8.38° con respecto a la horizontal, el caserío Lloque se encuentra hacia el sur por lo que los paneles fotovoltaicos estarán orientados hacia el norte. Con la ayuda del ángulo de inclinación se procede a hallar la distancia mínima de separación entre filas de los paneles para que se garantice 4 h como mínimo de sol en los días con menor elevación solar, a eso nos referimos cuando llega el invierno y hay poco sol.

En la Figura 78 se muestra la distancia mínima entre filas que debe los paneles fotovoltaicos en el mismo plano, por lo que se necesita las características mecánicas del panel fotovoltaico, por lo que también se hallará la altura que tendrá.

Figura 78: Distancia mínima entre filas de Paneles Fotovoltaicos



Fuente: Castejón, A. (2010)

Tabla 13

Características mecánicas del panel fotovoltaico Perc Half Cell - EGE-450W-144M.

Características mecánicas	
Tipo de celdas	Monocristalino (166x83 mm)
Número de celdas	144
Dimensiones	2102x1040x35mm
Peso	24.5 kg
Vidrio	3.2 mm vidrio templado
Marco	Aleación de aluminio anodizado
Caja de control	IP68
Cable	4.0 mm ² , 300/1300mm
Conector	MC4 EVO2 compatible

Fuente: Catalogo de la empresa Perc Half Cell

Según Castejón recomienda usar las siguientes formulas:

- Altura proyectada sobre la vertical de una fila:

$$h = L * \text{sen}(\beta) \dots (\text{Ec. 30})$$

- Distancia entre la parte superior de una fila y parte inferior de la siguiente:

$$d = \frac{h}{\tan(61^\circ - \phi)} \dots (\text{Ec. 31})$$

- Distancia mínima entre la parte inferior de las filas:

$$D_{min} = d + L * \cos(\beta) \dots (\text{Ec. 32})$$

Reemplazando las Ec. 31 y Ec. 32 en la Ec. queda de la siguiente manera:

$$D_{min} = L * \left(\frac{\text{sen}(\beta)}{\tan(61^\circ - \phi)} + \cos(\beta) \right) \dots (\text{Ec. 33})$$

Dmin: Distancia mínima entre la parte inferior de las filas de los paneles
(m)

L: Longitud del panel (m)

β : Inclinación óptima del panel ($^{\circ}$)

ϕ : Latitud del lugar ($^{\circ}$)

$$D_{min} = 2.102 * \left(\frac{\text{sen}(8.38^{\circ})}{\text{tan}(61^{\circ} - (-6^{\circ}))} + \cos(8.38^{\circ}) \right)$$

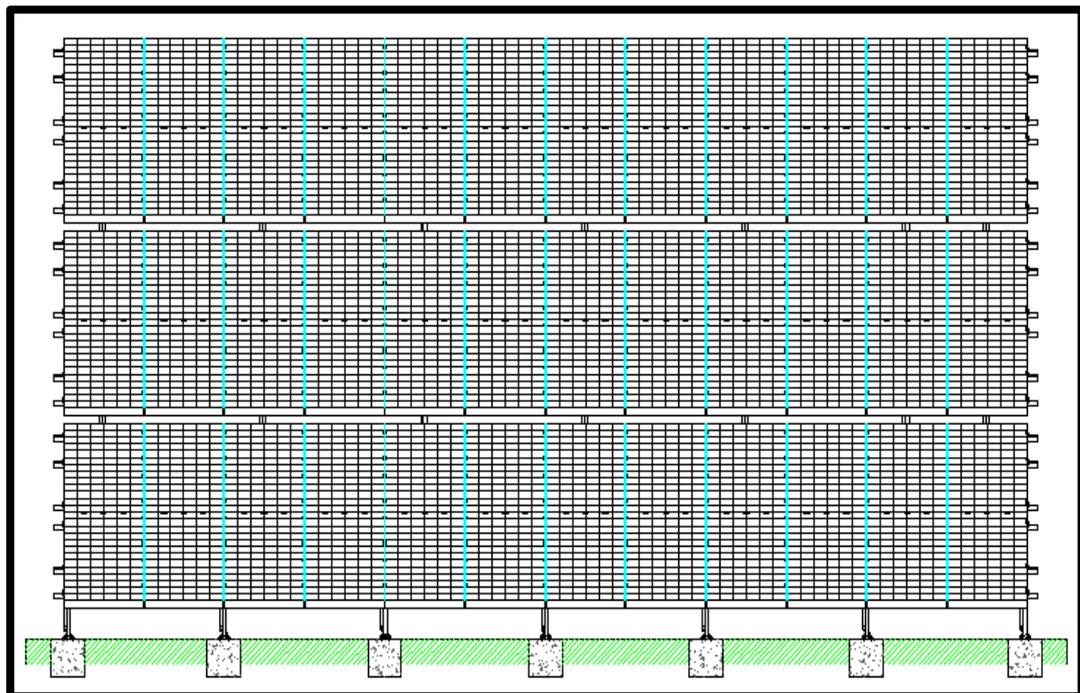
$$D_{min} = 2.20 \text{ m}$$

5.14. Área del sistema fotovoltaico

Teniendo los cálculos de distancia de sombras se halla el área en donde será ubicado los paneles, por lo que se hará uso de las dimensiones del panel, la cantidad de los paneles y la distancia de sombras. Por lo que se usaran las siguientes ecuaciones:

- Cálculo de largo total del área total:

Figura 79: Largo total proyectado del área del sistema fotovoltaico



Fuente: Elaboración Autores

$$Largo_{Total} = Largo_{Panel} * N^{\circ}_{paneles-serie} * Factor_{Seguridad} \dots (Ec. 34)$$

Donde:

Largo_{Panel}: De la Tabla 14 se obtiene el largo del panel (m)

Nº paneles-serie: La cantidad de los paneles son 12

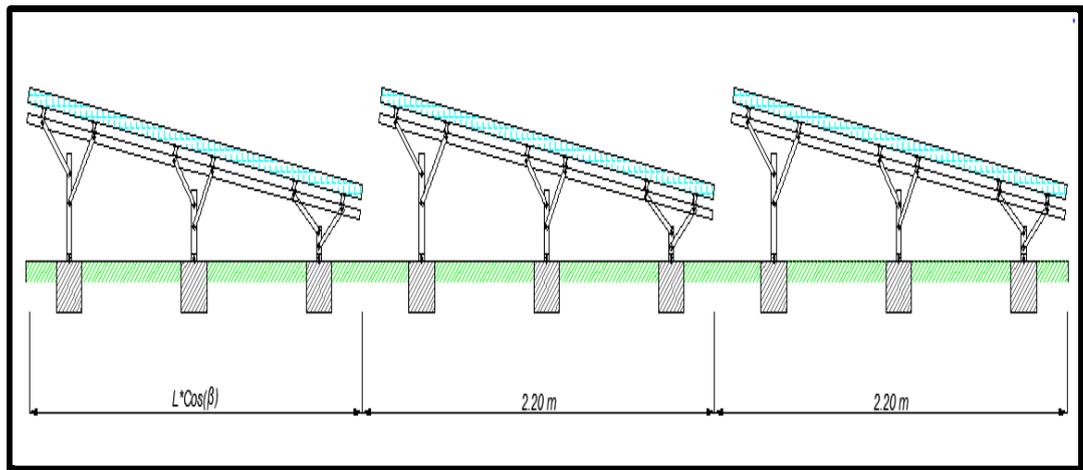
FactorSeguridad: Factor de seguridad en construcción de 1.5

$$Largo_{Total} = 1.040 * 12 * 1.5$$

$$Largo_{Total} = 18.72 \text{ m}$$

➤ Cálculo de ancho total del área total:

Figura 80: Ancho total proyectado del área del sistema fotovoltaico



Fuente: Elaboración Autores

$$Ancho_{Total} = (Longitud_{panel} * \cos(\beta) + D_{min}) * Factor_{Seguridad} \dots (Ec. 35)$$

Donde:

Longitud_{panel}: De la Tabla 14 se obtiene la longitud del panel (m)

D_{min}: Distancia mínima entre la parte inferior de las filas de los paneles (m)

β : Inclinación óptima del panel (°)

$$Ancho_{Total} = (2.102 * \cos(8.38^\circ) + 4.40) * 1.5$$

$$Ancho_{Total} = 9.72 \text{ m}$$

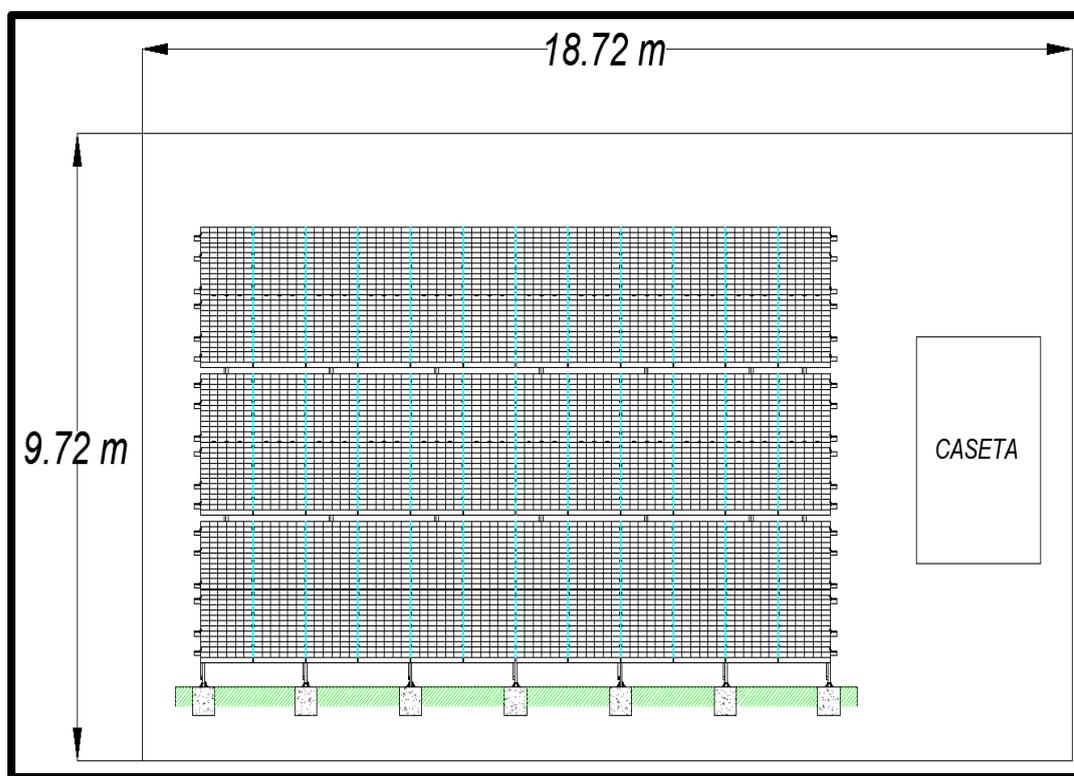
➤ Cálculo de área total:

$$\text{Área}_{Total} = Ancho_{Total} * Largo_{Total} \dots (Ec. 36)$$

$$\text{Área}_{Total} = 9.72 \text{ m} * 18.72 \text{ m}$$

$$\text{Área}_{Total} = 181.96 \text{ m}^2$$

Figura 81: Área total proyectado del área del sistema fotovoltaico



Fuente: Elaboración Autores

5.15. Dimensionamiento de sección de cables

Para saber el calibre de los conductores eléctricos se calcula la capacidad de corriente, en este caso será de los tramos: Paneles – Caja de conexión de CC, Caja de conexión de CC – Regulador, Inversor / Cargador / Regulador – Baterías e Inversor – Tablero AC.

Tabla 14

Máxima caída de tensión máxima y recomendada en los diferentes circuitos.

Tramo	Máxima caída de tensión admisible	Máxima caída de tensión recomendable
Paneles – Regulador	3 %	1.5 %
Regulador – Baterías	1 %	0.5 %
Baterías – Inversor	1 %	0.5 %
Inversor – Tablero AC	3 %	1.5 %

Fuente: monsolar.com

A. Sección del conductor en el Tramo Paneles – Caja de conexión CC

De la Tabla 9 se hace uso de la corriente de cortocircuito (I_{sc}) la cual su valor es de 11.44 A.

$$I_{\text{paneles - caja de conexión}} = 11.44 \text{ A}$$

De tal manera que el cálculo de la sección del cable se debe tener en cuenta que la caída de tensión admisible es menos e igual al 3%, por lo que se halla de la siguiente manera:

$$S_{\text{cable}} = \frac{2 * L * I}{56 * \Delta V} \dots (\text{Ec. 37})$$

Donde:

S_{CABLE} : Sección mínima recomendada (mm^2)

L: Longitud del tramo (m)

I: Corriente de cada tramo (A)

ΔV : Máxima caída de tensión permitida por tramo (V)

$$S_{\text{cable}} = \frac{2 * 8 * 11.44}{56 * 3\% * 300}$$

$$S_{\text{cable}} = 0.36 \text{ mm}^2$$

B. Sección del conductor en el Tramo Caja de conexión CC – Regulador

Se sabe que la corriente del regulador es de 42.90 A por lo que se usara dos inversores que cuentan con un regulador cada uno de 100 A. De tal manera que la corriente de caja de conexión – regulador se halla de la siguiente manera:

$$I_{\text{caja de conexión - regulador}} = 42.90 \text{ A}$$

Para el cálculo de la sección del cable se usa la Ec. 37 por lo que en este caso la caída de tensión admisible es menos e igual al 3%:

$$S_{\text{cable}} = \frac{2 * 12 * 42.90}{56 * 3\% * 300}$$

$$S_{\text{cable}} = 2.04 \text{ mm}^2$$

C. Sección del conductor en el Tramo Inversor/Cargador/Regulador – Baterías

Para este tramo se sigue considerando la misma intensidad de corriente de 42.90 A.

$$I_{\text{regulador} - \text{baterías}} = 42.90 \text{ A}$$

Para el cálculo de la sección del cable se usa la Ec. 37 por lo que en este caso la caída de tensión admisible es menos e igual al 1%:

$$S_{\text{cable}} = \frac{2 * 3 * 42.90}{56 * 1\% * 48}$$

$$S_{\text{cable}} = 9.58 \text{ mm}^2$$

D. Sección del conductor en el Tramo Inversor – Tablero AC

Del mismo modo se considera el uso de la potencia del inversor el cual es de 5 kW por lo que en función de la tensión en corriente alterna. Se determina de la siguiente manera:

$$I_{\text{inversor} - \text{tablero}} = \frac{\text{Factor}_{\text{Seguridad}} * \text{Pot}_{\text{inversor}}}{\text{Tensión alterna}} \dots (\text{Ec. 38})$$

$$I_{\text{inversor} - \text{tablero}} = \frac{1.25 * 5\,000 \text{ W}}{230 \text{ V}}$$

$$I_{\text{inversor} - \text{tablero}} = 27.17 \text{ A}$$

De igual manera se usa la Ec. 37 por lo que en este caso la caída de tensión admisible es menos e igual al 1%:

$$S_{\text{cable}} = \frac{2 * 2 * 27.17}{56 * 3\% * 220}$$

$$S_{\text{cable}} = 0.28 \text{ mm}^2$$

Tabla 15

Tabla de conductor eléctrico solar PV ZZ-F

Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm ²)	Sección métrica (mm ²)	Kg. por Km.	Resistencia (O/Km.)	Capacidad (A)
4/0	11.86	120	107.20		0.158	319
3/0	10.40	95	85.30		0.197	240
2/0	9.226	70	67.43		0.252	190
1/0	8.252	50*	53.48		0.317	150
1	7.348	50	42.41	375	1.40	120
2	6.544	35	33.63	295	1.50	96
3	5.827	25*	26.67	237	1.63	78
4	5.189	25	21.15	188	0.80	60
6	4.115	16	13.30	118	1.27	38
8	3.264	10	8.36	74	2.03	24
10	2.588	6	5.26	46.80	3.23	15
12	2.053	4	3.31	29.40	5.13	9.5
14	1.628	2.5	2.08	18.50	8.17	6
16	1.291	1.5	1.31	11.60	12.90	3.7
18	1.024	1	0.82	7.30	20.73	2.5
20	0.8118	0.75	0.52	4.61	32.69	1.6

Fuente: Autosolar (2022)

Tabla 16

Tabla de datos técnicos NH – 80

CALIBRE CONDUCTOR	Nº HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	DIAMETRO AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	RE. ELECT. MAX. CC 20°C	AMPERAJE (*)	
								AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	ohm/km	A	A
1.5	7	0.52	1.50	0.7	2.9	20	12.1	18	14
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	31	7.41	30	24
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	46	4.61	35	31
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	65	3.08	50	39
10	7	1.33	3.99	1.0	6.0	110	1.83	74	51
16	7	1.69	4.67	1.0	6.7	167	1.15	99	68
25	7	2.13	5.88	1.2	8.3	262	0.727	132	88
35	7	2.51	6.92	1.2	9.3	356	0.524	165	110
50	19	1.77	8.15	1.4	11.0	480	0.387	204	138
70	19	2.13	9.78	1.4	12.6	678	0.268	253	165
95	19	2.51	11.55	1.6	14.8	942	0.193	303	198
120	19	2.02	13.00	1.6	16.2	1174	0.153	352	231
150	19	2.24	14.41	1.8	18.0	1443	0.124	413	264
185	19	2.51	16.16	2.0	20.2	1809	0.0991	473	303
240	19	2.87	18.51	2.2	22.9	2368	0.0754	528	352
300	19	3.22	20.73	2.4	25.5	2963	0.0601	633	391

Fuente: INDECO

En la Tabla 15 se tiene la tabla de los conductores eléctricos solares, en la cual se elige el calibre que tendrá las conexiones entre los componentes. En la Tabla 16 se elige el calibre del conductor eléctrico para corriente alterna de cual se usa en la salida del inversor. De tal manera que quedara como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17

Sección requerida del conductor eléctrico por tramo.

Tramo	Tensión (V)	Corriente (A)	Sección (mm²)	Corriente requerida (A)	Sección requerida (mm²)
Paneles – Caja de conexión	300	11.44	0.36	15	6
Caja de conexión – Regulador	300	42.90	2.04	60	25
Inversor/Cargador/Regulador – Baterías	48	42.90	9.58	60	25
Inversor – Tablero AC	230	27.17	0.28	31	4

Fuente: Elaboración Autores

5.16. Metrados y Presupuestos del Proyecto

Tabla 18

Presupuesto referencial de los materiales para el sistema fotovoltaico.

Descripción	Costo/unitario (S/.)	Costo (S/.)
36 paneles Perc Half Cell - EGE-450W-144M	808.61	29 109.96
24 batería Hoppecke 12 OPzS 1500, 2232 Ah	2 547.51	61 140.24
02 inversor Growatt, SPF 5000 ES, 5 kW	3 120.00	6 240.00
03 estructuras de 12 paneles fotovoltaicos	2 720.00	8 160.00
50 m de tubería PVC conduit	114.90	229.80
30 m de tubería PVC	4.40	44.00
Tablero + Protecciones	550.00	550.00
Puesta a tierra	2 000.00	2 000.00
Accesorios	1 500.00	1 500.00
Total del Suministro		108 974.00

Fuente: Elaboración Autores

Tabla 19

Costo del sistema fotovoltaico.

Descripción	Costo (S/.)
Suministro	108 974.00
Montaje	7 562.27
Transporte	2 268.68
Costo directo	118 804.95

Fuente: Elaboración Autores

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- El caserío Lloque cuenta con una proyección de demanda de 9.98 kW y con una energía diaria de 35 415 W.h, por lo que los recursos energéticos identificados para cumplir con la proyección son el recurso solar y el combustible diésel.

- Se analizaron los sistemas energéticos los cuales son el sistema fotovoltaico el cual depende del recurso solar, el sistema diésel con el cual este hace función del combustible diésel y el sistema híbrido solar – diésel el cual es la combinación de los dos recursos energéticos encontrados en el caserío.

- Se realizó cálculos teóricos de dimensionamiento por nuestra persona, estos cálculos del sistema diésel y el sistema fotovoltaico se realizaron individuales con lo que se obtuvieron los equipos a simular, luego se optimizó en el software Homer Pro, el cual simuló las tres alternativas de fuentes energéticas dando como resultado óptimo el sistema fotovoltaico, el cual según la optimización está compuesta por 36 paneles Perc Half Cell - EGE-450W-144M, 24 batería Hoppecke 12 OPzS 1500 de 2232 Ah y 02 inversor Growatt SPF 5000 ES de 5 kW.

- Mediante el uso del software Homer Pro, se pudo determinar el costo y la eficiencia de cada uno de los sistemas energéticos, por el cual el sistema óptimo es el fotovoltaico, muy aparte de lo determinado por el Homer se tiene en cuenta la ferretería, montaje y traslado, por lo que el sistema fotovoltaico tiene un costo de inversión de S/. 118 804.95 y una eficiencia de 88.6 %.

Recomendaciones

- Al dimensionar los componentes para el sistema energético óptimo se debe realizar con los datos menos favorables, es decir trabajar los cálculos teóricos y la simulación con el Homer Pro con el valor del mes con peor irradiación solar y la temperatura del lugar, de igual manera se debe considerar las pérdidas energéticas que se pueden dar en el lugar.

- Debido a que el sistema energético óptimo para abastecer de energía eléctrica al caserío es el sistema fotovoltaico, el cual depende de la irradiación solar, se debe tener en cuenta que habrá días de lluvias y nubes durante la mañana que impidan la captación de energía solar, por lo que los paneles solos no podrá abastecer de energía al caserío, por lo que dependerá de la ayuda de las baterías las cuales estas deben tener un buen mantenimiento, por lo que se recomienda tener conectados los electrodomésticos y las luces encendidas solamente cuando se requiera.

- Se recomienda la implementación del sistema fotovoltaico debido a que es viable económicamente para el caserío ya que es un sector rural, la cual no se encuentra conectada a la red eléctrica convencional debido a que es demasiado costosa.

- Con lo presentado en este trabajo de investigación se recomienda que en un futuro se realice la construcción del sistema fotovoltaico, por lo que el dimensionamiento se ha realizado para un estudio real, que abarca las necesidades energéticas que requiere el caserío Lloque - Cajamarca.

Referencias bibliográficas y virtuales

- Guerrero, G. & Catagua, K. (2021). *Sistema de alumbrado público aplicado mediante energía renovable para la comuna Masa 2, Golfo de Guayaquil*. (Tesis de Título). Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12213/3/UPS-KT01248.pdf>
- Simbaña, N. (2021). *Estudio de factibilidad para el sistema de generación fotovoltaica aplicada a la fundación “Children of the Andes Humanitarian”*. (Tesis de Título). Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19840/1/UPS%20-%20TTS265.pdf>
- Revista Acciona (2021). *Generadores Eléctricos - Fotovoltaicos*. Recuperado de: <https://www.interempresas.net/Energia/Articulos/350257-Acciona-implementa-generadores-electricos-fotovoltaicos-obras-Autovia-A-27-Valls-Montblanc.html>
- Aponte, L. (2020). *Diseño de una microrred fotovoltaica/diésel con backup de batería de Li-Ion para mejorar el servicio eléctrico en la ciudad de San Antonio del Estrecho, Loreto, Perú*. (Tesis de Título). Recuperado de <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8284>
- Revista Soliclima (2020). *Sistema solar fotovoltaico con aerogenerador, Electrificación rural mediante energía solar y eólica*. Recuperado de <https://www.soliclima.es/electrificacion-rural>
- Autosolar, (2020). *Manual de Usuario. Inversor Cargador de Alta Frecuencia*. Recuperado de: <https://autosolar.es/pdf/MANUAL-MUST-SOLAR-3000-5000.pdf>
- Morillo Energy Rent. (2020) *¿Qué es un sistema híbrido solar diésel?*. Publicación web del Equipo Morillo. Disponible en: <https://morillo.es/que-es-un-sistema-hibrido-solar-diesel/>
- Manual AYERBE (2020). *Generadores para Sistemas Fotovoltaicos*. Recuperado de: <https://www.ayerbe.net/productos/generadores-para-sistemas-fotovoltaicos/>
- Maxim Domenech. (2020). *Grupos electrógenos: Que son, tipos y como elegir el adecuado*. Disponible en: encurtador.com.br/fnqsF
- Alonso Lorenzo, J. (2019). *Manual de cálculo de instalación fotovoltaica aislada con baterías. SUNFIELDS EUROPE*. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/calculo->

sistema-fotovoltaico-aislado/sfcr-on-grid

- Cayotopa, J. (2019). *Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado para electrificar al caserío Flor del Valle en Yambrasbamba provincia de Bongará departamento de Amazonas*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú.
- Montoya, G. (2019). *Dimensionamiento y Selección de un Sistema Fotovoltaico con el Software Homer como Alternativa para Generar Energía Eléctrica en el Caserío Nuevo Retiro en Cumba – Utcubamba Amazonas*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. (Tesis de Pregrado). Lambayeque, Perú.
- García, L. (2019). *Optimización con el software Homer de un sistema eléctrico con energía renovable en el centro poblado Santa Mercedes de Pillingue en el distrito de Balsa Puerto - Loreto*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. (Tesis de Pregrado). Lambayeque, Perú.
- Quiroga, M., (2019). *Regulador de la carga inteligente de la serie CM. DOCPLAYER*. Recuperado de: <https://docplayer.es/84707001-Regulador-de-carga-inteligente-de-la-serie-cm-manual-de-usuario-por-favor-lea-atentamente-este-manual-antes-de-utilizar-este-producto.html>
- Cumbre Pueblos. (2019). *Sistema Híbrido: Qué es, Ventajas, Desventajas*. Sitio web: <https://cumbrepuebloscop20.org/energias/solar/sistema-hibrido/>
- Rojas, G., (2018). *Grupos electrógenos principios básicos. Boletín Técnico N°20. Caracas – Venezuela*. Publicación web de Rojas Gregor. 2018. Disponible en: <http://www.gedisa.com.ve/boletin/pdf/20.%20GRUPO%20ELECTROGENOS%20PRINCIPIOS%20BASICOS.pdf>
- Tritec Intervento. (2017). *Tipos de Paneles Fotovoltaicos. Publicación web del R.T. Raúl Serrano*. Disponible en: <https://tritec-intervento.cl/tipos-de-paneles-fotovoltaicos/>
- Santa Rosa, R. (2017). *Origen del Sistema Fotovoltaico Conectado a Red. CSR Energía Solar*. <http://www.csrenergiasolar.com.br/blog/sistema-fotovoltaico-conectado-a-rede---sfcr-on-grid>
- Jeri, J. & Sacha, G. (2017). *Proyecto de factibilidad en el uso de paneles solares como generación fotovoltaica para suministro de electricidad en ambientes ENAMM*. (Tesis de título). Recuperado de <http://repositorio.enamm.edu.pe/handle/ENAMM/73>

- Flores, E., Gutiérrez, H. & Guevara, R. (2016). *Generación autónoma de energías renovables integradas en zonas rurales del Perú*. (Tesis de título). Recuperado de <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/1584>
- Descalzo, J. (2014). *Sistema Híbrido Diésel – Fotovoltaico: Gestor Energético*. (Tesis de Pregrado). Universidad Carlos III de Madrid. Madrid, España.
- Vega, J. & Ramirez, S. (2014). *Fuentes de energía renovables y no renovables*. (1era. ed.). México: Alfa Omega.
- Valdiviezo, P. (2014). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP*. (Tesis de título). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/5447>
- Cruz, E. (2010). *Diseño y Simulación del Comportamiento de un Sistema Híbrido de Potencia*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Piura.
- Castejón, A. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. España. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/556578025/Instalaciones-Solares-Fotovoltaicas-Agustin-Castejon-Oliva-German-Santamaria-Herranz-Indice-1-Modulos-Fotovoltaicos-Energia-Solar-Fotovoltaica-Coorden>.
- Instituto Tecnológico de Canarias (ITC). (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Recuperado de <https://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-yeficiencia-energetica.pdf>.
- J. Tavares Pinho, (2008). *Sistemas Híbridos - Soluciones Energéticas para la Amazonia*. (1ra ed., pp. 72 – 76).
- Ulleberg, O. (1998). *Stand-alone Power Systems for the future: Optimal design, Operation & Control of solar – hydrogen energy systems*. Tesis doctoral. Noruega: University of Science and Technology Trondheim.

Anexos

Anexo 1: Ficha técnica del grupo electrógeno Rivera Diésel RPS 14.

Anexo 2: Ficha técnica del panel fotovoltaico Perc Half Cell - EGE-450W-144M.

Anexo 3: Ficha técnica de la batería Hoppecke de 2 232 Ah.

Anexo 4: Ficha técnica del Inversor Growatt 48V 5000W / 100A MPPT / Cargador 80A.

Anexo 5: Diagrama del sistema fotovoltaico.

Anexo 6: Ubicación referencial del sistema fotovoltaico.

Anexo 7: Cotizaciones de los equipos del sistema fotovoltaico.

Anexo 1

Grupo Electrónico Rivera Diésel RPS 14

Potencia de Salida del Grupo Electrónico a 60 Hz

Tensión	Emergencia		Prime	
	kVA	kW	kVA	kW
440 / 254 V	18	14	16	13
380 / 220 V	18	14	16	13
220 / 110 V	18	14	16	13

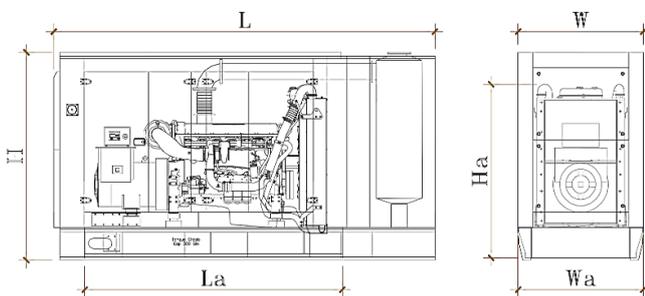
Datos Técnicos Grupo Electrónico

Modelo del Motor	403D-15G
Modelo del Alternador	PI044G
Modelo del Controlador	InteliLite AMF25
Velocidad de Operación	* 1,800 rpm
Frecuencia	* 60 Hz
Fases	* Trifásico
Voltajes configurables	* 220 / 380 / 440 V
Consumo de Combustible	
Régimen Stand by - Al 110% de carga	1.25 gal/hr
Regimen Prime - 100% de la carga	1.12 gal/hr
Capacidad del Tanque de combustible	8.5 gal
Autonomía de Trabajo en Régimen Std-by	7 hr



Dimensiones y Peso Versión Abierta

Longitud (La)	m	1.40
Ancho (Wa)	m	0.76
Altura (Ha)	m	0.98
Peso aprox.	kg	385
Nivel de Ruido @ 7m	dB(A)	98



Condiciones para el Medio Ambiente

Temperatura Ambiente	°C	≤ 40
Humedad Relativa	%	≤ 90
Altitud	m	≤ 1,000
Altitud Máxima de trabajo	m.s.n.m	≤ 3000

Dimensiones y Peso Versión Insonorizado

Longitud (L)	m	1.67
Ancho (W)	m	0.82
Altura (H)	m	1.13
Peso aprox.	kg	515
Nivel de Ruido @ 7m	dB(A)	75

Motor Diésel 403D-15G

Alternador PI044G



Especificaciones del Motor	
Modelo del Motor	403D-15G
Fabricante del Motor	Perkins
Gobernación	Mecánico
Número de Cilindros	3 en Línea
Desplazamiento (L)	1.496
Potencia bruta en Régimen Emergencia	16 kWm
Potencia bruta en Régimen Prime	14 kWm
Aspiración	Natural
Tipo	Diésel - 4 Tiempos
Diámetro x Carrera (mm x mm)	84x90
Relación de Compresión	22.5:1
Velocidad del Motor	1800 rpm
Método de Lubricación	Forzada
Capacidad de Aceite	6 L
Método de Refrigeración	Por agua
Capacidad de Refrigerante	6 L
Arranque del Motor	12V
Alternador	12VDC - 60A

Sistema de enfriamiento	
Flujo de aire del Radiador	0.62 m3/s
Temperatura del Aire caliente	60 °C
Máxima Contrapresión Permitida	125 Pa

Consumo de combustible	
Régimen de Emergencia (Std-by)	
Al 110% de carga	1.25 gal/hr
Régimen Prime	
Al 100% de carga	1.12 gal/hr
Al 75% de carga	0.85 gal/hr
Al 50% de carga	0.62 gal/hr
Autonomía de Trabajo en Régimen Std-by	7 hr
Autonomía de Trabajo en Régimen Prime	8 hr

Especificaciones del Alternador	
Modelo del Alternador	PI044G
Fabricante del Alternador	Stamford
Sistema de Excitación	Autoexcitado
Potencia en Régimen Emergencia	19 KVA 15.2 KW
Potencia en Régimen Prime	17.6 KVA 14.08 KW
Velocidad	* 1,800 rpm
Frecuencia	* 60 Hz
Fases	* Trifásico
Factor de Potencia (Cos Θ)	0.8
Voltaje configurable	* 220 / 440 V
Eficiencia del Generador F.P. 80%	90.6%
Regulador de Voltaje	AS480
Regulación de Voltaje	\pm 1.0 %
Tipo de Aislamiento	H
Grado de Protección	IP 23
Distorsión de Harmónicos (THD)	< 2%
Sobrevelocidad	2250 rpm
Wave Form: Nema = TIF	< 50

Sistema de Escape	
Máxima Contrapresión Permitida	10.2 kPa
Flujo de gases de escape	
Regimen de Emergencia	3.1 m3/min
Regimen Prime	3.4 m3/min
Temperatura de gases de escape	
Regimen de Emergencia	505 °C
Regimen Prime	455 °C

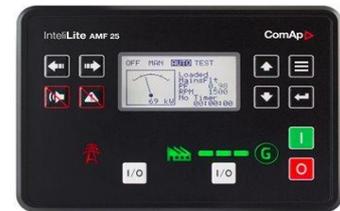
Accesorios Disponibles
Generador de Imanes Permanentes - PMG (*)
Cargador de Baterías
Calentador de Block
Resistencia Deshumedecedora
Calentador de aceite
Pre calentadores de admision

(*) A partir de 45 KW para arriba

Sistema de Control InteliLite AMF25



Aplicación	
Controlador compacto para operación simple con aplicación de arranque manual y remoto, con capacidad de realizar transferencia automática.	
Características	
Botón de Encendido y Apagado manual	Teclado de navegación de menú
Modo Automático, Manual u OFF	Botón de reinicio de fallas.
Indicadores LED de estado de operación	Grado de Protección IP65
Control automático y manual del interruptor del Grupo Electrogenero y Red Comercial	
Parámetros de Medición mostrados en display	
Potencia de salida kW / kVA / kVAR	Tensión (L-L y L-N) de Grupo y Red Comercial
Revoluciones del Motor	Corriente de salida, tres líneas.
Factor de Potencia.	Frecuencia de Grupo y Red Comercial
Presión de aceite.	Temperatura del motor.
Nivel de Combustible	Consumo de combustible
Contador de horas de operación	Contador de Energía de Grupo y Red Comercial
Protecciones de apagado de seguridad	
Sobre o Baja velocidad.	Sobre o Bajo Voltaje.
Baja Presión de Aceite.	Sobre corriente.
Alta Temperatura del motor	Sobre o Baja Frecuencia.
Bajo nivel de combustible.	Desbalance de corriente.
Sobre intentos de arranque (overcrank)	Sobrecarga.
Beneficios	
Interfaz de usuario intuitiva, display gráfico y de fácil operación.	
PLC integrado con capacidad para programar funciones adicionales de protección según necesidad del cliente	
3 niveles de seguridad con contraseña, para bloqueo del controlador y configuración.	
Alternancia y Transferencia automática con 2do Grupo electrogenero como respaldo.	
Registro de hasta 350 eventos y ejecuciones con fecha, hora y parámetros de medición.	



Monitoreo y control remoto (opcional)	
Puertos de comunicación opcionales: RS232, RS485, RJ-45	Soporte de Protocolo Modbus TCP/RTU, SNMP, correo, Mensajes SMS, WebSupervisor. Puerto USB Integrado
Acceso a Internet a través de Ethernet, GPRS, 4G	

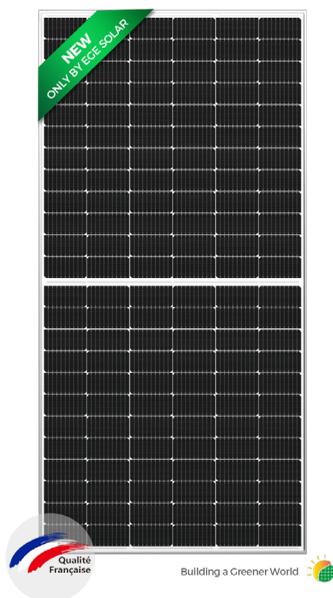
Normas Técnicas	
Grupo Electrogenero	ISO 9001, ISO 14001
Motor	ISO 9001, ISO 3046, BS5514, DIN6271, ISO8525
Alternador	ISO 9001, ISO 14001, BS EN 60034, BS5000, VDE 0530, NEMA MG1-32, IEC34, CSA C22.2100, AS1359.
Controlador	ISO 9001, BS EN 60950 Low Voltage Directive, BS EN 61006-2 and 61006-4 EMC Directive.



Anexo 2

MÓDULO SOLAR

450 W / 144 Celdas / 9 Bus Bars
Módulo Monocristalino
EGE-450W-144M (M6)



Los módulos fotovoltaicos de Eco Green Energy son fabricados solo con celdas grado A, con una alta eficiencia y garantía de 25 años de potencia.

KEY FEATURES



Reduce la temperatura en los puntos calientes, que se encuentran por arriba de los 20°C y la intensidad de corriente entre las celdas, lo cual incrementa la eficiencia y la potencia.



Menor coeficiente de temperatura



Menor LCOE (Costo de Energía Nivelado), mayor área de recepción de luz y potencia



Reducción de riesgo de micro-grietas



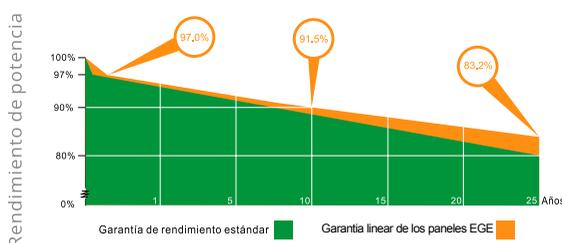
Reduce la pérdida de ajuste de corriente y resistencia entre celdas

CERTIFICADOS

TUV SUD (IEC61215 / 61730) /
ISO 9001:2015 / PV CYCLE / CE

GARANTÍA DE RENDIMIENTO LINEAL

12 años de garantía del producto · 25 años de garantía de potencia lineal



25 AÑOS GARANTÍA DE POTENCIA LINEAL



12 AÑOS GARANTÍA DEL PRODUCTO



INFORMACIÓN ELÉCTRICA EN STC*

Potencia máxima (Pmax)	450 W
Tolerancia de potencia	0~+5 W
Eficiencia del módulo	20.6 %
Máxima capacidad de voltaje (Vmp)	41.40 V
Máxima capacidad de corriente (Imp)	10.87 A
Voltaje de circuito abierto (Voc)	50.00 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	11.44 A

*Condiciones Estándar de Medida: Radiación: 1000 W/m² ·
Temperatura de las celdas: 25°C · AM: 1.5

INFORMACIÓN ELÉCTRICA EN NOCT*

Potencia máxima de salida (Pmax)	335.40 W
Capacidad máxima de voltaje (Vmp)	39.00 V
Capacidad máxima de corriente (Imp)	8.60 A
Voltaje de Circuito Abierto (Voc)	47.00 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	9.21 A

*Temperatura Nominal de Operación de la Celda: Irradiación: 800W/m² ·
Temperatura ambiente: 20°C · AM: 1.5 · Velocidad del viento: 1m/s

CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA

NOCT	41 °C ±3 °C
Coefficiente de temperatura de Pmax	-0.35%/°C
Coefficiente de temperatura de Voc	-0.30%/°C
Coefficiente de temperatura de Isc	+0.05%/°C

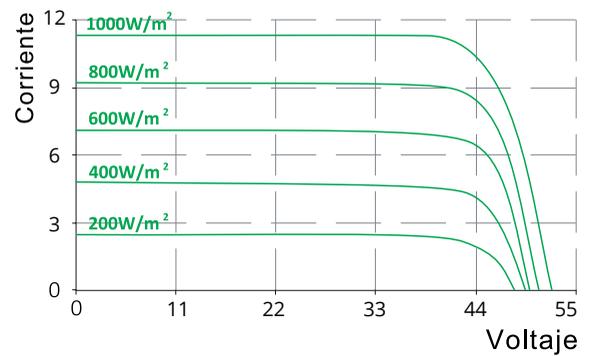
RANGO MÁXIMO

Rango de temperatura de operación	-40 °C ~+85 °C
Máximo voltaje del sistema	1000V/DC/1500V/DC
Rango máximo de capacidad del fusible	20 A
Máxima carga frontal (ejem. nieve)	5400 Pa
Máxima carga posterior (ejem. viento)	2400 Pa

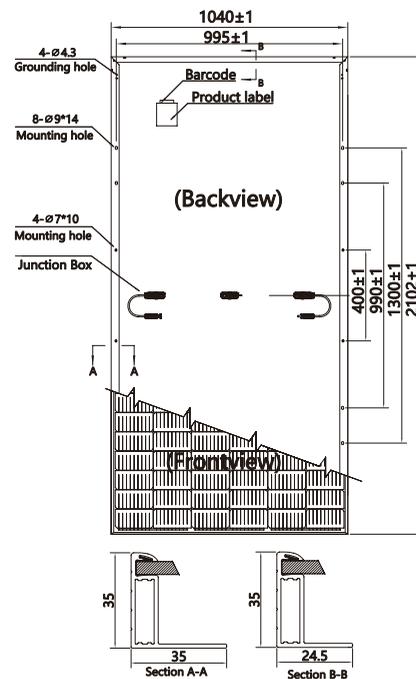
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Tipo de celdas	Monocristalino (166x83 mm)
Número de celdas	144
Dimensiones	2102x1040x35mm
Peso	24.5 kg
Vidrio	3.2 mm vidrio templado
Marco	Aleación de aluminio anodizado
Caja de control	IP68
Cable	4.0 mm ² , 300/1300mm
Conector	MC4 EVO2 compatible

CURVA I-V



DISEÑO DE INGENIERÍA



EMBALAJE

Tipo	Pcs/ Type	Weight
Paleta	30 pzas	780 kg
Contenedor 20GP	296 pzas	7.70 t
Contenedor 40GP	624 pzas	16.22 t
Contenedor 40HQ	686 pzas	17.84 t

Anexo 3



Similar to the illustration

grid | power VL

Series OPzS/power.bloc OPzS

Vented lead-acid battery

grid | powerVL Series OPzS

Typical applications:

- Telecommunications
 - Mobile phone stations
 - BTS-stations
 - Off-grid/on-grid solutions
- Power Supply
- Security lighting

Your benefits:

- Very high expected service life – due to optimized low-antimony selenium alloy
- Excellent cycle stability – due to tubular plate design
- Maximum compatibility – design according to DIN 40736-1
- Higher short-circuit safety even during the installation – based on HOPPECKE system connectors
- Extremely extended water refill intervals up to maintenance-free – optional use of AquaGen® recombination system minimizes emission of gas and aerosols¹

grid | powerVL Series power.bloc OPzS

Typical applications:

- Telecommunications
 - Mobile phone stations
 - BTS-stations
 - Off-grid/on-grid solutions
- Power Supply systems
- Security lighting

Your benefits:

- High expected service life – due to optimized low-antimony selenium alloy
- Excellent cycle stability – due to tubular plate design
- Maximum compatibility – dimensions according to DIN 40737-3
- Easy assembly and installation – battery lid with integral handle
- Higher short-circuit safety even during the installation – based on HOPPECKE system connectors
- Extremely extended water refill intervals up to maintenance-free – optional use of AquaGen® recombination system minimizes emission of gas and aerosols¹



¹ Similar to sealed lead-acid batteries



Capacities dimensions and weights

Series OPzS	DIN Type	C ₁₀ /1.80 V Ah	C ₅ /1.77 V Ah	C ₃ /1.75 V Ah	C ₁ /1.67 V Ah	max.* Weight kg	Weight electrolyte kg (1.24 kg/l)	max.* Length L mm	max.* Width W mm	max.* Height H mm	Fig.
grid power vL 2-215	4 OPzS 200	213	182	161	118	17.3	4.5	105	208	420	A
grid power vL 2-270	5 OPzS 250	266	227	201	147	21.0	5.6	126	208	420	A
grid power vL 2-325	6 OPzS 300	320	273	241	177	24.9	6.7	147	208	420	A
grid power vL 2-390	5 OPzS 350	390	345	303	217	29.3	8.5	126	208	535	A
grid power vL 2-470	6 OPzS 420	468	414	363	261	34.4	10.1	147	208	535	A
grid power vL 2-550	7 OPzS 490	546	483	426	304	39.5	11.7	168	208	535	A
grid power vL 2-690	6 OPzS 600	686	590	510	353	46.1	13.3	147	208	710	A
grid power vL 2-805	7 OPzS 700	801	691	596	411	59.1	16.7	215	193	710	B
grid power vL 2-920	8 OPzS 800	915	790	681	470	63.1	17.3	215	193	710	B
grid power vL 2-1035	9 OPzS 900	1026	887	767	529	72.4	20.5	215	235	710	B
grid power vL 2-1150	10 OPzS 1000	1140	985	852	588	76.4	21.1	215	235	710	B
grid power vL 2-1265	11 OPzS 1100	1256	1086	938	647	86.6	25.2	215	277	710	B
grid power vL 2-1380	12 OPzS 1200	1370	1185	1023	706	90.6	25.8	215	277	710	B
grid power vL 2-1610	12 OPzS 1500	1610	1400	1197	784	110.4	32.7	215	277	855	B
grid power vL 2-1880	14 OPzS 1750	1881	1632	1397	914	142.3	46.2	215	400	815	C
grid power vL 2-2015	15 OPzS 1875	2016	1748	1496	980	146.6	46.7	215	400	815	C
grid power vL 2-2150	16 OPzS 2000	2150	1865	1596	1045	150.9	45.9	215	400	815	C
grid power vL 2-2420	18 OPzS 2250	2412	2097	1796	1176	179.1	56.4	215	490	815	D
grid power vL 2-2555	19 OPzS 2375	2546	2213	1895	1242	182.9	55.6	215	490	815	D
grid power vL 2-2690	20 OPzS 2500	2680	2330	1995	1307	187.3	55.7	215	490	815	D
grid power vL 2-2960	22 OPzS 2750	2952	2562	2195	1437	212.5	67.0	215	580	815	D
grid power vL 2-3095	23 OPzS 2875	3086	2678	2294	1503	216.8	65.9	215	580	815	D
grid power vL 2-3230	24 OPzS 3000	3220	2795	2394	1568	221.2	66.4	215	580	815	D
grid power vL 2-3500	26 OPzS 3250	3488	3028	2594	1699	229.6	65.4	215	580	815	D

C₁₀, C₅, C₃ and C₁ = Capacity at 10 h, 5 h, 3 h and 1 h discharge

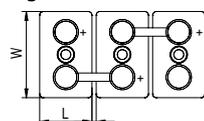
* according to DIN 40736-1 data to be understood as maximum values

Series power.bloc OPzS	DIN Type	C ₁₀ /1.80 V Ah	C ₅ /1.77 V Ah	C ₃ /1.75 V Ah	C ₁ /1.67 V Ah	max.* Weight kg	Weight electrolyte kg (1.24 kg/l)	max.* Length L mm	max.* Width W mm	max.* Height H mm	Fig.
grid power vL 12-50	12 V 1 power.bloc OPzS	50	44	39	28	37.0	15.0	272	205	383	A
grid power vL 12-100	12 V 2 power.bloc OPzS	100	101	88	78	48.0	13.0	272	205	383	A
grid power vL 12-150	12 V 3 power.bloc OPzS	150	151	132	117	67.0	18.0	380	205	383	A
grid power vL 6-200	6 V 4 power.bloc OPzS	200	202	176	155	47.0	13.0	272	205	383	B
grid power vL 6-250	6 V 5 power.bloc OPzS	250	252	220	194	60.0	20.0	380	205	383	B
grid power vL 6-300	6 V 6 power.bloc OPzS	300	302	264	233	67.0	18.0	380	205	383	B

C₁₀, C₅, C₃ and C₁ = Capacity at 10 h, 5 h, 3 h and 1 h discharge

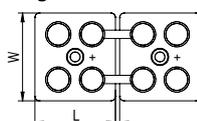
* according to DIN 40737-3 data to be understood as maximum values

Fig. A Series OPzS



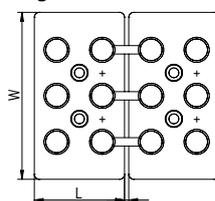
grid | power vL 2-215 -
grid | power vL 2-690

Fig. B Series OPzS



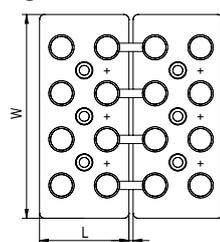
grid | power vL 2-805 -
grid | power vL 2-1610

Fig. C Series OPzS



grid | power vL 2-1880 -
grid | power vL 2-2150

Fig. D Series OPzS



grid | power vL 2-2420 -
grid | power vL 2-3500

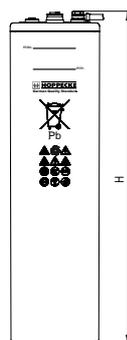
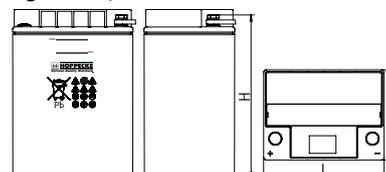
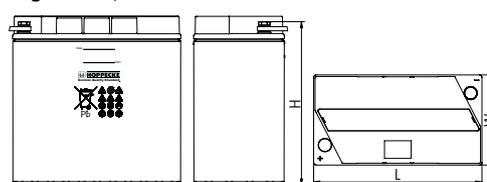


Fig. A Series power.bloc OPzS



grid | power vL 12-50 -
grid | power vL 12-150

Fig. B Series power.bloc OPzS



grid | power vL 6-200 -
grid | power vL 6-300

Design life: up to 20 years

Optimal environmental compatibility – closed loop for recovery of materials in an accredited recycling system

Design life: up to 18 years

Optimal environmental compatibility – closed loop for recovery of materials in an accredited recycling system

Anexo 4

SPF 3500~5000 ES

- Integrated MPPT charge controller.
- Equalization charging function.
- Work with battery or without battery.
- Maximum PV input voltage up to 450VDC.
- Configurable grid or solar input priority.
- Optional WIFI/ GPRS remote monitoring.
- Support parallel operation for capacity expansion up to 30kW.
- PV and Grid power the load jointly if PV energy insufficient.
- Flexibly schedule the Inverter charging and discharging time.



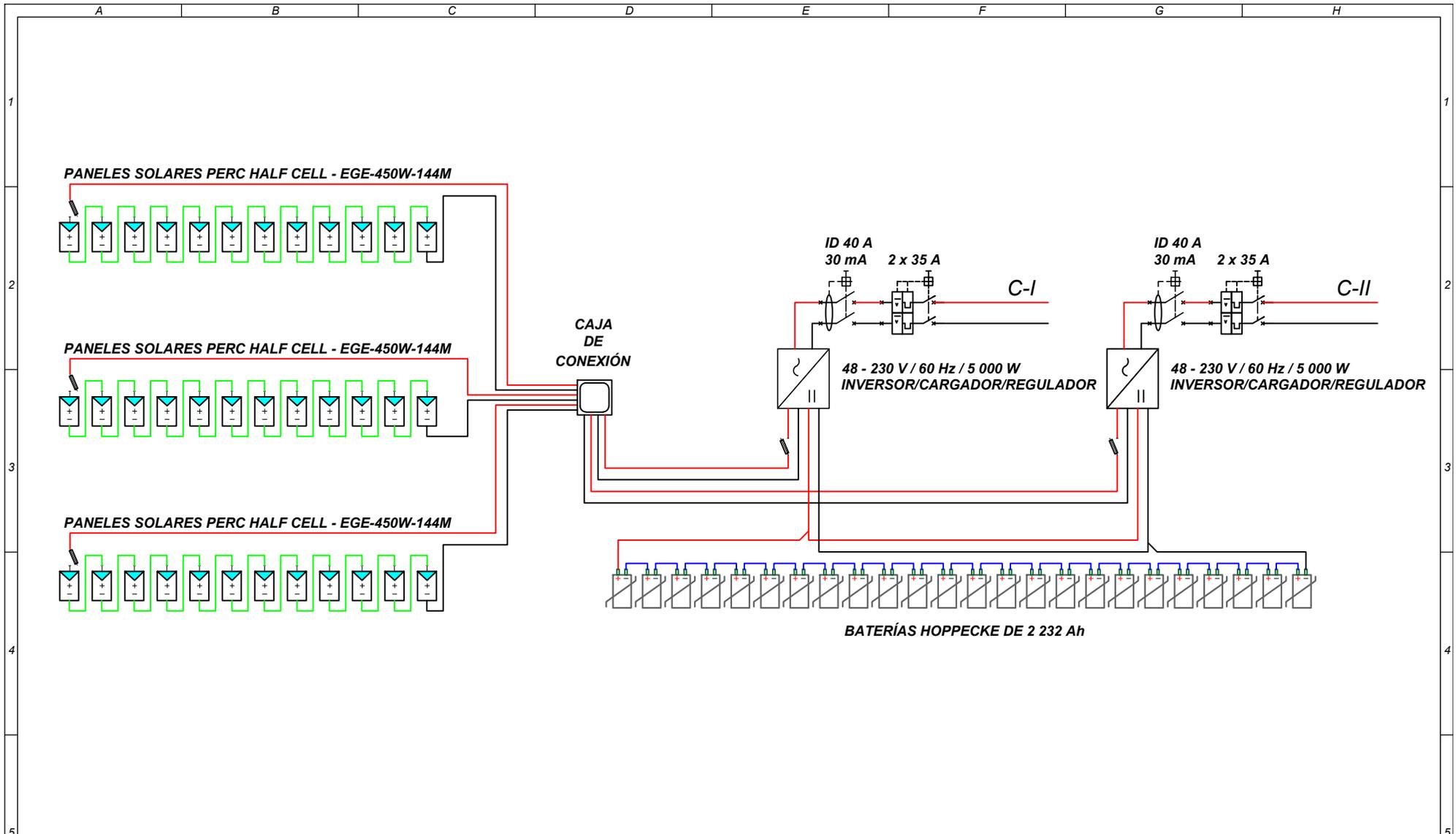
P O W E R
- I N G
T O M O -
R R O W

Growatt
powering tomorrow

www.ginverter.com

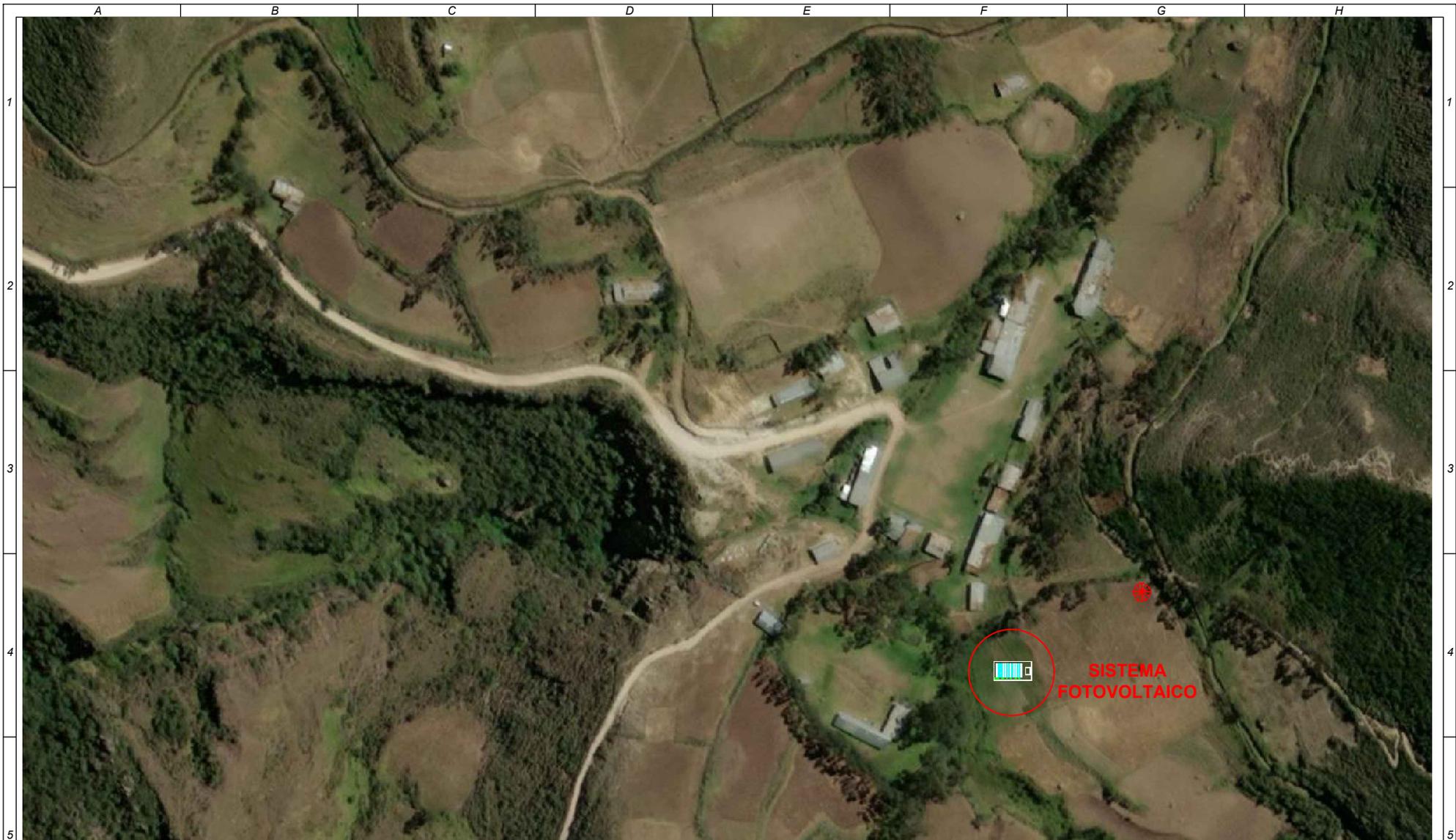
Datasheet	SPF 3500 ES	SPF 5000 ES
Battery Voltage	48VDC	
Battery Type	Lithium/Lead-acid	
INVERTER OUTPUT		
Rated Power	3500VA/ 3500W	5000VA/ 5000W
Parallel Capability	Yes, 6 units maximum	
AC Voltage Regulation (Battery Mode)	230VAC \pm 5% @ 50/60Hz	
Surge Power	7000VA	10000VA
Efficiency (Peak)	93%	
Waveform	Pure sine wave	
Transfer Time	10ms typical, 20ms Max	
SOLAR CHARGER		
Maximum PV Array Power	4500W	6000W
MPPT Range @ Operating Voltage	120VDC ~ 430VDC	
Number of Independent MPP Trackers/ Strings Per MPP Tracker	1/1	
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	450VDC	
Maximum Solar Charge Current	80A	100A
AC CHARGER		
Charge Current	60A	80A
AC Input Voltage	230 VAC	
Selectable Voltage Range	170-280 VAC (For Personal Computers) ; 90-280 VAC (For Home Appliances)	
Frequency Range	50Hz/60Hz (Auto sensing)	
PHYSICAL		
Protection Degree	IP20	
Dimension (W/H/D)	330/485/135mm	330/485/135mm
Net Weight	11.5kgs	12kgs
OPERATING ENVIRONMENT		
Humidity	5% to 95% Relative Humidity(Non-condensing)	
Altitude	<2000m	
Operating Temperature	0°C - 55°C	
Storage Temperature	-15°C - 60°C	

Anexo 5



Ubicación: CASERÍO: EL LLOQUE DISTRITO: CATACHE PROVINCIA: SANTA CRUZ DPTO.: CAJAMARCA	Autores: BACH. SANCHEZ CARDENAS MANUEL MARTÍN BACH. MIJAIL JESÚS ZEGARRA TIMOTEO	Plano: DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	Tesis: "ESTUDIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ÓPTIMO PARA ABASTECER DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO LLOQUE - CAJAMARCA"	Fecha: Sep - 2022	N° de Plano: EL - 01 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
--	--	--	---	-------------------	--

Anexo 6



Ubicación:
 CASERIO: EL LLOQUE
 DISTRITO: CATACHE
 PROVINCIA: SANTA CRUZ
 DPTO.: CAJAMARCA

Autores:
 BACH. SANCHEZ CARDENAS MANUEL MARTÍN
 BACH. MIJAIL JESÚS ZEGARRA TIMOTEO

Plano:
 UBICACIÓN REFERENCIAL DEL SISTEMA
 FOTOVOLTAICO

Tesis:
 "ESTUDIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ÓPTIMO PARA ABASTECER
 DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO LLOQUE - CAJAMARCA"

Fecha: Sep - 2022

N° de Plano: EL - 01

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

A B C D E F G H

Anexo 7

ZEGARRA TIMOTEO MIJAIL JESÚS
 Perú
 RUC: 10760768184

Cotización # COT09498

Fecha de presupuesto:
17/08/2022

Vencimiento:
24/08/2022

Comercial:
Percy Rojas Rafael

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPUESTOS	IMPORTE
[EGE450W144M] ECO GREEN ENERGY PANEL SOLAR HELIOS PLUS 24V 450W MONOPERC HALF CELL	36.00 Unidades	164.4600	IGV	\$ 5,920.56
[SPF 3500-5000 ES] INVERSOR/CARGADOR/REGULADOR GROWATT MID	2.00 Unidades	634.5600	IGV	\$ 1,269.12

Subtotal	\$ 7,189.68
IGV	\$ 1,294.14
Total	\$ 8,483.82

Forma de Pago
Transferencia Bancaria / Letra (previa coordinación)

Tiempo de Entrega
2 días luego de recibir la Orden de Compra

Lugar de Entrega
En sus instalaciones de tratarse de una empresa ubicada en Cercado de Lima,
O envío con cargo a pagar en destino por la agencia de su preferencia (agencias ubicadas en Cercado de Lima o La Victoria)

Plazo de pago: Pago inmediato

BANCO	MONEDA	CUENTA	INTERBANCARIA
Banco de la Nación	PEN	00-091-022001	
BBVA  Banco Continental	USD	0011-0183-01-00123114	011-183-000100123114-19
BBVA  Banco Continental	PEN	0011-0183-01-00123106	011-183-000100123106-15
Banco de Crédito del Perú 	USD	191-2443482-1-45	002-19100244348214550
Banco de Crédito del Perú 	PEN	191-2403297-0-26	002-19100240329702651



ENERGÍA SOSTENIBLE A TU ALCANCE

CORPORACION COMERCIAL Y SERVICIOS OCOSHI S.A.C.

📍 CAL.3 MZA. B LOTE. 15 URB. NIÑO JESUS 2DA ETAPA (AVENIDA PIEROLA FABRICA LAIVE) LIMA, Lima (PE), Perú

☎ +51 (01) 3617863 📠 +51987509027

✉ ventas@panelsolarperu.com

RUC: 20522121381

INTERBANK		USD	495-3002084493	003-495-003002084493-99
INTERBANK		PEN	495-3001537363	003-495-003001537363-99

Autosolar Energía del Perú S.A.C

Carretera Panamericana Sur KM 29.5 Megacentro, Unidad I-6, Lurin
Referencia: Frente a Campomar, entrada al Megacentro altura Puente VIDU
Teléfono: (01)715-1357
autosolar@autosolar.pe
R.U.C: 20602492118

Mijail Jesús Zegarra Timoteo

Mijail Jesús Zegarra Timoteo

DOCUMENTO	NÚMERO	PÁGINA	FECHA
Presupuesto	1 013240	1	16/08/2022

CLIENTE	R.U.C.	AGENTE	CONDICION DE PAGO	VALIDEZ DE LA OFERTA
28244	33	Rodrigo Maylle	Contado	1 Mes, salvo cambio de tarifa

GARANTÍA DE UN AÑO EN LOS EQUIPOS OFERTADOS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UD.	SUBTOTAL	DTO.	TOTAL
1801120	Batería Estacionaria Hoppecke 12V 2232Ah 10PzS1500 ***NOTA: -Envíos a provincia por agencia MARVISUR y SHALOM con pago a destino.	4,00	15.285,04	61.140,16		61.140,16
		1,00				

TIPO	IMPORTE	DESCUENTO	PRONTO PAGO	PORTES	FINANCIACIÓN	BASE	I.G.V	R.E.
18,00 10,00 4,00	61.140,16					61.140,16	11.005,23	

COMPRAS DEL DIA DE HOY SERAN PROCESADAS AL DIA SIGUIENTE LABORAL
GARANTIA DE TRANSPORTE A PROVINCIA SOLO POR LAS EMPRESAS:

MARVISUR - SHALOM

NO INCLUYE ENVÍO A OTRAS AGENCIAS NI INSTALACION, SALVO SE INDIQUE EN LA COTIZACIÓN

TOTAL: S/. 72.145,39

**TIPO DE MONEDA: NUEVOS SOLES
PARA DOLARES: TIPO DE CAMBIO DEL DIA: 3,69**

Firmado Autosolar



FORMA DE PAGO: TRANSFERENCIA BANCARIA

DATOS BANCARIOS EN SOLES Y DOLARES

BCP SOLES: 1942448005022 / CCI: 00219400244800502298

BCP DOLARES: 1942552861183 / CCI: 00219400255286118390

INTERBANK SOLES: 6373001500225 / CCI: 00363700300150022563



Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería en Energía

Informe del Asesor Informe de Tesis para obtener el título profesional

- 1) Apellidos/Nombres: Sánchez Cárdenas Manuel Martín
Zegarra Timoteo Mijail Jesús
- 2) Título del Proyecto de Investigación: Estudio del Sistema Energético Óptimo para abastecer de energía eléctrica al caserío Lloque – Cajamarca
- 3) Evaluación del Contenido: La presente tesis para título reúne las condiciones metodológicas de la investigación científica y está en conformidad con los Artículos N°39 y 40 del Reglamento General de Grados y Títulos vigente de la Universidad Nacional del Santa, concluyéndose que el tesista ha elaborado el presente informe dentro de las líneas de investigación que promueve la E.P.I.E
- 4) Observaciones: Ninguna
- 5) Certificación de Aprobación: En calidad de asesor certifico la aprobación de la tesis para título.

Fecha: Nuevo Chimbote, octubre del 2022

Asesor



DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA

Yo, Manuel Martín Sánchez Cárdenas, Bachiller de la

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Escuela Profesional:	Ingeniería en Energía					
Departamento Académico:						
Escuela de Posgrado:	Maestría			Doctorado		

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación es un trabajo inédito, intitulado:

ESTUDIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ÓPTIMO PARA ABASTECER DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO LLOQUE – CAJAMARCA

presentando en ...148..... 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.

Nuevo Chimbote, octubre de 2022

Firma:

Nombres y Apellidos: Manuel Martín Sánchez Cárdenas

DNI: 71219045



DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA

Yo, Mijail Jesús Zegarra Timoteo, Bachiller de la

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Escuela Profesional:	Ingeniería en Energía					
Departamento Académico:						
Escuela de Posgrado:	Maestría			Doctorado		

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación es un trabajo inédito, intitulado:

ESTUDIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ÓPTIMO PARA ABASTECER DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO LLOQUE – CAJAMARCA

presentando en ...148..... 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.

Nuevo Chimbote, octubre de 2022

Firma:

Nombres y Apellidos: Mijail Jesús Zegarra Timoteo

DNI: 76076818



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Gualberto Antenor Mariños Castillo asesor del trabajo de Investigación de la

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Departamento Académico:						
Escuela de Posgrado:	Maestría			Doctorado		

Programa:

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

ESTUDIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ÓPTIMO PARA ABASTECER DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO LLOQUE – CAJAMARCA

Del estudiante / docente:

Sánchez Cárdenas Manuel Martín
Zegarra Timoteo Mijail Jesús

De la escuela / departamento académico: Ingeniería en Energía

Constato que la investigación presentada por los bachilleres es un trabajo propio, el cual se trabajó en conjunto con mi persona asesorando en las observaciones que se obtuvieron durante su proceso. Quién suscribe la presente, declaro el haber analizado dicha tesis y concluyo que lo presentado a la escuela de Ingeniería en Energía 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, octubre de 2022

Firma:

Nombres y Apellidos del Asesor: Gualberto Antenor Mariños Castillo

DNI: 17890841