



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica

**Evaluación y propuesta de un sistema fotovoltaico para
una casa malla hidropónica en Caltopilla-Cañete**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista

AUTOR

Steven Alfredo MELGAREJO DIAZ

ASESOR

Dr. Carlos Alberto SOTELO LÓPEZ

Lima, Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Melgarejo, S. (2025). *Evaluación y propuesta de un sistema fotovoltaico para una casa malla hidropónica en Caltopilla-Cañete*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Steven Alfredo Melgarejo Diaz
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73110361
URL de ORCID	No Aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Carlos Alberto Sotelo López
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	07017259
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8960-6567
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Teresa Esther Nuñez Zuñiga
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08006778
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Luis Mark Ponce Martínez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08117818
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Celso Ysidro Gerónimo Huamán
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09191500

Datos de investigación	
Línea de investigación	A.2.5.1 Energética
Grupo de investigación	Desarrollo Tecnológico para la Salud y Sociedad
Agencia de financiamiento	No Aplica
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Cañete Distrito: Nuevo Imperial Latitud: -13.07950 Longitud: -76.24284
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Enero 2023- diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería eléctrica, Ingeniería Electrónica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
Teléfono 619-7000 Anexo 4226
Calle Germán Amezaga 375 – Lima 1 – Perú



ACTA DE SUSTENTACIÓN

TESIS

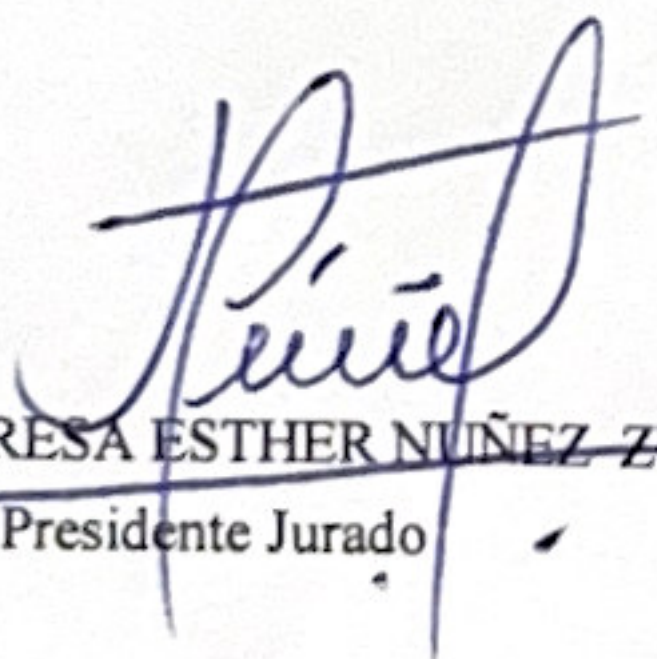
ACTA N°40/FIEE-CTGT/2025

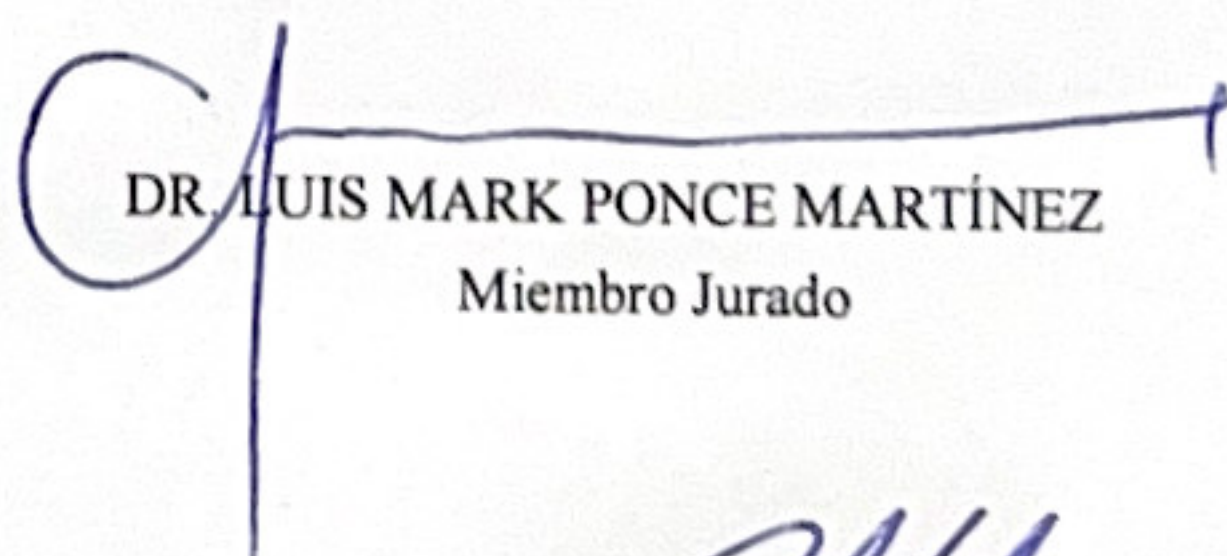
Los suscritos Miembros del Jurado, docentes permanentes de las Escuelas Profesionales de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha 09 de octubre del 2025, como presidente de Jurado la **DRA. TERESA ESTHER NUÑEZ ZUÑIGA**, integrado por el Miembro de Jurado el **DR. LUIS MARK PONCE MARTÍNEZ**, el Miembro de Jurado **DR. CELSO YSIDRO GERÓNIMO HUAMÁN** y Miembro Asesor el **DR. CARLOS ALBERTO SOTELO LOPEZ**.

Después de escuchar la Sustentación Presencial de la Tesis del Bachiller **STEVEN ALFREDO MELGAREJO DIAZ** con código 18190280 que para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista sustentó la Tesis titulada **EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA UNA CASA MALLA HIDROPÓNICA EN CALTOPILLA-CAÑETE**.

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió otorgarle el calificativo de 17 (Diecisiete).

Ciudad Universitaria, 09 de octubre del 2025


DRA. TERESA ESTHER NUÑEZ ZUÑIGA
Presidente Jurado


DR. LUIS MARK PONCE MARTÍNEZ
Miembro Jurado


DR. CELSO YSIDRO GERÓNIMO HUAMÁN
Miembro Jurado


DR. CARLOS ALBERTO SOTELO LOPEZ
Miembro Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo , **CARLOS ALBERTO SOTELO LOPEZ** en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen N°15/FIEE-CTGT/2025 de la Tesis titulada **EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA UNA CASA MALLA HIDROPÓNICA EN CALTOPILLA-CAÑETE.**, presentado por el bachiller **STEVEN ALFREDO MELGAREJO DIAZ**, para optar al título profesional de Ingeniero Electricista. CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 5% de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título de Ingeniero Electricista.

Firma del Asesor

DNI: 07017259

Nombres y apellidos del asesor:

CARLOS ALBERTO SOTELO LOPEZ

Lima, 09 de Octubre del 2025

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado a mis padres Rene Melgarejo y Silvia Diaz por brindarme su amor incondicional, apoyarme en mi camino profesional y por impulsarme a seguir mis sueños.

A Alexia Melgarejo, mi hermana, por darme su cariño incondicional en todo momento y por ser una hermana extraordinaria que me permite valorarme como persona y por permitirme ser su ejemplo que seguir.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por preparar un camino en la vida de mucho retos y oportunidades, a mis padres por apoyarme en cada etapa de mi vida, por enseñarme a levantarme ante cualquier adversidad de la vida y por confiar en mí. Por brindarme sus buenos deseos en cada aventura de mi camino profesional.

A mi hermana, por alentarme a seguir adelante ya que gracias a ello me permite a seguir esforzándome cada día más.

Asimismo, a mis colegas del trabajo por brindarme sus buenos deseos y apoyo incondicional.

Por último, a mi asesor Carlos Sotelo López por guiar mi investigación a buenos resultados.

RESUMEN

La presente investigación cuantitativa brinda una alternativa de utilizar la energía solar de forma eficiente y así poder dotar de energía eléctrica a una casa malla hidropónica en el distrito Nuevo Imperial, provincia de Cañete. Buscando brindar una respuesta al problema general: ¿De qué manera se logrará evaluar una propuesta de un sistema fotovoltaico que permita dotar de energía eléctrica a los equipos de una casa malla hidropónica de forma eficiente ubicado en el distrito de Nuevo Imperial, provincia de Cañete, departamento de Lima? Y a su vez a problemas específicos tales como: ¿Cuáles son los criterios que permitan evaluar una propuesta de un sistema fotovoltaico que permita energizar a los equipos que se instalaran en la casa malla hidropónica en el distrito de Nuevo Imperial, provincia de Cañete?, ¿Cuál sería el consumo de energía de los equipos de una casa malla hidropónica ubicado en el distrito de Nuevo Imperial, provincia de Cañete? Lográndose formular una hipótesis general e hipótesis específicas, indicando que la instalación de un sistema fotovoltaico es la opción técnica y económicamente rentable que logra energizar de forma eficiente los equipos que conformarían una casa malla hidropónica implementada en el distrito Nuevo Imperial, provincia de Cañete.

Palabras claves: Casa malla hidropónica, recursos renovables, sistema fotovoltaico, energizar, Cañete

ABSTRACT

This quantitative research provides an alternative to use solar energy efficiently and it be able to provide electricity to a hydroponic mesh house in the Nuevo Imperial district, province of Cañete. Seeking to provide an answer to the general problem: How will it be possible to evaluate a proposal for a photovoltaic system that allows the equipment of a hydroponic grid house to be provided with electrical energy efficiently located in the Nuevo Imperial district, province of Cañete, department of Lima ?, And in turn to specific problems such as: What are the criteria that allow evaluating a proposal for a photovoltaic system that allows energizing the equipment that will be installed in the hydroponic mesh house in the district of Nuevo Imperial, province of Cañete?, What would be the energy consumption of the equipment of a hydroponic mesh house located in the district of Nuevo Imperial, province of Cañete?. It was possible to formulate a general hypothesis and specific hypotheses, indicating that the installation of a photovoltaic system is the technically and economically profitable option which manages to efficiently energize the equipment that would make up a hydroponic mesh house implemented in the Nuevo Imperial district, province of Cañete.

Keys words: House hydroponic mesh, renewable resources, photovoltaic system, energize, Cañete.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
LISTA DE FÍGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II:DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	3
2.1. Formulación del problema	5
2.1.1. Problema general.....	5
2.1.2. Problema específico	5
2.2. Objetivos	5
2.2.1. Objetivo general	5
2.2.2. Objetivos específicos	5
2.3. Importancia y alcance de la investigación	6
2.3.1. Justificación metodológica.....	6
2.3.2. Justificación práctica.....	7
2.3.3. Justificación teórica.....	7
2.3.4. Justificación social	7
2.4. Limitaciones de la investigación.....	8
2.4.1. Delimitación Temporal	8
2.4.2. Delimitación espacial	8
2.4.3. Delimitación teórica	9
2.5. Antecedentes	9
2.5.1. Antecedentes internacionales	9
2.5.2. Antecedentes nacionales	10

CAPÍTULO III: MARCO TEORÍCO	12
3.1. Energía	12
3.1.1. Fuentes de recursos no renovables	12
3.1.2. Fuentes de recursos renovables	13
3.2. Biomasa.....	15
3.3. Energía eólica.....	16
3.3.1. Partes de un aerogenerador	17
3.3.2. Tipos de aerogeneradores.....	17
3.4. Energía solar.....	19
3.4.1. Posición solar	19
3.4.2. Carta solar	21
3.4.3. Radiación solar	22
3.4.4. Irradiancia	22
3.5. Sistema fotovoltaico.....	24
3.5.1. Componentes de un sistema fotovoltaico.....	25
3.5.2. Tipos de sistema fotovoltaico	30
3.6. Casa malla hidropónica	33
3.6.1. Casa malla	33
3.6.2. Cultivo hidropónico	33
3.7. Definición de términos.....	35
CAPÍTULO IV: HIPÓTESIS Y VARIABLES	36
4.1. Hipótesis general.....	36
4.2. Hipótesis específicas	36
4.3. Variables	36
4.3.1. Variable independiente.....	36
4.3.2. Variable dependiente.....	37
4.3.3. Operacionalización de variables	37
CAPÍTULO V:	
EVALUACIÓN Y PROPUESTA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	38
5.1. Área de estudio.....	38
5.2. Cálculo de irradiación	39

5.2.1.	Meteonorm	39
5.2.2.	Power single point.....	43
5.3.	Cálculo de la energía consumida.....	48
5.3.1.	Análisis de la carga	50
5.3.2.	Selección del nivel de tensión	50
5.3.3.	Selección del panel solar.....	51
5.3.4.	Determinación del ángulo óptimo de inclinación	54
5.3.5.	Número de paneles.....	55
5.3.6.	Distancia entre paneles solares.....	57
5.3.7.	Área de trabajo	57
5.3.8.	Dimensionamiento del inversor	58
5.3.9.	Selección de baterías	62
5.3.10.	Selección de los conductores	64
5.3.11.	Selección de equipos de protección	67
5.3.12.	Sistema de aterramiento	68
5.4.	Análisis de producción de energía	68
5.5.	Presupuesto	69
5.6.	Análisis de rentabilidad.....	70
5.6.1.	Análisis eléctrico.....	70
5.6.2.	Flujo de caja anual	72
5.6.3.	VAN (Valor Actual Neto).....	73
5.6.4.	TIR (Tasa de Interés de Retorno).....	74
5.6.5.	Payback	75
5.7.	Evaluación mediante simulación.....	76
5.8.	Análisis de un suministro a distancia	80
CAPÍTULO VI:CONCLUSIONES		83
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES		84
CAPÍTULO VIII: BIBLIOGRAFÍA.....		85
CAPÍTULO IX: ANEXOS		90
Anexo A: Reporte de simulación obtenida de PVsyst		90
Anexo B: Diagrama de pérdidas de la simulación obtenida de PVsyst		95

Anexo C: Fotografías obtenidas de la visita a campo	96
Anexo D: Proyección de la demanda de los equipos de la casa malla.....	98
Anexo E: Criterios para la selección del panel solar para la casa malla	99
Anexo F: Criterios para la selección de baterías e inversor para la casa malla ...	100

LISTA DE FÍGURAS

Figura 1 Población censada en el 2018 en la región Lima.....	8
Figura 2 Efecto del nivel de sombreo con relación a la calidad del cultivo.....	10
Figura 3 Potencia efectiva por tipo de generación	13
Figura 4 Upward revisions to renewable capacity expansion forecasts from Renewables 2021 to Renewables 2022	14
Figura 5 Gráfica de generación solar	15
Figura 6 Central termoeléctrica de biomasa del Callao	16
Figura 7 Partes de un aerogenerador	16
Figura 8 Tipos de diámetro de rotores	18
Figura 9 Tipos de aerogeneradores	18
Figura 10 Tipos de aerogeneradores verticales	19
Figura 11 Movimiento de rotación.....	20
Figura 12 Movimiento de translación	21
Figura 13 Componentes de la carta solar	21
Figura 14 Tipos de radiación.....	22
Figura 15 Irradiación normal directa en el Perú.....	23
Figura 16 Irradiación global horizontal en el Perú	24
Figura 17 Principio de la energía fotovoltaicos	25
Figura 18 Estructuras de las células fotovoltaicas	25
Figura 19 Comportamiento de una célula solar en presencia de irradiación	26
Figura 20 Módulo fotovoltaico de 50W-12V.....	26
Figura 21 Sistema de un inversor.....	27
Figura 22 Inclinação de los módulos fotovoltaicos	28
Figura 23 Cable unifilar 16 mm ² SOLAR PV ZZ-F rojo.....	29
Figura 24 Sistema de batería	29
Figura 25 Sistema fotovoltaico conectado a red	31
Figura 26 Sistema fotovoltaico aislado	32
Figura 27 Sistema conectado a red con baterías	33

Figura 28 Ubicación del proyecto	38
Figura 29 Datos de latitud y longitud en PVsyst.....	39
Figura 30 Datos geográficos de la ubicación seleccionada.....	40
Figura 31 Datos de coordenadas geográficas en PVsyst.....	40
Figura 32 Importación de base de datos de irradiación en PVsyst.	41
Figura 33 Datos de meteo mensual por meteonorm.....	41
Figura 34 Datos proporcionados por meteonorm.....	42
Figura 35 Valores de irradiación horizontal global.....	43
Figura 36 Power Single Point.	44
Figura 37 Estimación de los valores de latitud y longitud.	44
Figura 38 Obtención de datos de irradiación.	45
Figura 39 Obtención de datos meteorológicos.....	46
Figura 40 Datos de irradiación por latitud establecida.....	47
Figura 41 Comparación de valores de irradiación.	48
Figura 42 Perfil de consumo de las cargas de la casa malla hidropónica.	50
Figura 43 Características mecánicas de la marca JA SOLAR	52
Figura 44 Características mecánicas de la marca LOGI SOLAR.	53
Figura 45 Características eléctricas de la marca LOGI SOLAR.....	53
Figura 46 Características eléctricas en STC de la marca JA SOLAR.....	54
Figura 47 Características del inversor-cargador.	59
Figura 48 Nivel de descarga de la batería Tensite.	63
Figura 49 Nivel mensual de irradiación	76
Figura 50 Orientación del panel solar.	77
Figura 51 Perfil de consumo diario.....	78
Figura 52 Energía entregada vs energía requerida.	78
Figura 53 Balance de energía de la simulación.....	79
Figura 54 Poste N°101919374	80

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	37
Tabla 2 Datos de irradiación horizontal global de meteonorm	42
Tabla 3 Datos de la NASA.....	46
Tabla 4 Cuadro de carga de la casa malla hidropónica.....	49
Tabla 5 Consumo de energía de la casa malla hidropónica.	49
Tabla 6 Criterio del nivel de tensión.....	51
Tabla 7 Tipos de paneles solares.....	52
Tabla 8 Número total de paneles solares por marca.	55
Tabla 9 Característica del panel solar seleccionado.....	60
Tabla 10 Comparación entre los tipos de baterías	62
Tabla 11 Tipos de baterías versus costo de inversión	63
Tabla 12 Presupuesto del sistema fotovoltaico.	69
Tabla 13 Datos del suministro eléctrico del cliente.	70
Tabla 14 Costo de energía del pliego tarifario final de Osinergmin.....	71
Tabla 15 Costo de energía del pliego tarifario final de Osinergmin.....	71
Tabla 16 Valor promedio del incremento del costo de energía	72
Tabla 17 Análisis del flujo de caja.....	72
Tabla 18 Valor del VAN del proyecto.	74
Tabla 19 Valor del TIR del proyecto.	75
Tabla 20 Valor del PRI del proyecto.....	76
Tabla 21 Presupuesto de un suministro a distancia subterráneo.....	81
Tabla 22 Análisis del flujo de egresos anuales	82

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En las recientes investigaciones, 16.6 millones de personas a nivel nacional contabilizadas hasta el 2021 sufren de inseguridad alimentaria severa o moderada según (FAO; FIDA; OMS; PMA; UNICEF, 2022, pág. 183), de modo que tener una dieta saludable en todo el territorio nacional no es posible y se ve perjudicada por la tendencia del incremento de los precios de los alimentos.

Del mismo modo, la agricultura es una actividad económica practicada en zonas rurales y urbanas; sin embargo, el sector agropecuario cayó a enero del 2024 en un 2.8% debido a condiciones climáticas como el fenómeno del Niño y una disminución en algunos cultivos (BCRP, 2024).

En este sentido, es necesario tener unas condiciones climatológicas particulares para una mejor producción de cultivos que pueden ser generados de forma artificial en invernaderos o casa mallas agrícolas. No obstante, al ser espacios limitados conlleva utilizar nuevas técnicas de agricultura, como tal es el caso de la técnica de la hidroponía, en la cual se tiene un gran rendimiento de producción y no se utiliza grandes extensiones de terreno.

Considerando lo anterior, la provincia de Cañete una zona donde la agricultura es una actividad económica entre su población debido a que tiene suelos ricos en nutrientes y presentar condiciones climatológicas adecuadas para el desarrollo de la actividad.

Así mismo, al presentar zonas en donde el suministro eléctrico no tiene mucha presencia debido a su condición geográfica, lo cual ocasionan que las personas soliciten suministros a distancia o tengan que modificar parte de la infraestructura de su terreno para cumplir los requisitos técnicos solicitados por la distribuidora eléctrica las cuales suelen presentar costos relativamente elevados de inversión.

Por lo tanto, el proyecto de tesis que lleva de título: “Evaluación y propuesta de un sistema fotovoltaico para una casa malla hidropónica en Caltopilla-Cañete”

busca evaluar y proponer un diseño de sistema fotovoltaico capaz de suministrar de energía a las cargas esenciales que forman parte de una casa malla hidropónica en la provincia de Cañete.

CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

A nivel mundial, el hambre, la inseguridad alimentaria y la malnutrición son problemáticas que afecta a múltiples países de la región que se han ido incrementando por las grandes desigualdades sociales, falta de liderazgo e iniciativas de políticas alimentarias y sistemas agroalimentarios frágiles.

En el Perú, esta problemática, según (FAO; FIDA; OMS; PMA; UNICEF, 2022, pág. 183) , entre los años 2019 y 2021, 6.8 millones de personas presentan una inseguridad alimentaria grave ,2.7 millones de personas presentan desnutrición y 1.8 millones de mujeres en el año 2019 entre los 18 y 49 años presentan anemia. De ahí que la (FAO, 2022) en su publicación considera al Perú, el país con la mayor inseguridad alimentaria en Sudamérica por tener los índices de anemia, sobrepeso y obesidad en alza.

Por este motivo, es necesario buscar mecanismos eficientes que nos permitan mejorar la producción de alimentos con el objetivo que la población tenga una dieta saludable y uno de ellos son los cultivos hidropónicos que de acuerdo con (Beltrano & O. Gimenez, 2015), permite cultivar las plantas fuera del suelo en estructuras sencillas; sumado a ello presentan beneficios tales como : El doble de eficientes que los cultivos agrícolas tradicionales, permitiendo abarcar menos áreas agrícolas(pueden desarrollarse en invernaderos y/o casa malla), utiliza menos cantidad de agua el cual es hasta un 90% según (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018) de México y permite tener una agricultura automatizada.

No obstante, los cultivos hidropónicos para ser más eficientes requieren de condiciones climatológicas específicas que pueden ser generadas de forma artificial en una casa malla o invernadero agrícola. Y constituyendo Cañete, una provincia atractiva para el desarrollo de este tipo de cultivos por presentar temperaturas promedio 19.7 °C , un clima que puede ser categorizada como subtropical por (INDECI y UNICA, 2002, pág. 20) y un índice de electrificación del 83.7% según (Instituto Nacional de Estadística e

Informática, 2022, pág. 27), se considera un punto óptimo para fomentar este tipo de agricultura.

Sin embargo; en el distrito de Nuevo Imperial de la provincia de Cañete; donde se proyecta la instalación de la casa malla hidropónica como una fuente de autoconsumo y comercialización de los productos que se cultiven, no se evidencia redes de baja tensión proyectadas frente al predio y eso se debe a no se tiene una correcta habilitación municipal y a la falta de requerimientos de nuevos suministros en esa ubicación, ocasionando que no se fomente una expansión de las redes de distribución de baja tensión ya sea mediante redes de distribución subterránea o aéreas y alumbrado público.

Adicional a ello, al momento de solicitar un suministro en fachada conllevaría en la construcción de un muro de contención cuyo costo de inversión superaría los 16 000 dólares debido a la existencia de un desnivel de 8m; por lo cual, conlleva que se busquen otras alternativas de suministro eléctrico como es el caso de la energía solar o solicitar un suministro a distancia cercano al Poste N°101919374 el cual se encuentra a unos 50 metros del predio, cuya proyección del tendido de la red particular tendría que respetar el derecho de vía de la las carreteras San Vicente de Cañete – Imperial e Imperial – Lunahuana - Zuñiga establecida por la Resolución Ministerial N°766-2005-MTC/02 del 2005.

Por lo tanto, se refleja que el tema central en este proyecto de tesis es evaluar y proponer una alternativa que permita abastecer de energía eléctrica a los equipos que conforman una casa malla hidropónica en el centro poblado Caltopilla, provincia de Cañete de forma eficiente ante la ausencia de redes eléctricas de baja tensión frente al predio y un elevado costo de inversión que resultaría la ejecución de un muro de contención para la solicitud de un suministro eléctrico en fachada logrando que sea un proyecto técnico y económicamente rentable.

Se espera que la solución propuesta pueda ser empleada como una alternativa de suministro de energía eléctrica en zonas rurales o de preferente interés social que no cuente con un suministro convencional.

2.1. Formulación del problema

2.1.1. Problema general

¿De qué manera se logrará evaluar una propuesta de un sistema fotovoltaico que permita dotar de energía eléctrica a los equipos de una casa malla hidropónica de forma eficiente ubicado en el distrito de Nuevo Imperial, provincia de Cañete, departamento de Lima?

2.1.2. Problema específico

¿Cuáles son los criterios que permitan evaluar una propuesta de un sistema fotovoltaico que permita energizar a los equipos que se instalarán en la casa malla hidropónica en el distrito de Nuevo Imperial, provincia de Cañete?

¿Cuál es la demanda de energía eléctrica de los equipos esenciales de una casa malla hidropónica ubicado en el distrito Nuevo Imperial, provincia de Cañete?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo general

Evaluar una propuesta de un sistema fotovoltaico que permita dotar de energía eléctrica a los equipos de una casa malla hidropónica de forma eficiente ubicado en el distrito de Nuevo Imperial, provincia de Cañete, departamento de Lima.

2.2.2. Objetivos específicos

Proponer criterios que permitan evaluar una propuesta de un sistema fotovoltaico que permita energizar a los equipos que se instalarán en la casa malla hidropónica en el distrito de Nuevo Imperial, provincia de Cañete.

Determinar la demanda de energía eléctrica de los equipos esenciales de una casa malla hidropónica ubicado en el distrito Nuevo Imperial, provincia de Cañete.

2.3. Importancia y alcance de la investigación

El proyecto se justifica en la necesidad de crear una alternativa de solución ante la problemática de un alto costo de inversión que representa la construcción de un muro de contención para que se pueda solicitar un suministro en fachada.

Como también impulsar una idea de negocio como es la agricultura hidropónica y a la vez, de forma indirecta brindar una alternativa de solución ante la problemática de la inseguridad alimentaria que atraviesan múltiples provincias.

Mediante lo antes mencionado, se dispondrá a realizar dicha propuesta que contemplará parámetros técnicos propios de diseños de proyectos similares a este y normas nacionales e internacionales lo cual servirá como fuente de guía para tener un mejor entendimiento del estudio.

2.3.1. Justificación metodológica

Mediante la recopilación de artículos de investigación, libros especializados y proyectos de investigación ligados a sistema de generación eléctrica renovable aplicados a casa mallas hidropónicas, he logrado evidenciar que no hay suficiente información ligada a este tema aplicativo.

Por tal motivo, desarrollar este proyecto de tesis permitirá a los alumnos de pregrado nuestra prestigiosa facultad, grupos de investigación y compañeros de distintas profesiones tener una noción técnica-teórica de cómo funciona un sistema de generación eléctrica renovable aplicado de una casa malla hidropónica.

2.3.2. Justificación práctica

La presente investigación tiene el objetivo dar a conocer un procedimiento técnico para el desarrollo de un sistema fotovoltaico que permita hacer uso de forma eficiente de la energía eléctrica.

Del mismo modo, un análisis de rentabilidad de la su implementación de dicha tecnología con el fin de que la población de Cañete determine si es necesario su instalación.

2.3.3. Justificación teórica

Este proyecto de tesis tiene el objetivo principal de incentivar una cultura sostenible, aportando conocimientos sobre una nueva técnica de agricultura que es la hidropónica, los beneficios de la generación eléctrica mediante recursos renovables y los criterios fundamentales para evaluar un sistema de generación eléctrica renovable en zonas alejadas sin presencia de redes de baja tensión en la provincia de Cañete-Lima

2.3.4. Justificación social

(Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018, pág. 24) menciona que, en el censo del 2017, la población de Cañete es de 240 013 personas, la cual se considera como la cuarta parte de la población de la región de Lima (26.4%).

Según (Soto Sulca, Muñoz Rojas, & Cáceres Quispe, 2021) gran parte de la población de Cañete se dedica a la agricultura.

Por este motivo, este proyecto de tesis permitirá a los pobladores de Cañete conocer una nueva técnica agrícola como es el cultivo hidropónico, lo cual fomentará una nueva forma de negocio, la implementación de equipamiento que automatice su producción siendo la tecnología base fundamental en la adquisición de conocimiento.

*Figura 1**Población censada en el 2018 en la región Lima*

Provincia	2007		2017		Variación intercensal 2007-2017		Tasa de crecimiento promedio anual
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	
Total	839 469	100,0	910 431	100,0	70 962	8,5	0,8
Barranca	133 904	16,0	144 381	15,9	10 477	7,8	0,8
Cajatambo	8 358	1,0	6 559	0,7	- 1 799	-21,5	-2,4
Canta	13 513	1,6	11 548	1,3	- 1 965	-14,5	-1,6
Cañete	200 662	23,8	240 013	26,4	39 351	19,6	1,8
Huara	164 660	19,6	183 898	20,2	19 238	11,7	1,1
Huarocharí	72 845	8,7	58 145	6,4	- 14 700	-20,2	-2,2
Huaura	197 384	23,5	227 685	25,0	30 301	15,4	1,4
Oyón	20 642	2,5	17 739	1,9	- 2 903	-14,1	-1,5
Yauyos	27 501	3,3	20 463	2,2	- 7 038	-25,6	-2,9

Nota. Adaptado de Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018, p.24).

Brindando procedimientos de cómo desarrollar una evaluación técnica y económica de proyectos eléctricos en zonas rurales que no presentan redes de baja tensión cercanas.

2.4. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones de la presente investigación están enmarcadas dentro del alcance de la presente tesis expresadas en:

2.4.1. Delimitación Temporal

La presente investigación se realizará en el periodo del 2023-2024.

2.4.2. Delimitación espacial

La presente investigación se enmarca en una solución técnica aplicable a las condiciones climatológicas de la provincia de Cañete, distrito de Nuevo Imperial para pequeños agricultores que requieren mejorar sus actuales sistemas de cultivos por sistemas más eficientes.

2.4.3. Delimitación teórica

La presente investigación se basa en el análisis de sistema de generación eléctrica renovable aplicado a una casa malla hidropónica donde se generará energía eléctrica mediante la energía solar con el fin de cubrir la demanda de los equipos que forman parte de la casa malla.

2.5. Antecedentes

2.5.1. Antecedentes internacionales

Según (Díaz, 2021), en su tesis “Evaluación del Potencial de los Invernaderos Hortícolas en el Área de Almería para la Compatibilización de la Producción Agrícola con la producción de energía fotovoltaica” menciona la utilización de un sistema fotovoltaico para la producción de energías que permite el autoconsumo de los diferentes equipos que se emplean para monitorear el rendimiento de los cultivos en el área de Almería.

Su estudio de tesis da a conocer una evaluación de los efectos que produce la instalación de módulos fotovoltaicos en los techos de invernaderos debido a las sombras que producen, lo cual merma la calidad de los frutos de los cultivos.

(Díaz, 2021) alude que, a mayores niveles de sombra, los cultivos disminuyen su calidad y eso se puede apreciar al visualizar los niveles de croma que se presentan en la Figura 2, mientras mayor sea el porcentaje de sombra los frutos tienden a ser más claros.

Figura 2

Efecto del nivel de sombreo con relación a la calidad del cultivo

	PMF (g)	Croma	Firmeza (N)	SST (°Brix)	pH
% Sombra					
0%	101.6	30.15a	4.3c	4.49a	4.40
15%	97.0	27.92b	4.5bc	4.60a	4.38
30%	95.6	27.43c	4.7ab	4.43b	4.40
50%	94.9	27.40c	4.8a	4.40b	4.45
Significación	n.s.	***	***	***	n.s.

Nota. Adaptado de Guadalupe López Díaz (2021).

(Pérez Pradel & Romero Molotla, 2019) en su tesis “Construcción y Automatización Remota de un Invernadero Hidropónico Tipo N.F.T” alude que existe diversos parámetros que se tienen que controlar para tener como resultado cultivos en óptimas condiciones tales como control de la temperatura del medio y del sustrato, nivel de pH. Por lo cual, se deben de implementar mecanismos de accionamiento que permitan brindar las condiciones ambientales necesarias para un crecimiento de cultivos en buen estado. Entre los cuales, los autores mencionan los equipos de ventilación, bomba para el sustrato y sistema de calefacción.

2.5.2. Antecedentes nacionales

(Vargas, 2008) en su tesis “Diseño de un Sistema de Control de Temperatura OB/OFF para Aplicaciones en Invernadero Utilizando Energía Solar y Gas Natural” alude que la implementación de un sistema de control de temperatura en un invernadero evita que se genere enfermedades criptogámicas en los cultivos, los cuales son ocasionados por las gotas de agua que se forman en el interior del invernadero a causa de una elevada humedad. A la vez, nos permite tener un ambiente ventilado en el cual el CO₂ se distribuye de forma homogénea con el cual los cultivos no se ven afectados en su crecimiento.

Con relación a la utilización de la energía solar, (Vargas, 2008) establece la selección de la cantidad de los paneles solares es en base a la potencia máxima requerida, en la cual utiliza la siguiente formula:

$$Ar = \frac{1200 \times Ed}{Id}$$

Donde:

Ar: Potencia del panel solar [Wp]

Ed: Demanda eléctrica [kWh/día]

Id: Irradiación [kWh/m²/día]

Según (Tijero, 2022) alega en su tesis “Mejoramiento de la eficiencia energética con sistema On-Grid de paneles solares para una empresa textil en Villa El Salvador-Lima” que la implementación de un sistema fotovoltaico permite una reducción sustancial de los niveles de costo de energía a las empresas o personas naturales, así mismo permite dar confiabilidad ante cortes de energía.

Asimismo, indica que para determinar si un proyecto es económicamente rentable se ha de calcular el VAN y TIR para conocer cuánto tiempo se recuperara la inversión del proyecto.

CAPÍTULO III: MARCO TEORÍCO

3.1. Energía

Según (Velasco, 2009, pág. 6), define que energía es la capacidad de un cuerpo al efectuar un trabajo, llevando a este de un estado inicial a otro distinto. Además, este fenómeno físico puede manifestarse en distintas formas, tales como:

- Energía cinética
- Energía potencial
- Energía térmica
- Energía eléctrica
- Energía química
- Energía luminosa, etc.

Y proviene de diversas fuentes primarias encontradas en la naturaleza, las cuales podemos mencionar 2 tipos:

3.1.1. Fuentes de recursos no renovables

Son recursos encontradas en la naturaleza tales como el carbón, petróleo, gas natural, los cuales tienen la característica de encontrarse en capacidad limitada, regeneración lenta y ser fuentes de contaminación debido a que emiten gases de efecto invernadero; sin embargo, son lo más utilizados en la actualidad tales como en medios de transporte y generación eléctrica.

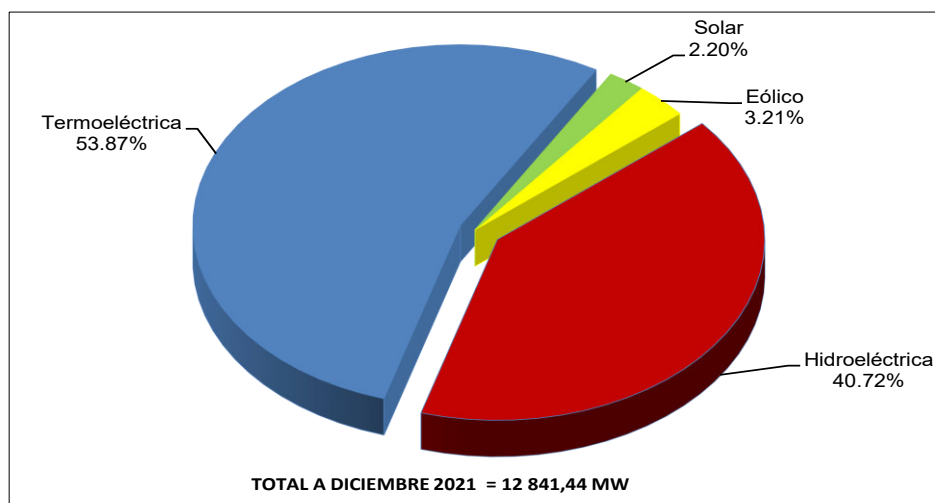
Según (Front, 2020, pág. 1) indica que la energía generada por fuente no renovables presenta las siguientes características:

- Son fuentes de generación ininterrumpidas a diferencia de la intermitencia de las generadas por fuentes renovables.
- Son tecnologías que el hombre ha utilizados desde varios años.
- Brindan confiabilidad energética.

A nivel nacional, el COES en las estadísticas anuales presentada en el año 2021, proporciona el siguiente gráfico.

Figura 3

Potencia efectiva por tipo de generación



Nota. Adaptado de Dirección Ejecutiva-Sub-Dirección de Gestión de la Información-COES (2021).

De la Figura 3, se aprecia que la potencia efectiva para la generación de energía en el Perú es producida 53.87 % de recursos no renovables (centrales térmicas) mientras que el 46.13 % de recurso renovables.

3.1.2. Fuentes de recursos renovables

Son recursos encontrados en la naturaleza tales como el viento, la radiación solar, etc. En la actualidad están siendo empleados en la generación electricidad, en la movilidad(electromovilidad), en el auto consumo y en múltiples actividades

industriales y agrícolas. Y esto es debido a la existencia de políticas ambientales que tienen como objetivo la reducción de los gases de efecto invernadero.

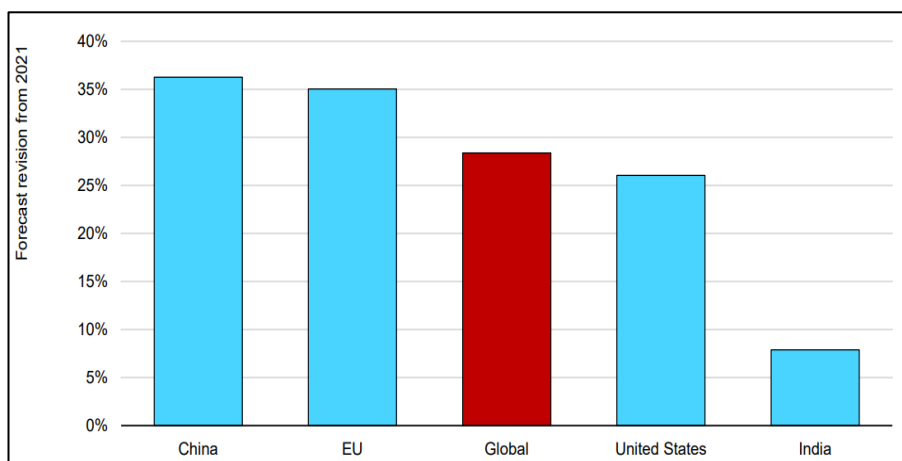
Según (Front, 2020, pág. 1) indica que la energía generada por fuente no renovables presenta las siguientes características:

- Son de uso ilimitados y gratuito.
- Presenta costos competitivos debido a los costos de la tecnología presentan una tendencia a la merma, etc.

(IEA, 2022, pág. 17) indica que el crecimiento del uso de energías renovables se debe a dos factores, el primero a la crisis energética ocasionada por los altos costos del combustible y desde el punto de vista económico son más atractivas; mientras que el segundo es debido a la seguridad energética que se basa en la dependencia de países a las exportaciones de combustible utilizados para generación de electricidad.

Figura 4

Upward revisions to renewable capacity expansion forecasts from Renewables 2021 to Renewables 2022



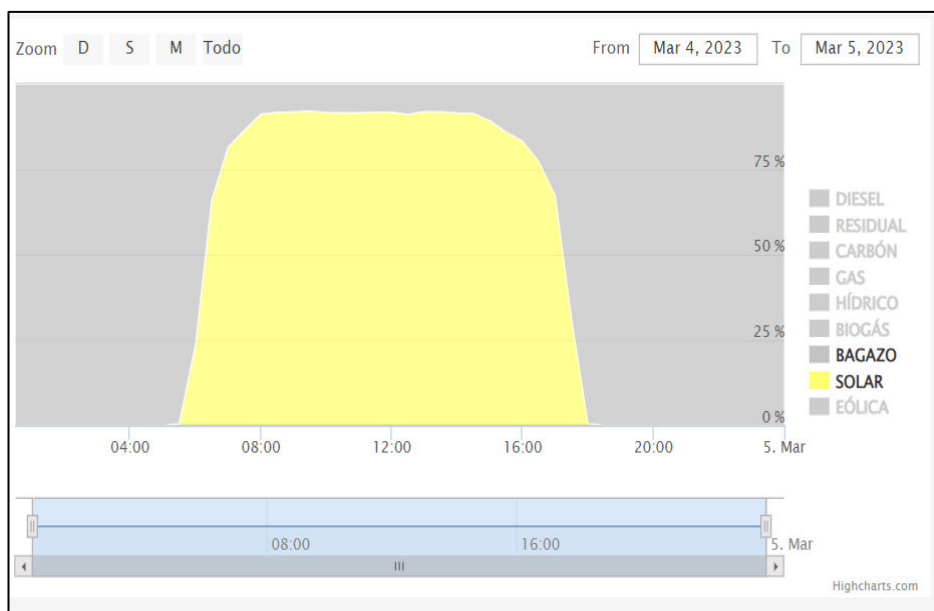
Nota. Adaptado de International Energy Agency (2022, p.17)

Sin embargo, (Carabias, 2020) alega que uno de problemas de la energía renovables como la solar y eólica es la no adaptabilidad de la generación con la demanda y que

una solución a la problemática es la implementación de baterías como fuente de almacenamiento.

Figura 5

Gráfica de generación solar



Nota. Adaptado de COES (2023).

Como se aprecia en la figura 5, la generación de energía en el Perú presenta un comportamiento intermitente y se requiere una gestión correcta de ella tal como menciona (Carabias, 2020)

3.2. Biomasa

Es la energía que se genera mediante la combustión de materia orgánica la cual permite calentar calderas y utilizar el vapor de estas para accionar los generadores eléctricos. (Endesa, 2022)

En el Perú, entre algunas centrales de biomasa se encuentran:

Central termoeléctrica de biomasa del Callao.

Central termoeléctrica de biomasa de Parapongo.

Figura 6

Central termoeléctrica de biomasa del Callao



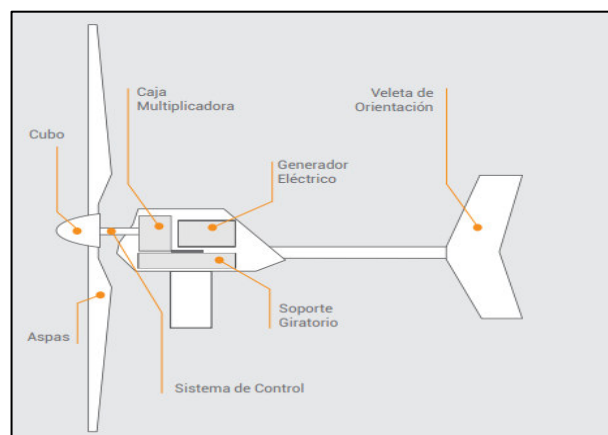
Nota. Adaptado de República (2021). Recuperado de: <https://larepublica.pe/sociedad/2021/06/03/relleno-sanitario-del-callao-transforma-residuos-solidos-en-energia-electrica>

3.3. Energía eólica

Es la energía que se genera debido a la fuerza de los vientos, los cuales mueven las palas de los aerogeneradores y generan energía mecánica que luego es transformada a eléctrica. (Endesa Energía , 2021)

Figura 7

Partes de un aerogenerador



Nota. Adaptado de Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (2013, p.8).

3.3.1. Partes de un aerogenerador

Entre los elementos que conforman un aerogenerador, se encuentran:

Generador: Es un equipo que transforma la energía mecánica proveniente del rotor en energía cinética, esta puede ser un generador asíncrono entre los cuales tenemos una jaula de ardilla, imanes permanentes o jaula de ardilla.

Rotor: Es el encargado de transformar la energía cinética del viento en energía mecánica, mediante el movimiento de del eje. Este movimiento es producido por el movimiento de las aspas al eje.

Caja Multiplicadora: Es el equipo encargado de incrementar las revoluciones por minutos del rotor, debido a que presenta movimientos lentos y este permite que se asemeje a la velocidad que requiere el generador.

En caso de no requerirse, se tendría que utilizar un generador con una mayor cantidad de polos.

Sistema de Orientación: Permite corregir la dirección del rotor debido al desfaseamiento entre la velocidad del viento y del aerogenerador.

Soporte giratorio: Es un eje de soporte hueco que permite el movimiento alrededor del eje de la torre. Dentro de ella se transporta los cables que provienen del generador hasta el tablero generador.

Sistema de Regulación mecánica: Es un equipo que permite limitar las fuerzas dinámicas producida por un incremento en la velocidad del viento.

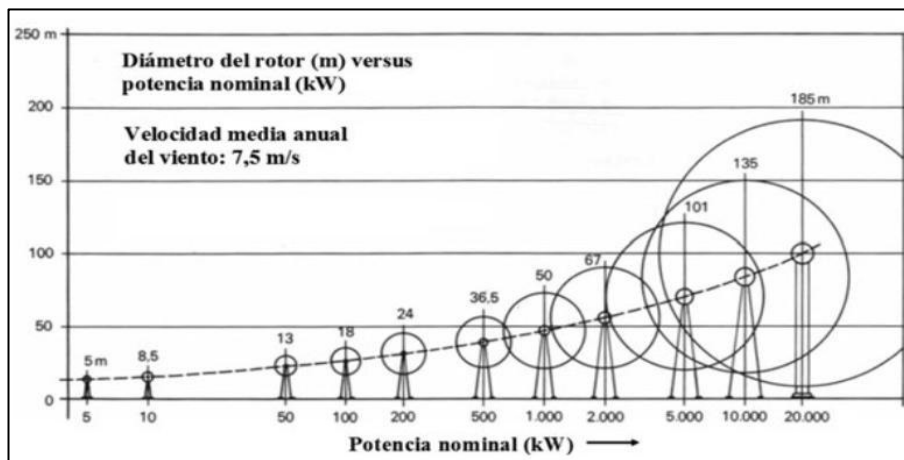
3.3.2. Tipos de aerogeneradores

– Aerogeneradores de eje horizontal

Son aerogeneradores cuya disposición de las palas se encuentran de forma paralelas al viento y son los más usados en la producción de energía eléctrica, debido a que aprovechan el incremento de los vientos por su altitud.

Figura 8

Tipos de diámetro de rotores



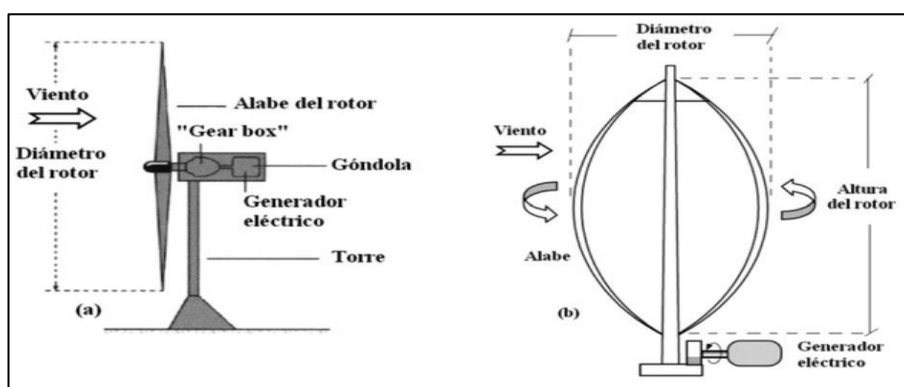
Nota. Adaptado de Miguel Villarrubia López (2013, p. 135).

– Aerogenerador de eje vertical

Son aerogeneradores cuya disposición de las palas se encuentran de forma vertical al viento, su forma característica les permite no poseer sistema de orientación.

Figura 9

Tipos de aerogeneradores



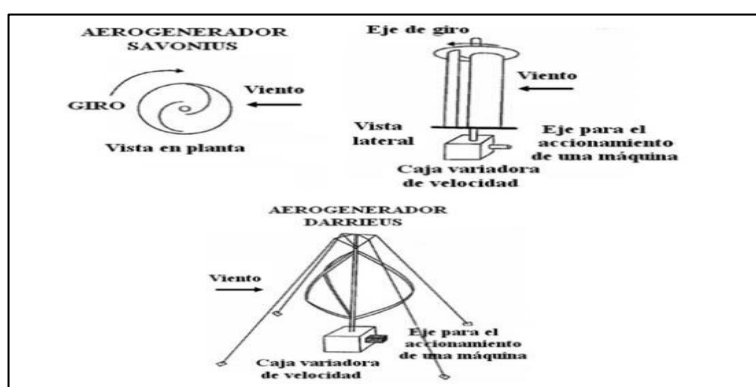
Nota. Adaptado de Miguel Villarrubia López (2013, p.132).

Entre los tipos de aerogeneradores de eje vertical tenemos:

- Aerogeneradores Savonius: Presentan superficie en forma de semicilindros son utilizados en sistemas de bombas de agua y sistemas de baja potencia. Son conocidos por rotor de arrastre diferencial. (López, 2013, pág. 136)
- Aerogenerador Darries: Presentan una forma similar a los de eje horizontal, pero poseen palas ovaladas de perfil aerodinámico. (López, 2013, pág. 136)

Figura 10

Tipos de aerogeneradores verticales



Nota. Adaptado de Miguel Villarrubia López (2013, p.136).

3.4. Energía solar

Según (Alarcón, 2020, págs. 7-9), la energía proveniente del sol es generada en su núcleo por medio de fusión de isótopos de hidrógenos y es transportada por medio de una onda electromagnética llamada radiación (fotones) hacia cualquier parte del sistema solar. Esta onda pasa por múltiples capas que conforman al sol hasta llegar a su zona superficial.

3.4.1. Posición solar

(García, 2021) alega que existe una relación geométrica entre la tierra y el sol la cual influye en la cantidad de radiación que llega a la tierra y en diversos factores estacionales.

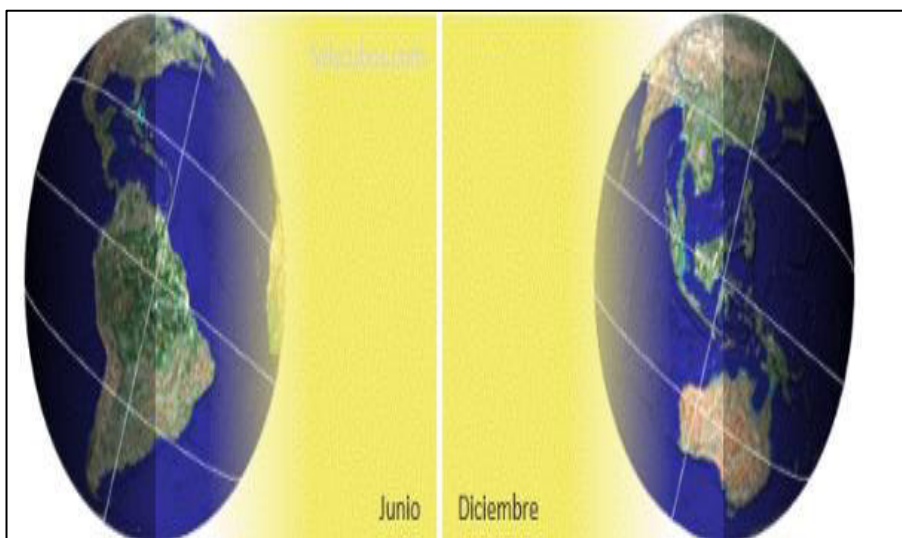
Entre los movimientos terrestres que hace mención tenemos a dos:

– **Movimiento de rotación**

Es el movimiento que realiza la tierra sobre su propio eje que presenta una dura aproximada de 24 horas.

Figura 11

Movimiento de rotación



Nota. Adaptado de Arturo Ordoñez García (2021). Recuperado de:
<https://www.seiscubos.com/conocimiento/aspectos-geometricos>

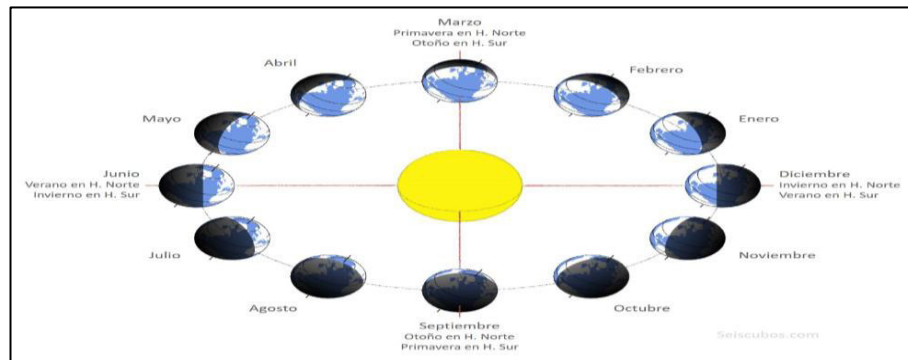
– **Movimiento de translación**

Es el movimiento elíptico que realiza la tierra alrededor del sol el cual presenta una duración aproximada de 365 días, dicha trayectoria realizada es la encargada de indicar las estaciones del año las cuales dependiendo del hemisferio que se encuentra los países serán diferentes.

Debido a la trayectoria elíptica la distancia entre el Sol y la Tierra presenta dos distancias en donde una parte del hemisferio norte recibe una mayor cantidad de radiación solar en periodos determinados y el hemisferio sur menos y viceversa. (García, 2021)

Figura 12

Movimiento de translación



Nota. Adaptado de Arturo Ordoñez García (2021). Recuperado de: <https://www.seiscubos.com/conocimiento/aspectos-geometricos>

3.4.2. Carta solar

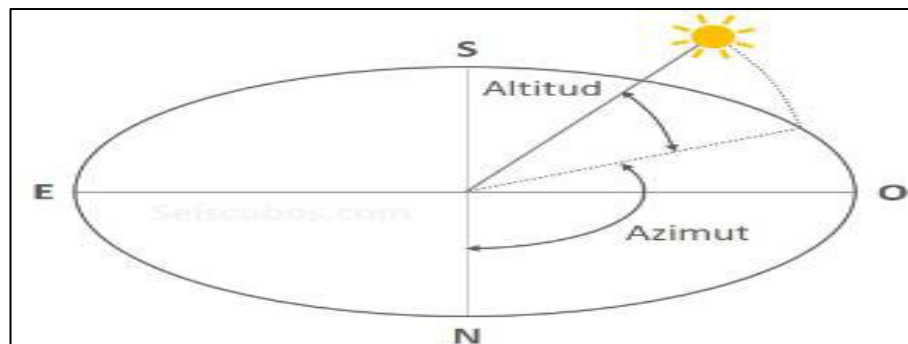
Son representaciones gráficas que nos permite identificar la posición del sol en base a la latitud, hora solar y la declinación. (Duffie & Beckman, 2013, pág. 42)

Aludiendo que presentan dos componentes básicos:

- Altitud solar.
- Azimut solar.

Figura 13

Componentes de la carta solar



Nota. Adaptado de Arturo Ordoñez García (2021). Recuperado de: <https://www.seiscubos.com/conocimiento/graficas-de-recorridos-solares>

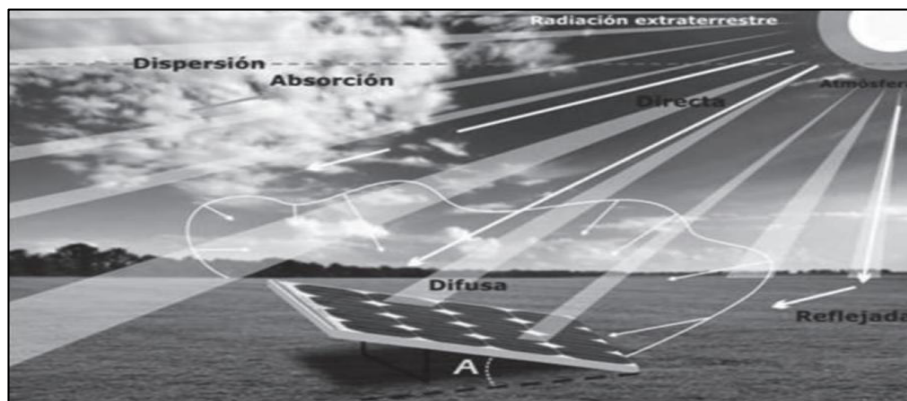
3.4.3. Radiación solar

Según (Aparicio, 2010, pág. 14), es la energía distribuida producida por la fusión en el sol y se distinguen en 3 tipos:

- Radiación directa
- Radiación difusa
- Radiación reflejada

Figura 14

Tipos de radiación



Nota. Adaptado de Miguel Pareja Aparicio (2010, p.15).

3.4.4. Irradiancia

Es la magnitud de potencia que incide sobre la superficie terrestre de la radiación electromagnética emitida por el sol. Su valor se expresa en W/m^2 . (Yahyaoui, 2018, pág. 32)

(Sampath Kumar, Mert Yagli, Kashyap, & Srinivasan, 2020) indican que la irradiancia está conformada por dos componentes, los cuales son:

- **Irradiancia horizontal directa**

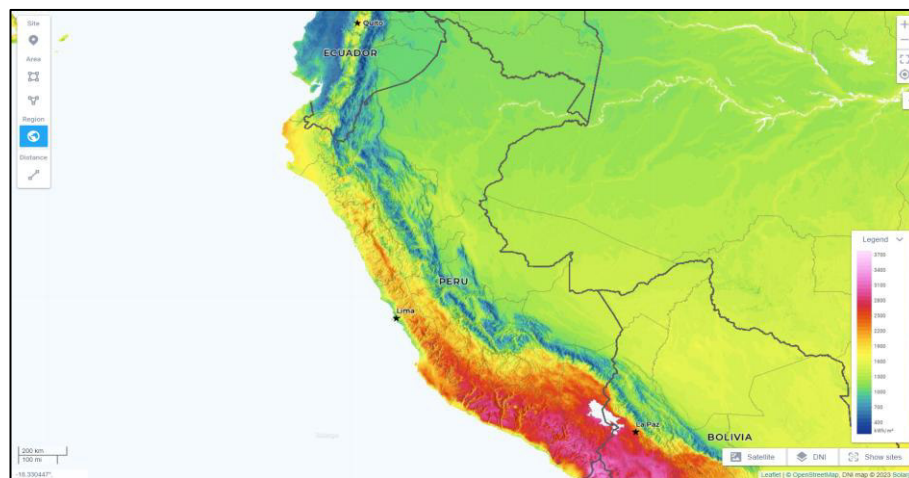
Consiste en la radiación que cae de forma omnidireccional debido a las partículas atmosféricas.

– **Irradiancia normal directa**

Consiste en la radiación que cae de forma perpendicular a la superficie terrestre, la cual presenta una trayectoria lineal.

Figura 15

Irradiación normal directa en el Perú



Nota. Adaptado de World Bank Group,ESMAP y SOLARGRIS (2023).Recuperado de: <https://globalsolaratlas.info/map?c=-10.082098,-69.064457,5&r=PER&s=-9.565185,-75.730955&m=site>

La suma geométrica de ambas componentes conforma la irradiancia horizontal global, cuya formula es la siguiente:

$$GHI = DHI + DNI \cos (\theta)$$

Donde:

GHI : Irradiancia horizontal global.

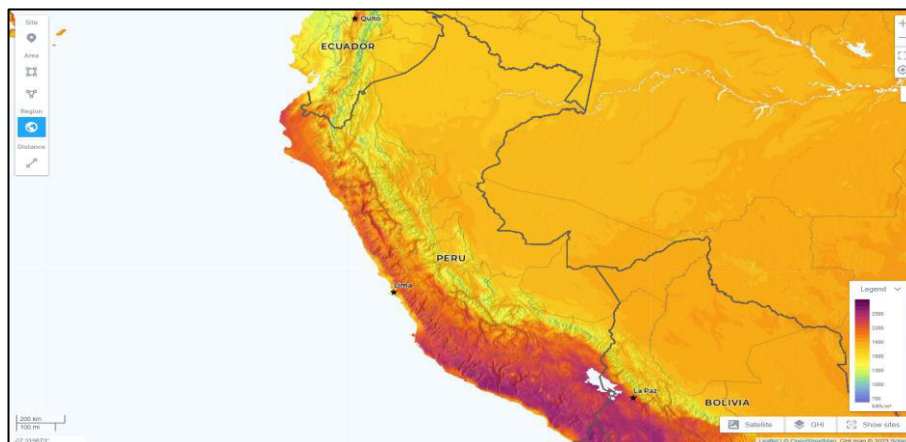
DHI : Irradiancia horizontal directa.

DNI : Irradiancia normal directa.

θ : Angulo cenital solar.

Figura 16

Irradiación global horizontal en el Perú



Nota. Adaptado de World Bank Group,ESMAP y SOLARGRIS (2023).Recuperado de:
[:https://globalsolaratlas.info/map?c=-10.082098,-69.064457,5&r=PER&s=-9.565185,-75.730955&m=site](https://globalsolaratlas.info/map?c=-10.082098,-69.064457,5&r=PER&s=-9.565185,-75.730955&m=site)

3.5. Sistema fotovoltaico

(C.W.Krauter, 2006, pág. 39) menciona que en los sistemas fotovoltaicos se realiza una conversión directa de la radiación solar en electricidad.

Además de presentar beneficios tales como:

- Larga vida útil, aproximadamente 25 años.
- No genera emisión de CO₂.
- No genera ruido en su operación.

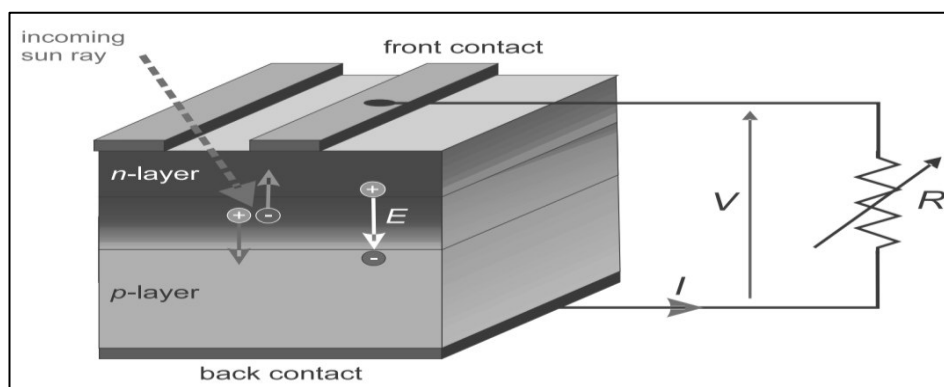
(Burgos, 2018, 3:42) afirma que esta conversión es debido al efecto fotovoltaico ya que una célula solar que es como un diodo semiconductor de gran área de material de silicio, está conformada por dos zonas una de ellas el tipo N donde se encuentran electrones libres y el tipo P de huecos.

Y al producirse una excitación térmica los electrones del lado N pasan al lado P y los huecos pasan del lado P al lado N produciendo una zona cargada llamada como zona de deflexión el cual produce un campo eléctrico.

Por lo tanto, al ingresar un fotón proveniente del sol permite que de la zona de deflexión se extraigan electrones y estos se dirección hasta la zona N y el hueco llegue a la zona P debido al campo eléctrico. Y al poner un circuito eléctrico el encuentro entre los electrones y los huecos se genera corriente eléctrica.

Figura 17

Principio de la energía fotovoltaicos



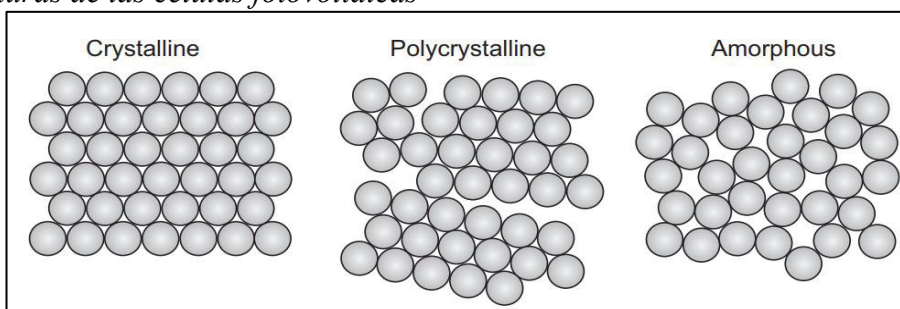
Nota. Adaptado de Stefab C.W. Krauter (2006, p.22).

3.5.1. Componentes de un sistema fotovoltaico

Las células fotovoltaicas: Es la unidad elemental de un módulo fotovoltaico, es el encargado de generar energía por medio de la radiación solar. Es elaborado de semiconductores como el Silicio y de acuerdo con su estructura atómica dependerá del grado de rendimiento que entregará los módulos solares, entre ellos tenemos tres tipos de estructuras: Monocristalinos, Policristalinos y Amorfos. (Yahyaoui, 2018, pág. 35)

Figura 18

Estructuras de las células fotovoltaicas

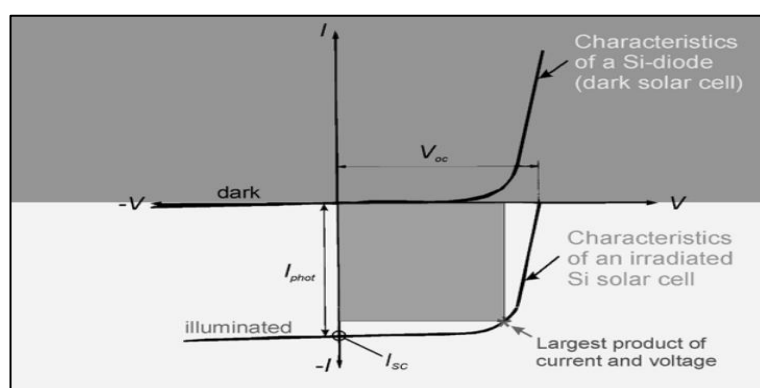


Nota. Adaptado de Imene Yahyaoui (2018, p.8).

Asimismo, su comportamiento dependerá de la existencia de la radiación solar, ya que su comportamiento es idéntico a un diodo semiconductor cuando la célula fotovoltaica no es iluminada, mientras en presencia de radiación su producción de potencia dependerá de la cantidad de fotocorriente. (C.W.Krauter, 2006, pág. 43)

Figura 19

Comportamiento de una célula solar en presencia de irradiación



Nota. Adaptado de Stefab C.W. Krauter (2006, p. 26).

- **Módulos fotovoltaicos:** Es el conjunto de células fotovoltaicas, que permite incrementar la eficiencia en la captación de energía solar. Estos pueden ser de media celda o de celda completa.

Figura 20

Módulo fotovoltaico de 50W-12V



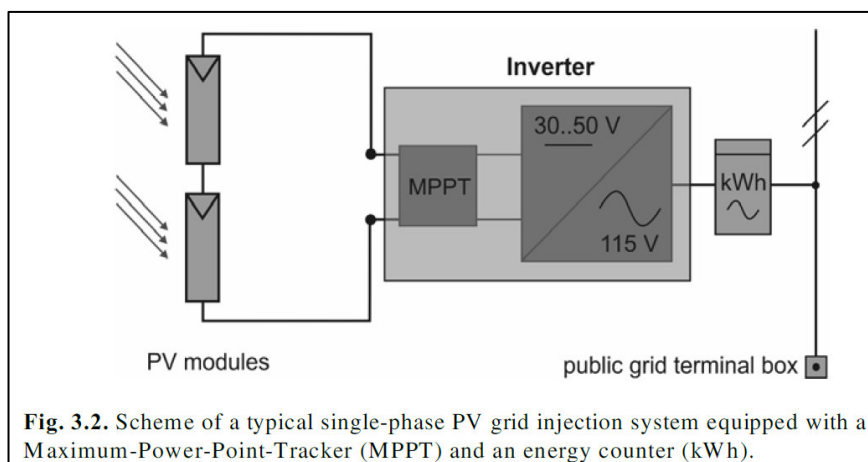
Nota. Adaptado de Autosolar Energy Solutions SLU (2024). Recuperado de: <https://autosolar.pe/paneles-solares-flexibles/panel-solar-flexible-50w-12v>

- **Inversores:** Son dispositivos que convierten la corriente continua simétrica a corriente alterna de frecuencia y voltaje variable entre los rangos de 120 V a 220 V con frecuencias de 50 Hz hasta 400 Hz en sistemas monofásicos y trifásicos con niveles de tensión entre 115/220V hasta 220/380V con niveles de frecuencia de 50 Hz hasta 400 Hz. (Rashid, 1995, pág. 356)

Asimismo (C.W.Krauter, 2006, págs. 69-70) menciona que, los inversores permiten convertir la corriente continua de los paneles solares y de las baterías a corriente alterna con el fin de energizar a las cargas. Sin embargo, la conversión genera distorsiones (armónicos) los cuales dañan a las cargas sensibles entonces en la actualidad la tecnología más usual en los inversores es la PWM la cual permite tener una salida de formas de onda muy parecida a una sinusoidal.

Figura 21

Sistema de un inversor



Nota. Adaptado de Stefab C.W. Krauter (2006, p.51).

- **Regulador de carga:** Es un dispositivo que cumple la función de proteger a las baterías ante sobrecargas permitiendo que se desconecte los módulos fotovoltaicos y ante descargas excesivas.

Dependiendo al tipo de tecnología los reguladores “on-off” interrumpen la corriente de carga proveniente de los módulos fotovoltaicos debido a que las baterías alcanzaron

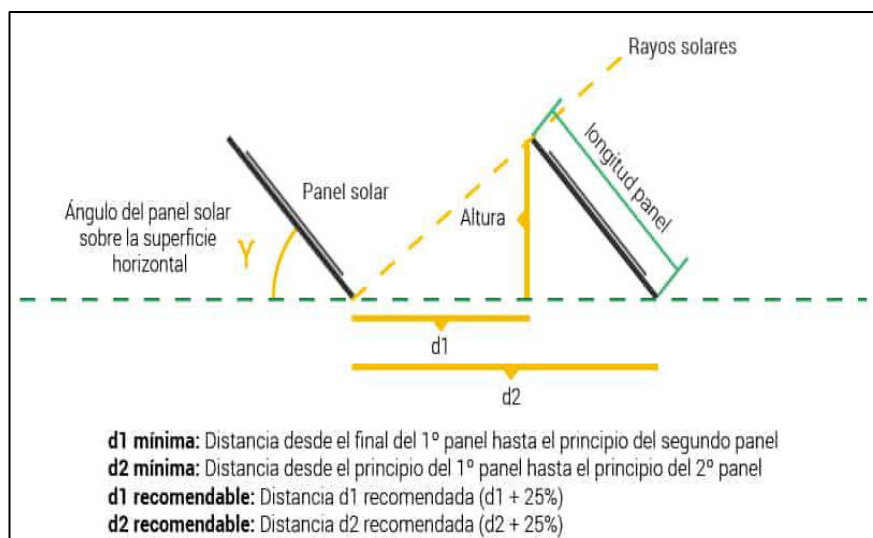
su nivel de voltaje final de carga, mientras que la tecnología PWM permite reducir de forma gradual la corriente de carga proveniente de los módulos fotovoltaicos hasta alcanzar su voltaje final. (Perpiñán Lamigueiro, Antonio, & Castro Gil, 2012)

- **Estructura de soporte:** Son elementos importantes en el aprovechamiento de la irradiación solar debido a que permiten establecer una orientación en donde se tenga una máxima generación energética.

Son de materiales de acero galvanizados e inoxidables cuyo fin es soportar los efectos climatológico de la zona en donde se instalan módulos fotovoltaicos. Podemos encontrar diferentes tipos de estructuras: Estructuras para el suelo y Estructuras elevadas. (Autosolar Energy Solutions SLU, 2024)

Figura 22

Inclinación de los módulos fotovoltaicos



Nota. Adaptado de Autosolar Energy Solutions SLU (2024). Recuperado de: <https://autosolar.es/estructura-paneles-solares>

- **Cables** Son los elementos esenciales al momento de interconectar todos los elementos que forman parte del sistema fotovoltaico estos pueden ser vulnerados o unipolares, su selección se determina teniendo presente la caída de tensión. (Autosolar Energy Solutions SLU, 2024)

Figura 23
Cable unifilar 16 mm² SOLAR PV ZZ-F rojo

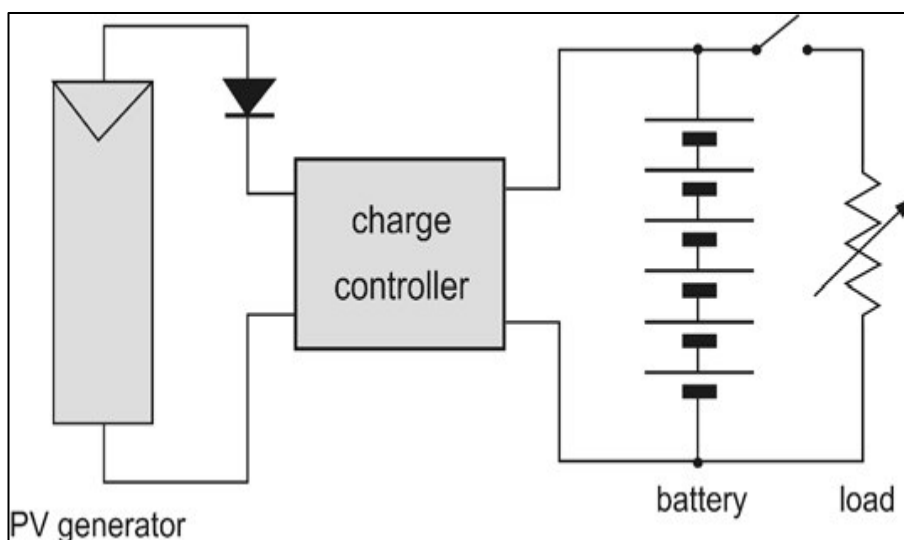


Nota. Adaptado de Autosolar Energy Solutions SLU (2024). Recuperada de: <https://autosolar.es/cables>

- **Baterías** Son equipos que permiten almacenar la energía con el fin suministrarla a la carga cuando es requerida, esta forma de almacenamiento es de tipo electroquímico y es muy común en sistemas fotovoltaicos. (C.W.Krauter, 2006, págs. 81-82)

A continuación, en la figura 24 se muestra la representación de la conexión de un sistema de batería conectado a un sistema fotovoltaico.

Figura 24
Sistema de batería



Nota. Adaptado de Stefab C.W. Krauter (2006, p.62).

Entre los tipos de baterías que podemos encontrar en el mercado según (C.W.Krauter, 2006, págs. 90-92) tenemos:

Batería de níquel cadmio: Son muy utilizados en sistemas fotovoltaicos no conectados a la red, presentan características tales como un mejor rendimiento al incremento de temperatura, puede descargarse completamente, su capacidad de carga y descarga es rápida y bajo mantenimiento; sin embargo, sus eficiencias tienden a ser del 75%.

Batería de ión de litio: Son baterías de alta eficiencia alrededor del 95%, puede funcionar en bajas temperaturas, su periodo de funcionamiento es prolongado; sin embargo, son sensibles a los sobrevoltajes.

Batería de hidruro de níquel: Es similar a las baterías de níquel cadmio, pero presenta un electrodo de hidruro en vez de cadmio, presenta carteristas tales como mejor manejo a nivel ambiental debido a que el electrodo de Cadmio es más peligroso, su efecto memoria es menor.

3.5.2. Tipos de sistema fotovoltaico

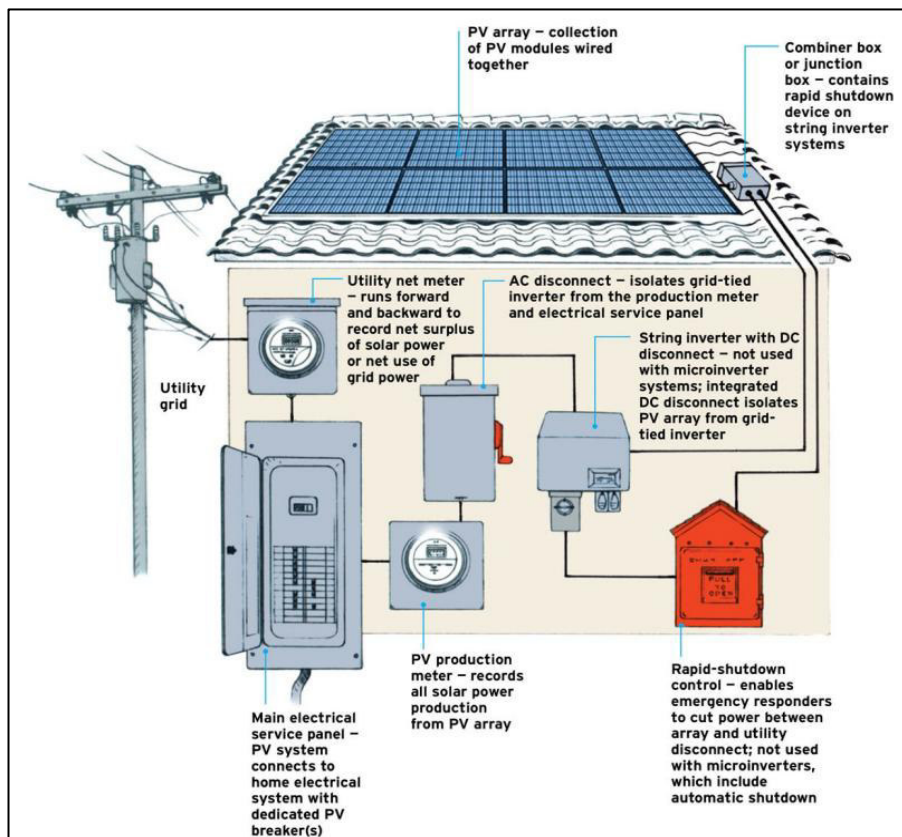
- ***Sistema conectado a red.*** Es el sistema más utilizado en ambientes residenciales, industriales y comerciales que se encuentran en zonas urbanizadas o en su periferia. Se caracteriza porque el sistema fotovoltaico se conecta a la red eléctrica y de este modo se suministra de energía eléctrica a la carga.

Las ventajas de este sistema es que presentan bajo costo de mantenimiento y simplicidad en ejecución. Sin embargo, la desventaja que presenta es que ante una falla de la red el sistema fotovoltaico On Grid se apaga de forma automática. (Burdick & Schmidt , 2017, pág. 26)

Es un sistema con mayor confiabilidad ya que ante la ausencia de energía solar, la carga no deja de ser suministrada de energía eléctrica ya que es alimentada por medio de un suministro convencional por ende nunca se queda sin energía y no existe un problema de racionamiento.

Figura 25

Sistema fotovoltaico conectado a red



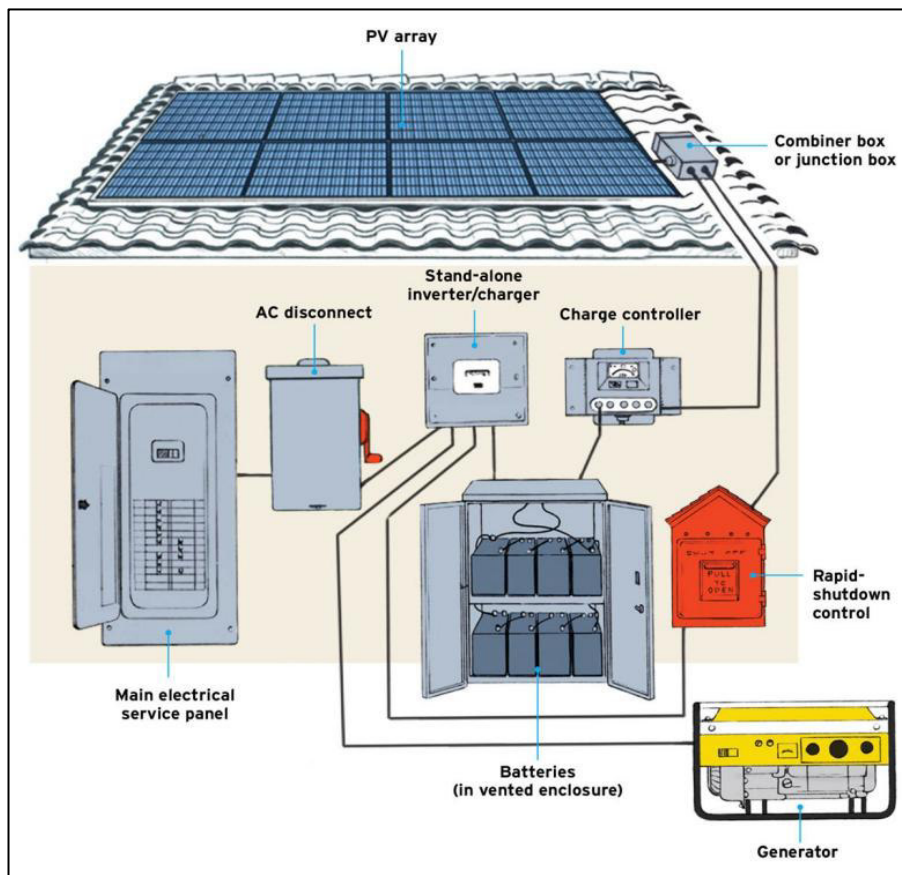
Nota. Adaptado de Burdick & Schmidt (2017, p.25).

- **Sistema aislado a red.** Es un sistema que no tiene conexión directa a la red, son utilizadas en zonas rurales o zonas alejadas como es el caso de zonas agrícolas. Se caracterizan por presentar baterías que almacenan energía en horas de alta radiación para que en horas de baja radiación suministren de energía a la carga conectada. Es un sistema que no representa un alto nivel de confiabilidad ya que depende de los niveles de irradiación que se presenta en la zona, en consecuencia, se puede presentar problemas de racionamiento.

El sistema lo conforma un equipo denominado controlador que se encarga de controlar a la batería y por medio de un inversor transforma la corriente continua almacenada a corriente alterna para así alimentar a las cargas conectadas. (Burdick & Schmidt, 2017, pág. 28)

Figura 26

Sistema fotovoltaico aislado



Nota. Adaptado de Burdick & Schmidt (2017, p.27)

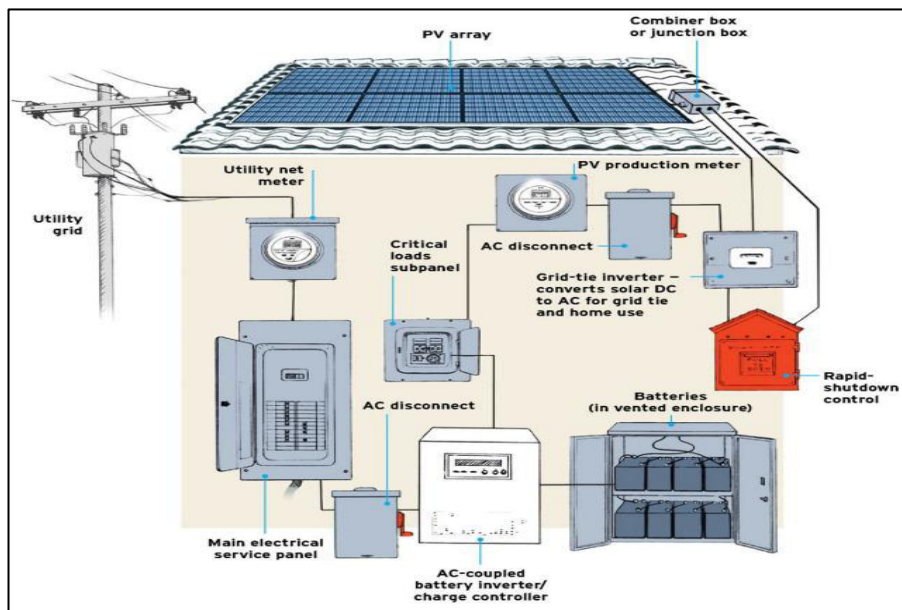
En la figura 26 se aprecia que al Sistema Off-Grid se le puede acoplar un grupo generador que tendrá la función de brindar de energía a las cargas en caso los paneles solares ya las baterías se encuentren indispuestas.

- **Sistema conectado a red con baterías** Es el sistema más completo que existe, las cargas pueden ser suministradas de energía desde los módulos fotovoltaicos como de la red. En el caso de las baterías, estas se cargan debido a los módulos y por la propia red eléctrica.

Se caracterizan por funcionar en caso la red eléctrica dejara de funcionar y son muy útiles para reducir costos tarifarios debido a que suministran a las cargas de energía en horas de máxima demanda donde los costos altos. (Burdick & Schmidt , 2017, pág. 31)

Figura 27

Sistema conectado a red con baterías



Nota. Adaptado de Burdick & Schmidt (2017, p.31).

3.6. Casa malla hidropónica

3.6.1. Casa malla

Una casa malla es una infraestructura cerrada que permite generar una condición climatológica particular dentro de ella, permitiendo así tener mejores resultados en los cultivos. Dicha infraestructura puede ser de acero o de madera, todas protegidas por una malla que permite que las plagas no ingresen.

Entre los cultivos más destacados son las hortalizas y entre los riegos más utilizados es por goteo.

3.6.2. Cultivo hidropónico

Un cultivo hidropónico es un tipo de técnica agrícola que permite hacer crecer un determinado cultivo, usualmente hortalizas, en estructuras simples fuera del suelo,

siendo entonces su forma de adquirir nutrientes mediante una solución nutritiva. (Beltrano & O. Gimenez, 2015, pág. 10)

Adicionalmente mencionan (Beltrano & O. Gimenez, 2015) esta técnica presenta múltiples beneficios tales como:

- Mejor rendimiento del área de cultivo (menos espacios agrícolas)
- La no utilización de insecticidas y la reutilización del agua.
- Puede ser controlada mediante sistema de automatización, entre otros.

Sin embargo, su implementación presenta altos costos en sus inicios y la falta de conocimiento puede generar en la pérdida de la cosecha.

Esta técnica puede ser implementada en cualquier medio, siendo uno de ello los invernaderos, ya que se permite tener un espacio cuyas características climatológicas son pueden ser controladas permitiendo así un mejor rendimiento en los cultivos, asimismo permite tener un mejor control contra las plagas las cuales causan pérdidas de cultivos que se traducen en pérdidas económicas.

La solución nutritiva es un conjunto de nutrientes que se suministra a las plantas por medio de sus raíces con el objetivo que crezcan debido que al no estar sembradas en el suelo estas no captan los nutrientes que proporciona para que puedan desarrollarse sin ningún inconveniente.

Además, este tipo de sistemas con solución nutritiva se pueden presentar en 3 diferentes sistemas que se mencionan continuación:

- **Sistema con solución estática:** Consiste en sumergir las raíces en recipientes en donde las plantas captan la solución nutritiva; sin embargo, el problema de este tipo de sistema ocasiona que los cultivos no se oxigenen de forma adecuada.
- **Sistema con solución recirculante:** Consiste en la recirculación de la solución nutritiva, la cual es provocada por medio de la utilización de una bomba de agua permitiendo así que los problemas de oxigenación no sean prioritarios.
- **Sistema con solución aeropónicos:** Consiste en la suministrar la solución nutritiva a las raíces de las plantas que se encuentran en el aire mediante aspersores.

3.7. Definición de términos

Sistema fotovoltaico On-Grid: Sistema fotovoltaico que presenta conexión a la red, por lo que su funcionamiento es híbrido ya que la carga se alimenta por medio de la energía proporcionada por red y por medio de los paneles solares.

Sistema fotovoltaico Off-Grid: Sistema fotovoltaico que no presenta conexión a la red, por lo que utiliza fuentes de almacenamiento de energía como las baterías o en ocasiones utilizan una fuente alternativa como tal es el caso de generadores de energía por combustible fósil.

Radiación solar: Es la energía proveniente del sol, la cual viaja en forma de onda electromagnética.

Cuadro de carga eléctrico: Es representación que todos los equipos que conforman nuestro sistema eléctrico, donde se determina la potencia instalada de la instalación eléctrica.

Paneles monocristalinos: Son paneles solares de color oscuro, cuya característica principal es que está formado por un único cristal de silicio, provocando que presente un alto grado de eficiencia.

Paneles policristalinos: Son paneles solares de color azul, que se forma mediante la aleación de diferentes fragmentos de silicio ocasionando que su eficiencia sea inferior a la de los paneles monocristalinos.

Hora solar pico (HSP): Es la cantidad de radiación solar que recibe un metro cuadrado de superficie la cual varía en base al tiempo.

Irradiación: Es la cantidad de energía que incide en una superficie determinada. Su valor se expresa en kWh/m². (CENERGÍA, 2019)

Suministro: Es el punto de conexión y medición de energía entre las instalaciones internas de un cliente y la concesionaria proveedora de energía que puede ser Luz del Sur, Plus, etc..

CAPÍTULO IV: HIPÓTESIS Y VARIABLES

4.1. Hipótesis general

La instalación de un sistema fotovoltaico es la opción técnica y económicamente rentable que logra energizar de forma eficiente los equipos que conformarían una casa malla hidropónica implementada en el distrito de Nuevo Imperial, provincia de Cañete, departamento de Lima.

4.2. Hipótesis específicas

Mediante la experiencia y análisis técnico de ingeniería, se logra determinar los criterios que permiten seleccionar de forma adecuada los equipos que conforman un sistema fotovoltaico para energizar a los equipos de una casa malla hidropónica.

Mediante el análisis técnico y normativo se logra determinar el consumo de energía eléctrica de los equipos esenciales de una casa malla hidropónica en el distrito de Nuevo Imperial, provincia de Cañete.

4.3. Variables

4.3.1. Variable independiente

Energía solar del distrito de Nuevo Imperial- provincia de Cañete – departamento de Lima.

4.3.2. Variable dependiente

Demanda de energía de la casa malla hidropónica.

Potencia instalada de la casa malla hidropónica.

4.3.3. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Energía solar del Distrito de Nuevo Imperial	Según (Alarcón, 2020, págs. 7-9), la energía proveniente del sol y es transportada por medio de una onda electromagnética llamada radiación.	Se mide mediante las magnitudes de irradiación e Irradiancia provenientes de bases de datos meteorológicas	Irradiación Solar Irradiancia Solar	Energía diaria (kWh/m ² /día)) Potencia anual (kW/m ²)
Demanda de Energía de la Casa Malla Hidropónica	Según (Velasco, 2009, pág. 6), define que energía es la capacidad de un cuerpo al efectuar un trabajo.	Se mide en base a las horas de funcionamiento de los equipos instalados.	Periodo de funcionamiento del equipo	Energía diaria (kWh/día)
Potencia Instalada de la Casa Malla Hidropónica	Es la cantidad de trabajo que requiere un cuerpo para su funcionamiento.	Se obtiene en base a los datos de placa de los equipos instalados para el funcionamiento de la Casa Malla Hidropónica	Número de equipos instalados.	Potencia (kW)

Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO V: EVALUACIÓN Y PROPUESTA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

5.1. Área de estudio

El área en estudio se encuentra en el distrito de Nuevo Imperial, provincia de Cañete, se encontrará dentro del huerto de la familia De la Cruz Alcalá según se detalla en el Anexo C: Fotografías obtenidas de la visita a campo y por ende la ubicación de los paneles fotovoltaicos.

Figura 28

Ubicación del proyecto



Nota. Adaptado de Google (2024). Recuperado de:
<https://maps.app.goo.gl/W75pt4CbxJQgdtih6>

En la Figura 28 se muestran los datos de latitud y longitud será obtenidos del Google maps para obtener los valores de horas solar, temperatura, humedad relativa, etc.

5.2. Cálculo de irradiación

Los valores de irradiación pueden ser obtenidos de diferentes bases de datos, entre los cuales para el análisis de este proyecto de tesis serán de dos fuentes confiables, Meteonorm y Power Single Point.

5.2.1. *Meteonorm*

Es un software de paga que presenta una gran cantidad de base de datos meteorológicos que se encuentra en constante actualización y de alta confiabilidad para estudios científicos, su administración está a cargo de la empresa suiza Meteotest AG.

Y como, *meteonorm* se encuentra incorporado en el programa PVsyst y debido a que en este proyecto de tesis se usará dicho software no será necesario la descarga adicional.

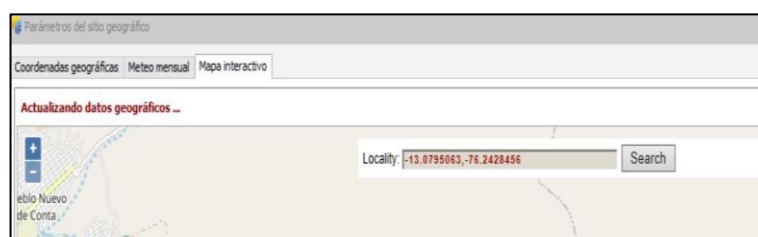
Para determinar los valores de la base de datos de horas solar picos que son importantes para el análisis, estos pueden ser obtenidos mediante la siguiente forma:

– *Obtención de la Ubicación*

En base a las coordenadas de longitud y latitud proporcionados por el google maps, estos valores son puestos en la opción de *locality* del mapa interactivo.

Figura 29

Datos de latitud y longitud en PVsyst.

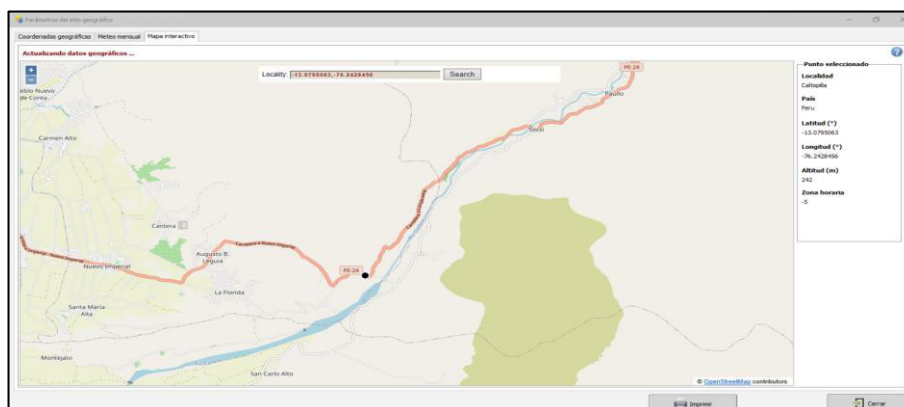


Nota. Adaptado de PVsyst (2024)

En la figura 29 se observa que, de acuerdo con el punto seleccionado, el programa nos brinda los parámetros de ubicación (localidad, país, latitud, longitud, altitud y zona horaria).

Figura 30

Datos geográficos de la ubicación seleccionada.



Nota. Adaptado de PVsyst (2024)

Adicionalmente, para la verificación de coordenadas geográficas estas pueden ser obtenidas en la pestaña de coordenadas geográficas figura 30.

Figura 31

Datos de coordenadas geográficas en PVsyst.

Nota. Adaptado de PVsyst (2024)

Para poder importar la base de dato, tenemos que seleccionar la base de datos que deseamos importar en este caso *meteonorm* y dar en importar.

Figura 32

Importación de base de datos de irradiación en PVsyst.



Nota. Adaptado de PVsyst (2024)

– Datos de irradiación

Para la obtención de las horas solar pico, temperatura, velocidad del viento y humedad relativa lo podemos obtener de la pestaña Meteo Mensual

Figura 33

Datos de meteo mensual por meteonorm.

Parámetros del sitio geográfico para Caltopilla, MNB (mod. SIT)

Coordenadas geográficas | Meteo mensual | Mapa interactivo

Sitio: **Caltopilla (Pvsi)**

Fuente de datos: Caltopilla_MNB1.SIT – Meteonorm 8.1 (2016-2021), Sat=100% (Modified by user)

	Irradiación horizontal global kWh/m ² /día	Irradiación difusa horizontal kWh/m ² /día	Temperatura °C	Velocidad del viento m/s	Turbidez Linke []	Humedad relativa %
Enero	6.98	2.52	22.0	3.20	3.751	78.0
Febrero	6.64	2.67	22.6	3.09	3.684	77.4
Marzo	6.95	2.14	21.7	2.90	3.691	79.1
Abril	6.42	1.68	19.4	2.69	3.994	83.9
Mayo	5.76	1.23	17.4	2.10	3.589	84.9
Junio	5.15	1.26	15.5	1.90	3.630	88.2
Julio	5.36	1.32	14.8	2.10	3.607	87.1
Agosto	5.15	2.14	14.7	2.19	3.812	85.8
Septiembre	5.84	2.16	15.6	2.50	4.100	82.9
Octubre	6.67	2.45	17.0	2.79	3.704	79.8
Noviembre	7.26	2.33	18.1	2.99	3.771	79.8
Diciembre	7.41	2.23	20.2	3.21	3.814	78.5
Año	6.30	2.01	18.2	2.6	3.762	82.1

Irradiación horizontal global variabilidad año a año 12.5%

Datos requeridos:
☐ Irradiación horizontal global
☐ Temperatura ext. promedio

Datos adicionales:
☒ Irradiación difusa horizontal
☒ Velocidad del viento
☒ Turbidez Linke
☒ Humedad relativa

Unidades de irradiación:
☒ kWh/m²/día
☐ kWh/m²/mes
☐ MJ/m²/día
☐ MJ/m²/mes
☐ W/m²
☐ Índice de claridad kit

Nota. Adaptado de PVsyst (2024)

En la opción de exportar o imprimir podemos obtener datos proporcionados, los cuales serán utilizados para el análisis.

Figura 34

Datos proporcionados por meteonorm.

Geographical Site

Caltopilla

Perú

Situation

Latitude

Longitude

Altitude

Time zone

-13.08 °S

-76.24 °W

247 m

UTC-5

Monthly Meteo Values

Source Meteonorm 8.1 (2016-2021), Sat=100%

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year	
Horizontal global	6.98	6.64	6.95	6.42	5.76	5.15	5.36	5.15	5.84	6.67	7.26	7.41	6.30	kWh/m²/day
Horizontal diffuse	2.52	2.67	2.14	1.68	1.23	1.26	1.32	2.14	2.16	2.45	2.33	2.23	2.01	kWh/m²/day
Extraterrestrial	11.20	10.98	10.39	9.33	8.27	7.69	7.88	8.76	9.86	10.68	11.09	11.20	9.77	kWh/m²/day
Clearness Index	0.623	0.605	0.669	0.688	0.696	0.669	0.681	0.588	0.592	0.624	0.655	0.662	0.644	ratio
Ambient Temper.	21.9	22.6	21.7	19.4	17.4	15.4	14.8	14.7	15.6	17.0	18.1	20.2	18.2	°C
Wind Velocity	3.2	3.1	2.9	2.7	2.1	1.9	2.1	2.2	2.5	2.8	3.0	3.2	2.6	m/s

Nota. Adaptado de PVsyst (2024)

– *Análisis de datos*

Los valores de irradiación obtenidos con el software utilizado en este caso de PVsyst 7.4 que se obtienen del lugar de estudio son valores obtenidos de una base de datos del mismo software y son lo que se mencionan a continuación.

Tabla 2

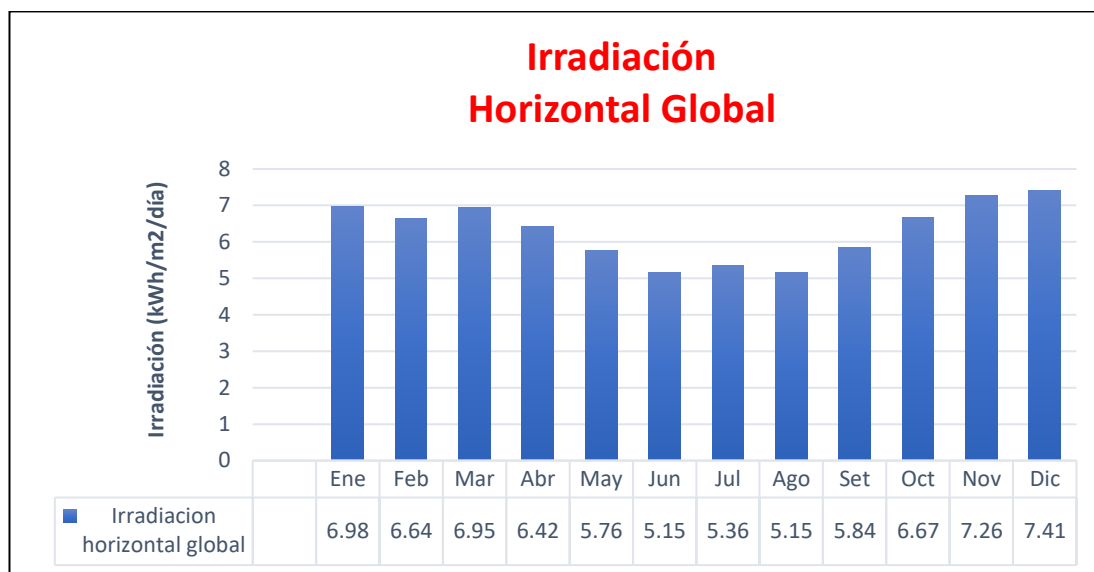
Datos de irradiación horizontal global de meteonorm

Valores Meteorológicos Mensuales												
En e	Feb	Ma r	Ab r	Ma y	Jun	Jul	Ag o	Set	Oct	No v	Dic	
6.9 8	6.6 4	6.9 5	6.4 2	5.7 6	5.1 5	5.3 6	5.1 5	5.8 4	6.6 7	7.2 6	7.4 1	kWh/m2/d ía

Nota. Datos elaborados con base en PVsyst (2024)

Figura 35

Valores de irradiación horizontal global.



Nota. Gráfica elaborada con datos del PVsyst (2024)

Se observan que el valor promedio anual es de 6.3kWh/m2/día, el cual de acuerdo con la Norma DGE de Especificación Técnica del Sistema Fotovoltaico y sus Componentes para Especificación Rural establece que la condición mínima para instalar paneles solares es de 3.5kWh/m2/día.

Por lo tanto, nos encontraríamos en una ubicación donde serían óptimo instalar paneles fotovoltaicos.

5.2.2. Power single point

Es una base de datos meteorológicos de la NASA la cual es utilizada para proyectos de energía renovable como tal es el caso de proyectos de sistema fotovoltaico o eólicos, eficiencia energética en edificaciones; es decir sistema tales como la generación distribuida y producción agrícola.

En la figura 36 se observa que, para obtener los datos de irradiación, requerimos de la latitud y longitud de la zona de estudio, los cuales son proporcionados por *google maps*.

Figura 36
Power Single Point.



Nota. Adaptado de NASA (2024). Recuperado de: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

En la figura 36 se observa que la obtención de irradiación solar se tiene que escoger:

- Choose a User Community : Renewable Energy
- Choose a Temporal Average : Climatology

El ingreso de la Latitud y Longitud de la zona de estudio.

La selección del periodo que deseamos obtener los datos de estudio, en este caso se eligió de enero del 2017 al diciembre del 2022 con el objetivo de tener las mismas condiciones de tiempo que *Meteonorm*.

Figura 37
Estimación de los valores de latitud y longitud.

Nota. Adaptado de NASA (2024). Recuperado de: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

Datos de irradiación

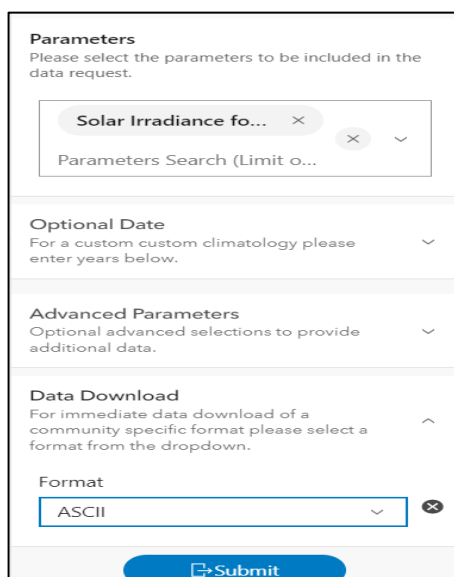
Para la obtención de los niveles de irradiación estos son obtenidos mediante el siguiente procedimiento.

Se seleccionará la forma que deseamos obtener los datos, en este caso se obtendrán de la forma ASCII.

Para la obtención de los niveles de irradiación solar, se seleccionará la opción *Parameters for Titled PV Panels*, seguida de *Solar Irradiance for Equator Facing Tilted Surfaces*.

Figura 38

Obtención de datos de irradiación.



The screenshot shows a web form titled "Parameters" with the instruction "Please select the parameters to be included in the data request." Below this is a search bar containing "Solar Irradiance fo..." with a dropdown arrow. Underneath the search bar is a section for "Optional Date" with a dropdown arrow and a note "For a custom custom climatology please enter years below." followed by another dropdown arrow. Below that is a section for "Advanced Parameters" with a dropdown arrow and a note "Optional advanced selections to provide additional data." followed by another dropdown arrow. The final section is "Data Download" with a dropdown arrow and a note "For immediate data download of a community specific format please select a format from the dropdown." Below this is a "Format" dropdown menu currently set to "ASCII" with a clear button (X) to its right. At the bottom of the form is a blue "Submit" button with a download icon.

Nota. Adaptado de NASA (2024). Recuperado de: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

Después de realizar los pasos anteriores, se da en *submit* y descargar en la opción elegida, en este caso ASCII.

A continuación, se presenta la figura 39 en donde se presenta de forma gráfica como nos presenta el software la base de datos anual de los niveles de irradiación de la ubicación seleccionada.

Figura 39

Obtención de datos meteorológicos.

-BEGIN HEADER-													
NASA/POWER CERES/MERRA2 Native Resolution Climatology Climatologies													
6-year Meteorological and Solar Monthly & Annual Climatologies (January 2017 - December 2022)													
Location: Latitude -13.0806 Longitude -76.2419													
Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 1272.38 meters													
The value for missing source data that cannot be computed or is outside of the sources availability range: -999													
Parameter(s):													
SI_EF_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL	SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance for Equator Facing Horizontal Surface (kw-hr/m^2/day)												
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15	SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance for Equator Facing Latitude Minus 15 Tilt (kw-hr/m^2/day)												
SI_EF_TILTED_SURFACE_LATITUDE	SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance for Equator Facing Latitude Tilt (kw-hr/m^2/day)												
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15	SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance for Equator Facing Latitude Plus 15 Tilt (kw-hr/m^2/day)												
SI_EF_TILTED_SURFACE_VERTICAL	SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance for Equator Facing Vertical Surface (kw-hr/m^2/day)												
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL	SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance Optimal (kw-hr/m^2/day)												
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG	SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance Optimal Angle (Degrees)												
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG_ORT	SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance Tilted Surface Orientation (N/S Orientation)												
-END HEADER-													
PARAMETER	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
SI_EF_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL	6.37	6.49	6.40	5.93	4.58	3.33	3.40	3.94	5.01	6.04	6.28	6.41	-999.0
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15	6.39	6.49	6.37	5.86	4.51	3.29	3.35	3.91	4.98	6.03	6.30	6.45	-999.0
SI_EF_TILTED_SURFACE_LATITUDE	6.05	6.32	6.44	6.24	4.96	3.59	3.63	4.12	5.10	5.95	6.01	6.06	-999.0
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15	5.42	5.83	6.17	6.28	5.15	3.72	3.73	4.14	4.97	5.58	5.44	5.39	-999.0
SI_EF_TILTED_SURFACE_VERTICAL	1.81	1.78	2.27	3.20	3.23	2.46	2.39	2.38	2.33	1.86	1.76	1.80	-999.0
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL	6.45	6.49	6.45	6.30	5.16	3.72	3.73	4.16	5.10	6.04	6.32	6.53	-999.0
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG	-13.00	-6.50	6.00	19.00	30.00	28.00	25.00	21.00	11.50	-0.50	-11.50	-15.00	-999.0
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG_ORT	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

Nota. Adaptado de NASA (2024). Recupera de: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

Los datos proporcionados por la base de datos nos serán de ayuda para calcular la hora solar promedio y determinar si óptimo la instalación de paneles solares en la ubicación teniendo presente los criterios establecidos por la normativa peruana que indica un valor mínimo de irradiación solar.

Los datos que se escogerán serán: SI_EF_TILTED_SURFACE_LATITUDE, los cuales se aprecian a continuación

Tabla 3

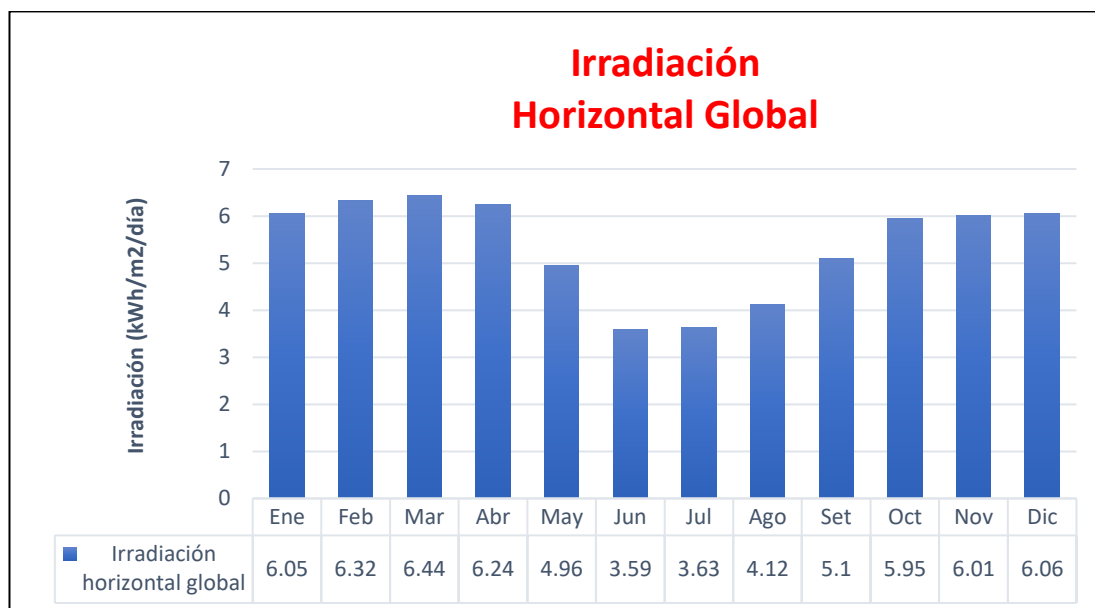
Datos de la NASA

En	Feb	Ma	Ab	Ma	Jun	Jul	Ag	Se	Oct	No	Dic	
e		r	r	y			o	t		v		
6.05	6.32	6.44	6.24	4.96	3.59	3.63	4.12	5.10	5.95	6.01	6.06	kWh/m2/día

Nota. Datos elaborados con base en NASA (2024).

Figura 40

Datos de irradiación por latitud establecida.



Nota. Gráfica elaborada con datos de NASA (2024)

Se observan que el valor promedio en todo el año es de 5.4kWh/m²/día, el cual de acuerdo con la Norma DGE de Especificación Técnica del Sistema Fotovoltaico y sus Componentes para Especificación Rural establece que la condición mínima para instalar paneles solares 3.5kWh/m²/día.

Por lo tanto, nos encontraríamos en una ubicación donde serían óptimo instalar paneles fotovoltaicos.

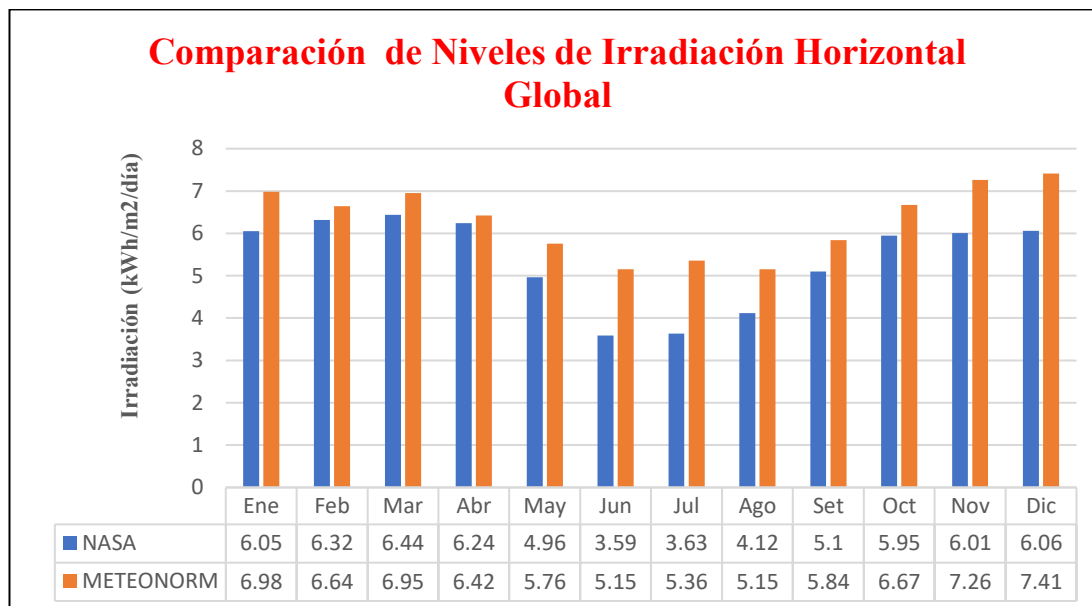
Para el cálculo del dimensionamiento de paneles solares se tiene que determinar las peores condiciones meteorológicas que pueden suceder en la zona de estudios, por lo que compararemos ambas bases de datos.

Análisis

Teniendo presente los valores de irradiación que se encuentran en la zona, realizamos la comparación entre las dos bases de datos establecidas, cual se tiene el objetivo de determinar las peores condiciones meteorológicas para que al dimensionar sea capaz el sistema fotovoltaico suministrar de energía a toda la carga sin racionamiento de promedio.

Figura 41

Comparación de valores de irradiación.



Nota. Gráfica elaborada con datos de NASA (2024) y PVsyst (2024)

Como se puede observar de la tabla, los niveles más bajos de irradiación solar pertenecen de la base de datos de la NASA por tal motivo, esos valores serán utilizados para el estudio. Y como se observa también el peor mes que se tiene es en el mes de junio por ende nuestro sistema fotovoltaico se basará en base a ello ya que se debe de implementar un sistema fotovoltaico que permita suministrar de energía en su periodo que no presenta un buen desempeño.

5.3. Cálculo de la energía consumida

Se realizará el cuadro de cargas general, donde se realizará la selección de las cargas que se desean conectar al sistema fotovoltaico previa evaluación con el cliente y consideraciones técnicas para los cultivos hidropónicos. Tal como se muestra en el Anexo D: Proyección de la demanda de los equipos de la casa malla de forma resumida.

Tabla 4

Cuadro de carga de la casa malla hidropónica.

CUADRO DE CARGAS						
ITEM	DESCRIPCION	Potencia Util (W)	Eficiencia	Potencia Instalada	F D	Máxima Demand a
1	Carga Base-Primeros 90m ²	2500	1	2500	1	2500.0
2	Boba de Agua 1HP	746	0.96	777.1	0.8	621.7
3	Extractor de Aire	500	0.96	520.8	0.8	416.7
4	Ventilador	220	0.96	229.2	0.8	183.3
5	Reserva	1000	1	1000.0	1	1000.0
Total				5027.1		4721.7
Factor de Simultaneidad				0.7		
Potencia Contratada teórica(kW)				3.52		
Potencia Contratada Final(kW)				4.00		
Tensión				220		
Frecuencia (Hz)				60		
Sistema				Monofásico		

Nota. Elaboración propia.

Determinando la cantidad de equipos que se implementarán en la casa malla, se estimará la energía que consumirán durante el día y así determinar la cantidad de paneles solares que se desea implementar.

Tabla 5

Consumo de energía de la casa malla hidropónica.

CUADRO DE CARGAS						
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	POTENCIA (W)	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS/DIA	ENERGIA (Wh/día)
1	Boba de Agua 1HP	1	746	746	2.83	2113.418
2	Iluminación Interior	3	10	30	9	270
3	Iluminación Exterior	4	7	28	8	224
4	Extractor de Aire	1	500	500	2.33	1165

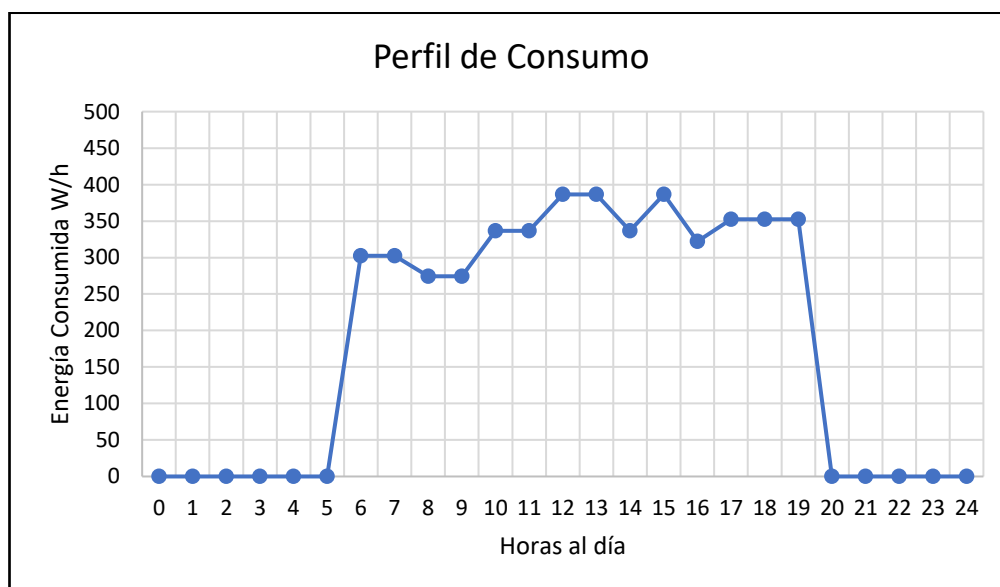
5	Ventilador	1	220	220	2.33	512.6
6	Reserva	1	100	100	4	400
POTENCIA INSTALADA(W)				1624		
ENERGIA CONSUMIDA (Wh/día)						4685.02

Nota. Elaboración propia.

Asimismo, se presenta el perfil de consumo de los equipos que conforman la casa malla hidropónica.

Figura 42

Perfil de consumo de las cargas de la casa malla hidropónica.



Nota. Elaboración propia.

5.3.1. Análisis de la carga

Se evidencia que de forma diaria se presenta un consumo de 4685.02 Wh por día y de forma mensual se tendría un consumo de 141.05 kWh.

5.3.2. Selección del nivel de tensión

El nivel de tensión se determina teniendo presente la potencia instalada. Según (Autosolar Energy Solutions SLU, 2024) se debe de tener el siguiente criterio.

Tabla 6

Criterio del nivel de tensión.

Criterio		
Potencia Instalada - $P \leq 1\text{kW}$	12	v
Potencia Instalada - $1\text{kW} < P \leq 3\text{kW}$	24	v
Potencia Instalada - $3\text{kW} > P$	48	v

Nota. Datos elaborados con base en Autosolar Energy Solutions (2024).

El cual indica que:

- Potencias Inferiores a 1kW se deben de instalar paneles de 12V.
- Potencia entre los 1kW a 3kW se deben instalar paneles de 24V.
- Potencia entre los 3kW a más se debe de instalar paneles de 48V.

Por lo tanto, nuestro sistema tiene:

$$P_{\text{inst}} = 1624 \text{ W}$$

Por lo que le corresponde un nivel de tensión del sistema es:

$$V_{\text{Sist}} = 24\text{V}$$

5.3.3. Selección del panel solar

Para determinar la selección del panel solar adecuado se tendrá que seguir una serie de criterios técnicos – económicos que se mencionaran más adelante; sin embargo, se tendrá como criterio para la selección de pales solares es que los niveles de potencia sean cercanos a los niveles de potencia instalada para evitar de tener una gran cantidad de pales seleccionados.

A continuación, se muestran los pales fotovoltaicos que se han seleccionado para el proyecto.

Tabla 7

Tipos de paneles solares.

Marca	LOGI SOLAR	JA SOLAR	PERC
Voltaje a máxima Potencia	38.53 V	38.35 V	49.8 V
Tipo	Monocrystalino	Monocrystalino	Monocrystalino
Potencia	505 W	500 W	550 W
Voltaje de Circuito Abierto	45.7 V	45.59 V	49.8 V
Corriente de Cortocircuito	13.97 Amp	14 Amp	13.98 Amp
Eficiencia	21.30%	21.30%	21.00%
Costo Unitario	S/691.28	S/618.92	S/864.35
V _{mpp}	35.79	38.35	41.95

Nota. Elaboración propia.

La selección de del panel fotovoltaico adecuado en este caso nos basaremos en los siguientes criterios:

- Nivel de tensión del sistema.
- El nivel de eficiencia
- El nivel de Potencia que entrega cada panel.
- El costo, siendo el más importante.

Figura 43

Características mecánicas de la marca JA SOLAR

SPECIFICATIONS	
Cell	Mono
Weight	26,3kg
Dimensions	2093±2mm×1134±2mm×30±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	132(6×22)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	MC4-EVO2/QC 4,10-35
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 200mm(+)/300mm(-); Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-)
Packaging Configuration	36pcs/Pallet 792pcs/40HQ Container

Nota. Adaptado de JA SOLAR (s.f.). Recuperado de:

<https://cdn.autosolar.es/pdf/manuales-esquemas-crm/datasheet-deep-blue-480505.pdf>

Figura 44

Características mecánicas de la marca LOGI SOLAR.

Mechanical Parameters	
Cell Orientation	132 (6×22)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm ² , +400, -200mm length can be customized
Connector	LONGi LR5 or MC4 EVO2
Glass	Single glass, 3.2mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	25.3kg
Dimension	2093×1134×35mm
Packaging	31pcs per pallet / 155pcs per 20' GP / 682pcs per 40' HC

Nota. Adaptado de LOGI SOLAR (s.f.). Recuperado de:
https://cdn.autosolar.pe/pdf/sata-sheetpanel_longi_lr566hph_505w_himo5.pdf

Figura 45

Características eléctricas de la marca LOGI SOLAR.

Electrical Characteristics	STC: AM1.5 1000W/m ² 25°C		NOCT: AM1.5 800W/m ² 20°C 1m/s		Test uncertainty for P _{max} : ±3%	
Module Type	LR5-66HPH-495M		LR5-66HPH-500M		LR5-66HPH-505M	
Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (P _{max} /W)	495	370.0	500	373.7	505	377.5
Open Circuit Voltage (V _{oc} /V)	45.40	42.69	45.55	42.83	45.70	42.97
Short Circuit Current (I _{sc} /A)	13.82	11.17	13.90	11.24	13.97	11.30
Voltage at Maximum Power (V _{mp} /V)	38.23	35.51	38.38	35.65	38.53	35.79
Current at Maximum Power (I _{mp} /A)	12.95	10.42	13.03	10.48	13.11	10.55
Module Efficiency(%)	20.9		21.1		21.3	

Nota. Adaptado de LOGI SOLAR (s.f.). Recuperado de:
https://cdn.autosolar.pe/pdf/sata-sheet-panel_longi_lr566hph_505w_himo5.pdf

Figura 46

Características eléctricas en STC de la marca JA SOLAR.

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC						
TYPE	JAM66S30 -480/MR	JAM66S30 -485/MR	JAM66S30 -490/MR	JAM66S30 -495/MR	JAM66S30 -500/MR	JAM66S30 -505/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	480	485	490	495	500	505
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	45.07	45.20	45.33	45.46	45.59	45.72
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	37.62	37.81	37.99	38.17	38.35	38.53
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.65	13.72	13.79	13.86	13.93	14.00
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.76	12.83	12.90	12.97	13.04	13.11
Module Efficiency [%]	20.2	20.4	20.6	20.9	21.1	21.3
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α_{Isc})	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β_{Voc})	-0.275%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ_{Pmp})	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Nota. Adaptado de JA SOLAR (s.f.). Recuperado de:
<https://cdn.autosolar.es/pdf/manuales-esquemas-crm/datasheet-deep-blue-480-505.pdf>

5.3.4. Determinación del ángulo óptimo de inclinación

Según (Perpiñán Lamigueiro, Antonio, & Castro Gil, 2012) la selección del ángulo óptimo se obtiene mediante la siguiente formula.

$$\beta_{opt}=3.7^{\circ}+0.69|\varphi_{latitud}|$$

Latitud del lugar: -13.079506°

Aplicando la formula tenemos, el siguiente ángulo óptimo:

$$\beta_{opt}=12.72^{\circ}$$

Sin embargo, el ángulo resultante es teórico y las estructuras que se tiene presenta inclinaciones establecidas como 0°, 15°, 30°.

Por tal motivo, la inclinación final que se usará será:

$$\beta_p=15^{\circ}$$

5.3.5. Número de paneles

Según (Aguilera & Hontoria, 2007) establece que para determinar el número total de paneles solares se debe de realizar la siguiente fórmula:

$$N_T = \frac{E_T}{P_P * G_m * P_g}$$

Donde:

N_T : Número total de paneles solares

E_T : Energía total útil (Wh)

G_m : Irradiación global en la superficie (kWh/m² /día)

P_g : Perdidas globales, valores entre [0.65-0.9]

P_P : Potencia pico del panel solar (Wp)

En los cuales se tendrá en consideración los siguientes valores:

$$E_T = 4685.02 \text{ W/día}$$

$$P_g = 0.75$$

Reemplazando los valores en las siguientes marcas de paneles solares que se está evaluando se tiene los siguientes resultados.

Tabla 8

Número total de paneles solares por marca.

Marca	P(W)	Voc	Isc	Eficiencia	Costo	Cant. Paneles	Costo Total
LOGI SOLAR	505	45.7	13.97	21.30%	S/691.28	3	S/ 2,073.8
JA SOLAR	500	45.59	14	21.30%	S/550.51	3	S/1,651.53

Nota. Elaboración propia.

Llevando al entero más próximo, tenemos que el Número total de paneles es 3 en el caso de JA SOLAR y LOGI SOLAR.

a. Conclusión

Se concluye que en este proyecto de tesis se utilizará para el análisis el panel solar de la marca JA SOLAR, debido a que presenta similares características que los paneles LOGI SOLAR y además son más económicos. Remítase al Anexo E: Criterios para la selección del panel solar para la casa malla para apreciar los cálculos de forma resumida.

b. Paneles en serie

La determina como:

$$N_s = \frac{V_{sist}}{V_n}$$

Donde:

V_{sist} : Voltaje del Sistema (Volt)

V_n : Voltaje nominal del panel solar (Volt)

Reemplazando tenemos que:

$$N_s = \frac{24 \text{ Volt}}{24 \text{ Volt}}$$

$$N_s = 1$$

Por lo tanto, se requiere 1 panel fotovoltaico en serie.

c. Paneles en paralelo

Se determina teniendo en consideración la cantidad de paneles solares totales y en serie.

$$N_p = \frac{N_T}{N_s}$$

Reemplazando tenemos que:

$$N_p = \frac{3}{1} \rightarrow 3 \text{ paneles}$$

Por lo tanto, nuestro sistema tenemos que implementar 3 paneles fotovoltaicos en paralelo.

5.3.6. Distancia entre paneles solares

Según (Perpiñán Lamigueiro, Antonio, & Castro Gil, 2012) la distancia que debe existir entre paneles solares debe de ser

$$d = \frac{L \cdot \sin(\beta_p)}{\tan(67 - |\varphi_{\text{latitud}}|)}$$

Donde:

L : largo del panel solar (cm)

φ_{latitud} : Latitud

β_p : ángulo de inclinación.

Por lo tanto, al reemplazar los valores que se pueden adquirir de las características mecánicas tenemos:

$$d = \frac{209.3 \text{ cm}}{\tan(67 - 13.0806)}$$

$$d = 93 \text{ cm}$$

5.3.7. Área de trabajo

El objetivo es determinar cuanta área se utilizará en el proyecto por tal motivo, Si tiene una potencia de generación de 500 W.

Entonces, aplicando la formula establecida por (Perpiñán Lamigueiro, Antonio, & Castro Gil, 2012) en donde tenemos:

$$\eta = \frac{P}{A \cdot G_m}$$

η : Eficiencia

P : Potencia total del sistema fotovoltaico

G_m : Irradiancia

A : Área total

Reemplazando tenemos:

$$A = \frac{3 \cdot 500 \text{ Wp}}{0.213 \cdot 800 \text{ W/m}^2}$$

$$A = 8.80 \text{ m}^2$$

Por lo tanto, se requiere 10 m² para instalar los 3 paneles solares.

5.3.8. Dimensionamiento del inversor

Para determinar el nivel de potencia que debe de tener el inversor (Aguilera & Hontoria, 2007) establece que la relación entre la potencia del generador fotovoltaico y la potencia del inversor debe encontrarse entre 1 a 1.4, siendo el 1.2 el punto óptimo. Entonces:

$$FF = \frac{P_g}{P_{ac}}$$

Donde:

P_g : Potencia del generador fotovoltaico

P_{ac} : Potencia del Inversor teórico

FF : Factor de relación

Teniendo presente que el factor ideal debe de ser de 1.2, entonces reemplazos en la formula y tenemos

$$P_{ac} = \frac{3 \cdot 500 \text{ W}}{1.2}$$

$$P_{ac} = 1250 \text{ W}$$

Por lo tanto, se elegirá un inversor del modelo Inversor Cargador 2.4kVA 1440W 24V PWM 50A de la marca Must Solar, que tiene la característica de ser un inversor cargador.

Figura 47

Características del inversor-cargador.

MODEL			PV11-1200 Plus	PV11-1800 Plus	PV11-2400 Plus
Nominal Battery System Voltage			12VDC	12VDC	24VDC
INVERTER OUTPUT	Rated Power		1200VA/720W	1800VA/1000W	2400VA/1440W
	Waveform		Simulated Sine-wave		
	Nominal Output Voltage RMS		230V		
	Output Voltage Regulation		+10/-18%		
	Output Frequency		50Hz/60Hz +/-1 Hz		
	Inverter Efficiency(Peak)		>80%		
	Line Mode Efficiency		>98%		
Typical Transfer Time			Typical 15~20ms 40ms max		
AC INPUT	Voltage		230VAC		
	Selectable Voltage Range	Narrow	170~280VAC		
		Wide	90~280VAC		
	Frequency Range		40Hz-70Hz (Auto sensing)		
BATTERY	Nominal Input Voltage		12VDC		24VDC
	Minimum Start Voltage		10.5VDC		21.0VDC
	Low Battery Alarm		10.4VDC (min)		20.8VDC (min)
	Low Battery Cutoff		9.9~12VDC (Can be set)		19.8~24VDC (Can be set)
	High Voltage Cutoff		15.0VDC (max)		30.0VDC (max)
	Maximum PV Charge Current		50A (max)		
	Maximum PV Array Power		450W/750W		900W/1500W

Nota. Adaptado de Must(s.f.). Recuperado de:

https://cdn.autosolar.pe/pdf/datasheet_inversor_cargador_must_24kva.pdf

Criterios para considerar debido a los niveles de tensión en relación con la temperatura

Según (Perpiñán Lamigueiro, Antonio, & Castro Gil, 2012), para determinar si el inversor seleccionado es el adecuado, se debe de considerar las variaciones de los niveles de tensión que variará los paneles solares debido a la temperatura.

Por lo tanto, aplicando la fórmula:

$$T_c = T_{amb} + G_m * \frac{NOCT - 20^{\circ}C}{800}$$

Si de acuerdo con la base de datos del obtenidas tenemos que la temperatura mínima es de 14.7°C y la máxima de 22. 6°C. Pasamos a calcular los niveles de tensión variables.

Tabla 9

Característica del panel solar seleccionado

Marca	JA SOLAR
Voltaje a máxima Potencia	38.35 V
Potencia	500 W
Voltaje de Circuito Abierto	45.59 V
Corriente de Cortocircuito	14 Amp
Eficiencia	21.30%
Temperatura operación célula	45 °C
Coeficiente de temperatura Isc	0.0450%
Coeficiente de temperatura Voc	-0.2750%
Coeficiente de temperatura Pmp	-0.3500%
Voltaje de Circuito Abierto	45.51 V

Nota. Datos elaborados con base en JA SOLAR (s.f.).

– Temperatura mínima

Para la Tensión en vacío

Si $T_{amb} = 14.7^{\circ}\text{C}$

$$T_c = 14.7^{\circ}\text{C} + 800 \text{ W/m}^2 * \frac{45^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}}{800 \text{ W/m}^2}$$

$$T_c = 39.7^{\circ}\text{C}$$

Al tener la temperatura de operación que trabajaran nuestros paneles solares tenemos la siguiente ecuación con la se determina la nueva tensión en vacío.

$$V_{ocf} = V_{oc} - V_{oc(\beta_{voc})}(T_{op} - T_{amb})$$

$$V_{ocf} = 45.51 \text{ V} - 2.75 * 10^{-3} (39.7^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C})$$

$$V_{ocf} = 45.05 \text{ V}$$

Para la Tensión V_{MPPT}

Si $T_{amb} = 14.7^{\circ}\text{C}$

$$T_c = 14.7^{\circ}\text{C} + 800 \text{ W/m}^2 * \frac{45^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}}{800 \text{ W/m}^2}$$

$$T_c = 39.7^{\circ}\text{C}$$

Al tener la temperatura de operación que trabajaran nuestros paneles solares tenemos la siguiente ecuación con la se determina la nueva tensión MPPT.

$$V_{MPPT}=V_{MPPT}-V_{oc(\beta_{V_{oc}})}(Top-T_{amb})$$

$$V_{MPPT}=38.35 \text{ V}-2.75*10^{-3}(39.7^{\circ}\text{C}-20^{\circ}\text{C})$$

$$V_{MPPT}=37.40 \text{ V}$$

– **Temperatura máxima**

a. Para la tensión en vacío

Si $T_{amb} = 22.6^{\circ}\text{C}$

$$T_c=22.6^{\circ}\text{C}+800 \text{ W/m}^2*\frac{45^{\circ}\text{C}-20^{\circ}\text{C}}{800\text{W/m}^2}$$

$$T_c=47.6^{\circ}\text{C}$$

$$V_{ocf}=V_{oc}-V_{oc(\beta_{V_{oc}})}(Top-T_{amb})$$

$$V_{ocf}=45.7 \text{ V}-2.75*10^{-3}(47.6^{\circ}\text{C}-20^{\circ}\text{C})$$

$$V_{ocf}=45.62 \text{ V}$$

b. Para la tensión V_{MPPT}

$$V_{MPPT}=V_{MPPT}-V_{oc(\beta_{V_{oc}})}(Top-T_{amb})$$

$$V_{MPPT}=38.35 \text{ V}-2.75*10^{-3}(47.6^{\circ}\text{C}-20^{\circ}\text{C})$$

$$V_{MPPT}=37.43 \text{ V}$$

c. Conclusión

Como se aprecia en los cálculos establecidos, se observa que la tensión en vacío y tensión MPPT no sobrepasan los niveles máximos del inversor.

Por lo tanto, se determina que el inversor seleccionado es adecuado para nuestro proyecto. Véase el Anexo F: Criterios para la selección de baterías e inversor para la casa malla para ver el cálculo eléctrico resumidos.

5.3.9. Selección de baterías

La determinación se basará la capacidad de autonomía que se desee, tener en el sistema fotovoltaico y ello se calculará mediante la siguiente formula:

$$C.Bat = \frac{E.Total * \text{días de autonomía}}{\text{Profundidad de Descarga} * \text{Voltaje.Sist}}$$

Ello nos podrá determinar la capacidad de las baterías en Ah, lo cual en esta ocasión tendremos los siguiente:

$$C.Bat(Ah) = \frac{4685.02 * 0.5}{0.4 * 24}$$

$$C.Bat(Ah) = 244.01 \text{ Ah}$$

Teniendo presente la capacidad de las baterías y del nivel de tensión que tiene en el sistema; se procederá con la elección de las opciones.

Tabla 10

Comparación entre los tipos de baterías

Marca	Tensite	Ultracell
Tipo	Batería AGW	Batería Gel
Tensión	12 V	12 V
Capacidad	250Ah	200Ah
Costo Unitario	S/1,432.66	S/1.393.06

Nota. Datos elaborados con base en *Autosolar Energy Solutions SLU (2024)*.

Teniendo las capacidades de las baterías y el nivel de tensión que funcionan se determinarán la cantidad de baterías que se usarán, ello se calcula en base a la siguiente formula

$$\text{Cant.Bat. Serie} = \frac{\text{Volaje del Sistema}}{\text{Voltaje de la Bat.}}$$

$$\text{Cant.Bat. Paralelo} = \frac{C.Bat (Ah)}{C.Bat Elegida (AH)}$$

Tabla 11

Tipos de baterías versus costo de inversión

Marca	Voltaje	Capacidad	Cant. Serie	Cant. Paralelo	Costo	Costo Total
Tensite	12v	250Ah	2	1	S/1,432.66	S/2,865.32
Ultracell	12 v	200Ah	2	2	S/1.393.06	S/5,572.24

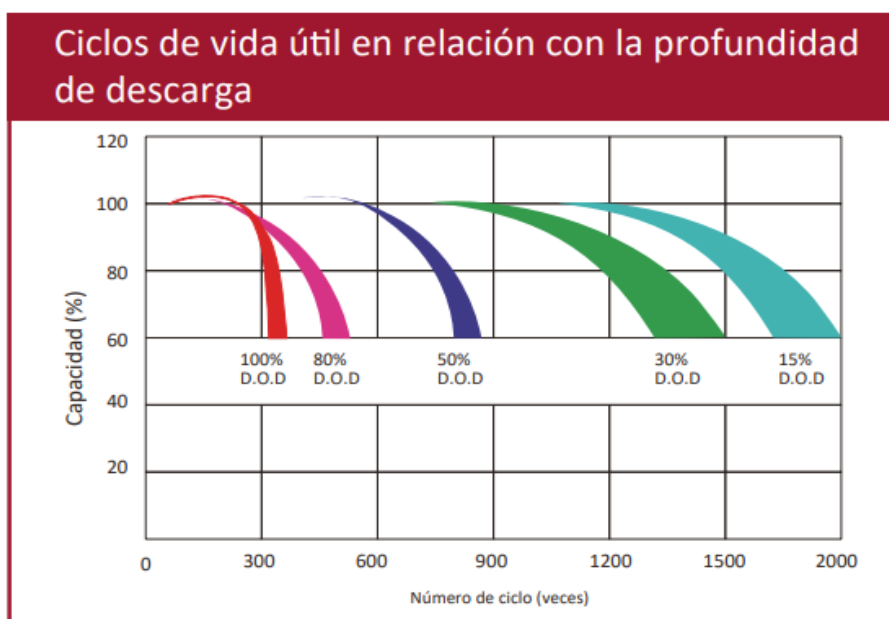
Nota. Datos elaborados con base en Autosolar Energy Solutions SLU (2024).

Como se observa en la tabla presente, para un batería con capacidad de 200 Ah se tendría que utilizar 4 baterías, mientras que en las baterías de 250Ah de capacidad solo serian 2 baterías, por tal motivo se utilizara la batería AGM 12V 250Ah Tensite.

Para determinar el tiempo de vida estimada de la batería seleccionada, ello nos basaremos en el gráfico de descarga de la batería seleccionada.

Figura 48

Nivel de descarga de la batería Tensite.



Nota. Adaptado de Tensite (s.f.). Recuperado de: https://cdn.autosolar.pe/pdf/Ficha-tecnica-tensite-AGM-12-250_V1.pdf

Teniendo presente que la capacidad de descarga que se ha dimensionado la batería es del 30%, se determina el tiempo de vida estimado de la batería.

$$\text{Tiempo de Vida} = \frac{\text{Ciclo de vida}}{\text{Días}}$$

$$\text{Tiempo de Vida} = \frac{1500}{365} = 3.84 \text{ Años}$$

Por lo tanto, se tiene que el tiempo de vida de ambas baterías es de aproximadamente 3.85 años; sin embargo, con un mantenimiento preventivo anual y con las condiciones de temperaturas y operaciones adecuadas pueden prolongarse hasta unos 10 años, tal como indica su hoja de datos técnicos.

Teniendo presente el tiempo de vida de un proyecto de sistema fotovoltaico que son de 25 años, se tendría que la alternativa seleccionada es la más adecuada. Véase el Anexo F: Criterios para la selección de baterías e inversor para la casa malla para ver el cálculo eléctrico resumidos.

5.3.10. Selección de los conductores

Según (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía , 2011), establece que para deben tener una sección adecuada la cual no deben sobrepasar el 1.5% de caída de tensión.

Así mismo, (Ministerio de Energía de Chile-Superintendencia de Electricidad y Combustible, 2017) en su Reglamento “D.S. N°71 REGLAMENTO DE LA LEY N° 20.571, QUE REGULA EL PAGO DE LAS TARIFAS ELÉCTRICAS DE LAS GENERADORAS RESIDENCIALES” establece que los conductores deben dimensionarse 1.25 veces la máxima corriente del circuito fotovoltaico, los niveles de tensión de aislamiento no deben ser inferiores a los 1000V y tener la denominación H1Z2Z2-K.

– Primer tramo “paneles solares hasta el porta-fusible”

En este tramo debemos tener presente la máxima corriente que ha de soportar el conductor, por lo tanto, la corriente máxima que ha soportar es la I_{sc} . Por lo tanto, la

sección de este tramo lo determinaremos con la formula establecida en el (Ministerio de Hacienda Presidencia de la Nación, 2019)

$$S = \frac{2 * \rho * I * L * FS}{\Delta DV * V}$$

Donde:

S : Sección del Cable(mm²)

I : Corriente en Amp

L : Longitud

V : Tensión

ΔDV : Caída de tensión

ρ : Resistividad del Cobre 0.0172 $\Omega mm^2/m$

FS : Factor de Seguridad, se encuentra entre los [1.25-1.56]

Reemplazando los valores tenemos que

$$S = \frac{2 * \frac{0.0172 \Omega mm^2}{m} * 13.97 Amp * 3 * 3m * 1.25}{1.5\% * 24}$$

$$S = 15.02 mm^2$$

Por lo tanto, la sección de conductor que se ha de utilizar será de 25 mm² de la marca PV RV-K Rojo y Negro cuya capacidad es de 101 Amperios enterrados.

– Según Tramo “porta fusible hasta el inversor”

En este tramo la sección del conductor será dimensionado de igual forma que el Primer Tramo, como es considerado una interrupción debido a la instalación del sistema de protección, tanto la capacidad de corriente emitida por los panes solares como la caída de tensión que se presenta serán de las mismas, se llega a la siguiente conclusión.

a. Conclusión

La sección de conductor que se ha de utilizar es de 25mm² marca PV RV-K Rojo y Negro cuya capacidad es de 101 Amperios enterrados.

– **Tercer Tramo “Baterías hasta el Inversor”**

En este tramo la sección del conductor será dimensionado de igual forma que el primer y segundo tramo, donde consideraremos la máxima corriente que puede brindar el cargador hasta la batería según su ficha técnica.

$$S = \frac{2 * \frac{0.0172 \Omega mm^2}{m} * 50Amp * 3m * 1.25}{1.5\% * 24}$$

$$S = 17.92 mm^2$$

Por lo tanto, la sección de conductor que se ha de utilizar es de 25mm² de la marca PV RV-K Rojo y Negro cuya capacidad es de 101 Amperios enterrados

– **Cuarto Tramo “inversor hasta el tablero AC”**

El cálculo de sección del cable en este tramo, se tendrá presente la caída de tensión que indica la norma, la cual no debe ser mayor a un 2.5%.

$$\Delta DV = \frac{0.0309 * I * L * FS}{V * S}$$

Donde:

S : Sección del Cable(mm²)

I : Corriente en Amp

L : Longitud-metros

V : Tensión-Volt

ΔDV : Caída de tensión-%

FS : Factor de Seguridad de valor 1.25

Reemplazando tenemos lo siguiente

$$\Delta DV = \frac{0.0309 * 7.70Amp * 3m}{220V * 10mm^2} * 100$$

$$\Delta DV = 0.03\% < 2.5\%$$

Por lo tanto, seleccionaremos un cable 2-1x10mm² N2XOH, el cual cumple con lo que indica la norma en relación con caída de tensión y en capacidad ya que conduce 58 Amperios en ducto o enterrado.

5.3.11. Selección de equipos de protección

– Cálculo de Equipos en corriente continua

a. Cálculo de los fusibles DC

Si tenemos que la corriente máxima que circula por el panel solar de 13.11 Amperios.

Entonces tenemos que,

$$I_d = 1.25 * I_{mp}$$

Donde:

I_d : Corriente de Diseño

I_{mp} : Corriente máxima

Reemplazando en la formula, tenemos que

$$I_d = 16.39 \text{ Amp}$$

Sin embargo, debido a que se tiene 3 paneles solares en paralelo se tendría que utilizar un fusible que resista 3 veces esa capacidad de corriente.

Por lo tanto, se seleccionará un fusible de 50 Amp

– Cálculo de equipos en corriente alterna

a. Cálculo del interruptor termomagnético de AC

Lo determinaremos mediante la capacidad del inversor que es de 1.44 kW,

$$I_n = \frac{1440}{220 * 0.95}$$

$$I_n = 7.70 \text{ Amp}$$

Para seleccionar la capacidad el ITM, este debe ser

$$I_d = 1.25 * I_n$$

$$I_d = 9.62 \text{ Amp}$$

Seleccionamos un ITM de 2x16 Amp de la marca ABB.

b. Cálculo del interruptor diferencial

En este caso el ID debe ser de una capacidad mayor al ITM, por lo tanto, la capacidad del ID será del 2x25 Amp con sensibilidad de 30m Amp de la marca ABB Tipo A 2P.

5.3.12. Sistema de aterramiento

Teniendo presente el Código Nacional de Electricidad en su sección 060-712 se determina que en baja tensión el sistema de puesta a tierra no debe ser mayor a los 25 Ohm. Teniendo presente ello. El aterramiento debe diseñarse para ese valor.

5.4. Análisis de producción de energía

Para determinar si nuestro proyecto es rentable, tenemos que determinar la cantidad de energía anual que puede producir. Según (Perpiñán Lamigueiro, Antonio, & Castro Gil, 2012) se puede determinar mediante la siguiente formula

$$E_{ac} = Pg * \frac{G_{ef,a}}{G_{stc}} * PR * (1 - FS)$$

Donde:

Pg : Potencia del generador

$G_{ef,a}$: Irradiación efectiva anual

G_{stc} : irradiación efectiva en STC

PR : Factor de rendimiento del sistema [0.4 al 0.85]

FS : Factor de Sombras

E_{ac} : Energía anual en kWh

Asimismo, los autores mencionan que el factor de sombra para sistemas estático se encuentra entre los 2% a los 4%.

Reemplazando tenemos que la producción anual es

$$E_{ac} = 3 * 500 \text{ Wp} * \frac{2298.3 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}}{1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} * 0.8 * (1 - 0.03)$$

$$E_{ac} = 2675.22 \text{ kWh}$$

5.5. Presupuesto

A continuación, se da a conocer presupuesto que conforma el sistema fotovoltaico para su ejecución.

Tabla 12

Presupuesto del sistema fotovoltaico.

ITE M	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	PRECIO	TOTAL
1.00	Equipos Fotovoltaicos				
1.01	Panel Solar 500W Deep Blue 3.0 JA Solar	UND.	3	S/550.51	S/1,651.53
1.02	Estructura 3 Paneles 144c 15° Inclínada Falcat	UND.	1	S/440.59	S/440.59
1.03	Inversor Cargador 2.4KVA 1440W 24V PWM 50A Must Solar	UND.	1	S/965.45	S/965.45
1.04	Cable Unifilar 25 mm2 POWERFLEX RV-K Negro Negro y Rojo	MTS	10	S/25.51	S/255.10
1.05	Cable N2XOH-80 10mm2, 450/750V libre de halógeno blanco y rojo + Tierra(amarillo/verde)	MTS	15	S/6.31	S/94.65
1.06	Interruptor Diferencial Monofásico 25A ABB 30mA Tipo A 2P	UND	1	S/179.27	S/179.27
1.08	Termomagnético 16A IC60N ABB Monofásico	UND	1	S/72.61	S/72.61
1.09	Tubo PVC SAP 3/4 x3mts	MTS	4	S/3.73	S/14.92

1.10	Curva PVC SAP 3/4" x 90°	UND.	4	S/1.91	S/7.64
1.11	Unión PVC SAP 3/4"	UND.	4	S/0.83	S/3.32
1.12	Cable de conexión serie de baterías	UND.	4	S/29.81	S/119.24
1.13	Tablero empotrado metálico	UND.	1	S/300.00	S/300.00
1.14	Sistema de Puesta a Tierra	UND.	1	S/900.00	S/900.00
1.15	Batería AGM 12V 250Ah Tensite	UND.	2	S/1,432.66	S/2,865.32
1.16	Kit de Consumibles (terminal tubular, tarugos abrazaderas tornillos, cintillos, tornillos autorroscantes, cintas aislantes, cintillos banderita, mangas termocontraíble, 2 rótulos, etc.)	GLB.	1	S/100.00	S/100.00
2.00	TOTAL				S/7,969.94
Personal Técnico:		01 técnico Electricistas.			
Tiempo:		01 días de trabajo diurno.			
Responsable del Registro:		Steven Melgarejo Diaz	Puesto:	Supervisor	

Nota. Elaboración propia.

5.6. Análisis de rentabilidad

5.6.1. Análisis eléctrico

Del suministro que se tendría que solicitar a Luz del Sur se tendría lo siguiente:

Tabla 13

Datos del suministro eléctrico del cliente.

Datos del Suministro	
Tarifa	BT5B Residencial
Conexión	Aérea C1.1
Sector Típico	3(SE004)
Potencia Contratada	4 KW
Nivel de Tensión	220V

Nota. Elaboración propia

Teniendo eso presenta de acuerdo con la página de Pliego Tarifario de Electricidad de Osinergmin podemos determinar que a la familia le corresponde a una tarifa de BT5B Residencial para usuarios de consumo mayores a los 140Wh al mes.

Determinando los incrementos en los costos de energía que se ha producido en los últimos 6 años (desde el 2018-2023), determinaremos el porcentaje de crecimiento en los costos de energía ha experimentado y por ende determinaremos que tan rentable es la implementación del proyecto fotovoltaico.

Tabla 14

Costo de energía del pliego tarifario final de Osinergmin.

	Costo de Energía en el año 2018	Costo de Energía en el año 2019	Costo de Energía en el año 2020
Ene.	0.6207	0.5061	0.5343
Feb	0.6413	0.5175	0.5285
Mar	0.6445	0.5163	0.5285
Abr	0.6447	0.5163	0.5285
May	0.6249	0.5145	0.5285
Jun	0.6249	0.5145	0.5285
Jul	0.6284	0.5159	0.5486
Ago	0.6279	0.5046	0.5543
Set	0.6279	0.5053	0.5543
Oct	0.6279	0.5195	0.5564
Nov	0.5054	0.5342	0.5738
Dic	0.5054	0.5342	0.5738
Promedio	0.610	0.517	0.545
Incremento		-15.361%	5.470%

Nota. Elaboración propia

Tabla 15

Costo de energía del pliego tarifario final de Osinergmin.

	Costo de Energía en el año 2021	Costo de Energía en el año 2022	Costo de Energía en el año 2023
Ene.	0.5742	0.6306	0.725
Feb	0.5724	0.6357	0.6901
Mar	0.5724	0.6357	0.6901
Abr	0.582	0.6372	0.6843
May	0.5678	0.65	0.6652
Jun	0.57	0.6505	0.6629
Jul	0.576	0.6524	0.6629

Ago	0.5961	0.6743	0.6290
Set	0.6034	0.6743	0.6311
Oct	0.634	0.6784	0.6318
Nov	0.6291	0.726	0.6671
Dic	0.6306	0.725	0.6657
Promedio	0.592	0.664	0.667
Incremento	8.718%	12.129%	0.440%

Nota. Elaboración propia

De los precios establecidos sacaremos el promedio de los incrementos establecidos para determinar un valor promedio de incremento por año en relación con el costo de la energía y así establecer el costo promedio en el año 2024.

Tabla 16

Valor promedio del incremento del costo de energía

Promedio	2.279%
Costo del 2024	0.6823 S/kWh

Nota. Elaboración propia.

Como podemos apreciar el costo probable para el 2024 sería de 68.23 ctm S/kWh, en la provincia de Cañete-Lima-Zona de Nuevo Imperial.

5.6.2. Flujo de caja anual

Tabla 17

Análisis del flujo de caja

	Costo de energía S/kWh	Energía Generada kwh/año	Ingresos Anual	Egresos por MYO	Fujo de Caja Acumulado
2024					-S/7,969.64
2025	0.68	2675.22	S/1,825.32	S/200.00	S/1,625.32
2026	0.70	2660.51	S/1,856.66	S/200.00	S/1,656.66
2027	0.71	2645.87	S/1,888.53	S/200.00	S/1,688.53
2028	0.73	2631.32	S/1,920.95	S/200.00	S/1,720.95
2029	0.75	2616.85	S/1,953.93	S/200.00	S/1,753.93

2030	0.76	2602.46	S/1,987.48	S/200.00	S/1,787.48
2031	0.78	2588.14	S/2,021.60	S/200.00	S/1,821.60
2032	0.80	2573.91	S/2,056.31	S/200.00	S/1,856.31
2033	0.82	2559.75	S/2,091.61	S/200.00	S/1,891.61
2034	0.84	2545.67	S/2,127.52	S/200.00	S/1,927.52
2035	0.85	2531.67	S/2,164.05	S/200.00	S/1,964.05
2036	0.87	2517.75	S/2,201.20	S/200.00	S/2,001.20
2037	0.89	2503.90	S/2,238.99	S/200.00	S/2,038.99
2038	0.91	2490.13	S/2,277.43	S/200.00	S/2,077.43
2039	0.94	2476.43	S/2,316.53	S/200.00	S/2,116.53
2040	0.96	2462.81	S/2,356.31	S/200.00	S/2,156.31
2041	0.98	2449.27	S/2,396.76	S/200.00	S/2,196.76
2042	1.00	2435.80	S/2,437.91	S/200.00	S/2,237.91
2043	1.02	2422.40	S/2,479.76	S/200.00	S/2,279.76
2044	1.05	2409.08	S/2,522.34	S/200.00	S/2,322.34
2045	1.07	2395.83	S/2,565.64	S/200.00	S/2,365.64
2046	1.10	2382.65	S/2,609.69	S/200.00	S/2,409.69
2047	1.12	2369.54	S/2,654.49	S/200.00	S/2,454.49
2048	1.15	2356.51	S/2,700.07	S/200.00	S/2,500.07
2049	1.17	2343.55	S/2,746.42	S/200.00	S/2,546.42

Nota. Elaboración propia.

a. Análisis del flujo de caja

- Se tomo que la tasa de interés es de: 10%
- Los niveles de Perdida de energía son del 0.05% anuales tal como indica la ficha técnica.
- Se estimo que el tiempo de vida del proyecto es de 25 año, cual corresponde al tiempo de vida promedio de los paneles solares.

5.6.3. VAN (Valor Actual Neto)

Es un indicador económico que nos indica la rentabilidad de una inversión, consiste en traer todos los ingresos y egresos futuros en valores presentes descontando a la tasa de interés que se ha planteado.

$$VAN = -E_0 + \sum_{n=1}^N \frac{FCN}{(1+r)^n}$$

Donde:

FCN : Flujos de Caja Netos

r : Tasa de Interés

N : Número de años que actualizaremos

Al ejecutar la fórmula establecida, se tiene 3 resultados los cuales son:

- a) $VAN > 0$: Quiere decir que la inversión es rentable
- b) $VAN < 0$: Quiere decir que la inversión no es rentable; es decir que no se recupera la inversión inicial realizada.
- c) $VAN = 0$: Quiere decir no existe ganancia ni pérdida al momento de realizar la inversión.

Del proyecto se puede determinar que para una tasa de inversión de 12%, se tiene el siguiente valor de VAN

Tabla 18

Valor del VAN del proyecto.

VAN
S/9,138.68

Nota. Elaboración propia.

a. Análisis

Se determina que el proyecto tiene un $VAN > 0$ por tal motivo se establece que el proyecto es rentable.

5.6.4. TIR (Tasa de Interés de Retorno)

Es un indicador económico que al igual que el VAN nos permite determinar la rentabilidad de una inversión, consiste en igual a 0 el VAN con la cual podemos establecer una comparación entre la tasa de interés realizada.

$$VAN = -E_0 + \sum_{n=1}^N \frac{FCN}{(1 + TIR)^n} = 0$$

Al ejecutar la fórmula establecida, nos da 3 posibles valores

- b. $TIR=r$: El proyecto no existe ni rentabilidad ni perdida, es indiferente invertir.
- c. $TIR>r$: El proyecto es rentable ya que el TIR es superior a la tasa de interés que ofrece el ente que brindara la inversión.
- d. $TIR<r$: El proyecto no rentable ya que el TIR es inferior a la tasa de interés que ofrece el ente que brindara la inversión.

Del proyecto se puede determinar que el valor de la Tasa de Interés de Retorno es de siguiente valor.

Tabla 19

Valor del TIR del proyecto.

TIR
22.08%

Nota. Elaboración propia.

a. Análisis

Se determina que el TIR es mayor que la tasa de interés establecida para el análisis, la cual determina que el proyecto es rentable.

5.6.5. Payback

Es un indicador que nos permite determinar el tiempo que nos tomará recuperar la inversión realizada, su resultado nos permite determinar si el negocio a invertir es rentable; sin embargo, suele no ser un buen indicador debido a que no toma en cuenta criterios como la inflación, entre otras variables. Su fórmula se representa como:

$$PAYBACK = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{RESULTADO DEL FLUJO DE CAJA}}$$

Del análisis realizado tenemos que el valor del PayBack es de 5 años.

Tabla 20

Valor del PRI del proyecto.

PRI
5.0 años

Nota. Elaboración propia.

a. Análisis

Se determina que el tiempo de recuperar la inversión es de 5 años, sin embargo, este periodo de tiempo puede ser variable debido a diversos factores tales como tipo de cambio del dólar, inflación, catástrofes inesperadas, etc.

5.7. Evaluación mediante simulación

Mediante simulación con el software PVsyst 7.4, un software especializado para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos, se buscará corroborar los resultados obtenidos mediante las hojas de cálculos y fórmulas convencionales que se utilizaron.

Para los valores del nivel de irradiación se seleccionará la base de datos de la NASA que presenta el software.

Figura 49

Nivel mensual de irradiación

	Irradiación horizontal global kWh/m ² /día	Irradiación difusa horizontal kWh/m ² /día	Temperatura °C
Enero	6.15	1.94	19.8
Febrero	6.28	1.85	20.4
Marzo	6.29	1.53	20.7
Abril	6.12	1.26	20.9
Mayo	4.98	1.25	20.5
Junio	3.68	1.46	19.7
Julio	3.49	1.57	19.3
Agosto	3.94	1.81	19.6
Septiembre	4.84	1.97	19.8
Octubre	5.65	2.05	19.7
Noviembre	5.98	2.05	19.3
Diciembre	5.96	1.96	19.6
Año	5.27	1.72	19.9

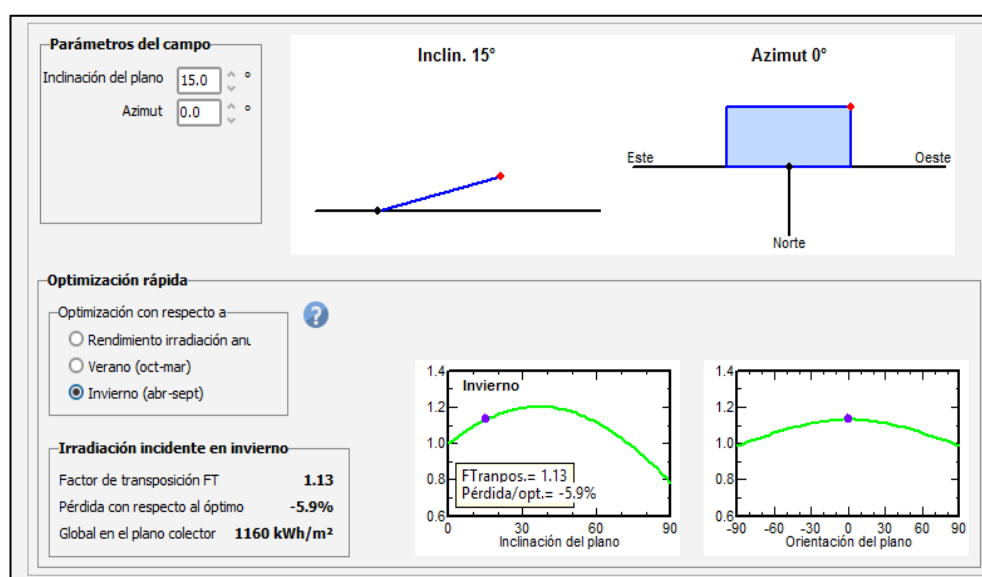
Irradiación horizontal global variabilidad año a año 12.5%

Nota. Adaptado de PVsyst (2024).

Asimismo, se indicará en grado de inclinación que poseerán los paneles solares con el objetivo de aprovechar el máximo potencial solar. Teniendo presente que en el periodo de invierno los niveles de irradiación global son inferiores; se indicara al software que dimensione el sistema fotovoltaico en base esa condición.

Figura 50

Orientación del panel solar.



Nota. Adaptado de PVsyst (2024)

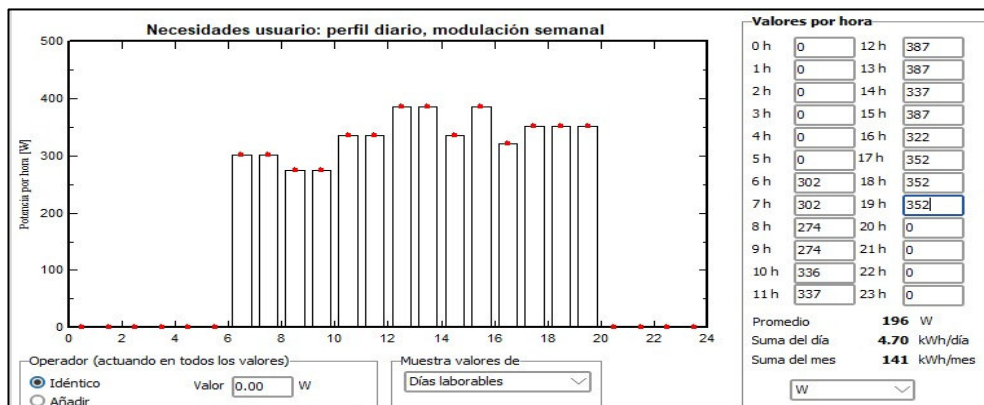
Como se observa en la figura 50, para el periodo de invierno el mayor ángulo de orientación tiene que ser inferior a los 20°; por consiguiente, se evidencia que la inclinación de 15° resultante de la fórmula empleada concuerda con el valor obtenido. Además, permite seleccionar una estructura de posición fija ya que el grado de inclinación es de un valor comercial que fácil es encontrada.

Luego de obtener el valor de orientación, se introduce los valores de consumo de la carga de forma diaria para así el aplicativo nos pueda determinar el valor diario de consumo energético de todos los equipos seleccionados de la casa malla hidropónica y se procederá a realizar la simulación, obteniéndose los valores promedios de potencia y energía consumida.

A continuación, se presenta la representación gráfica entregada por el software.

Figura 51

Perfil de consumo diario.

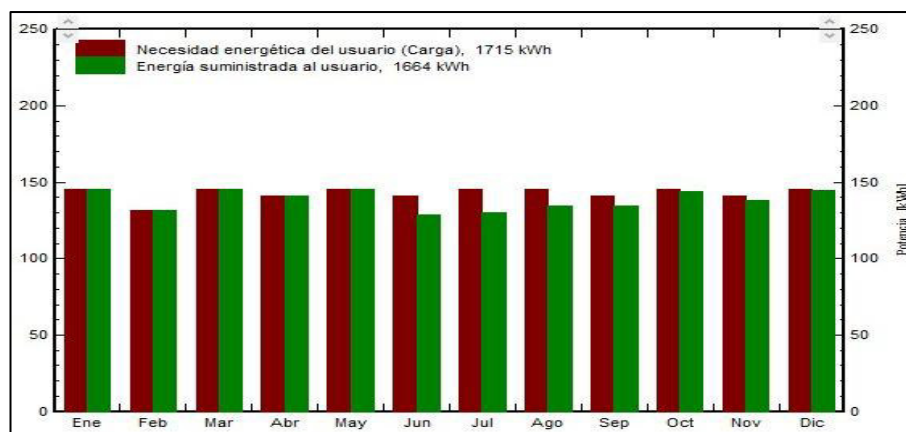


Nota. Adaptado de PVsyst (2024).

En la figura 51 se observa que el software nos muestra que el consumo energético que realizaremos es casi constante durante un periodo de un día y que el consumo de potencia es de 196 watts y un consumo de energía de 4.70 kwh/día.

Figura 52

Energía entregada vs energía requerida.



Nota. Adaptado de PVsyst (2024).

Una vez simulado, se observa en la figura 52 que el consumo de energía requerida es mayor a la energía suministrada en los periodos de Junio, Julio y Agosto debido a que a las pérdidas colectivas del sistema fotovoltaico. Por lo cual, la implementación de un

sistema de baterías como fuente de almacenamiento resulta una elección adecuada para el proyecto. Véase el Anexo B: Diagrama de pérdidas de la simulación obtenida de PVsyst. Asimismo, el nivel de energía que se requiere en esos periodos se tendrá que obtener el balance de energía que brinda el software PVsyst 7.4, la cual se adjunta a continuación.

Figura 53

Balance de energía de la simulación.

Balances and main results								
	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	190.6	170.9	221.6	69.9	0.00	145.7	145.7	1.001
February	175.8	165.8	214.5	81.9	0.00	131.6	131.6	1.001
March	195.0	195.6	251.4	97.0	0.00	145.7	145.7	1.001
April	183.6	197.6	253.0	107.4	0.00	141.0	141.0	1.001
May	154.4	175.5	227.8	77.8	0.00	145.7	145.7	1.001
June	110.4	125.6	164.0	31.1	12.18	128.8	141.0	0.914
July	108.2	120.0	156.1	21.3	15.30	130.4	145.7	0.895
August	122.1	131.0	170.8	31.6	11.54	134.1	145.7	0.921
September	145.2	148.3	191.8	54.6	6.59	134.4	141.0	0.954
October	175.1	168.8	219.1	67.6	1.80	143.9	145.7	0.988
November	179.4	162.5	210.4	67.5	2.72	138.2	141.0	0.982
December	184.8	162.8	211.9	62.2	0.81	144.9	145.7	0.995
Year	1924.7	1924.4	2492.4	770.0	50.94	1664.1	1715.1	0.971

Nota. Adaptado de PVsyst (2024).

Como se evidencia en la figura 53 en los periodos antes mencionados se evidencia que los niveles de energía que no puede entregar el sistema fotovoltaico debido a las pérdidas presentan como máximo un 15.30kWh al mes; sin embargo, dichos valores son resultados de la sumatorias de días que no se puede suministrar energía; por lo tanto, se evidencia que la instalación de un arreglo de baterías es una correcta elección.

Además, existen periodos en donde la energía suministrada por el sistema fotovoltaico es superior a lo requerida por la carga, por ello; el dimensionamiento realizado puede cubrir de forma adecuada la carga que presenta la casa malla hidropónica y cargas adicionales que se requieran ir agregando de acuerdo con el funcionamiento del proyecto.

Ante ello se realizó una simulación equipos similares a la seleccionados para poder corroborar que el sistema fotovoltaico a implementar satisface de energía eléctrica de forma correcta a la casa malla hidropónica sin tener algún problema de racionamiento ante la ausencia de sol.

5.8. Análisis de un suministro a distancia

Otra alternativa para poder suministrar de energía eléctrica a la casa malla hidropónica sería por medio de una la solicitud de un suministro a distancia se realizaría en el punto de suministro más cercano que es el poste N. °101919374, en cual se tendría que adjuntar los requerimientos establecidos por la distribuidora de electricidad.

Como también establecer los criterios técnicos – económicos de su desarrollo debido a que se encuentra a una distancia aproximada de 50 metros desde la ubicación del predio que se está evaluando.

Remítase al Anexo C: Fotografías obtenidas de la visita a campo para una mejor perspectiva de la ubicación del terreno y recorrido que tendrá que realizar el cable alimentador hasta el poste N. °101919374.

Figura 54

Poste N°101919374



Nota. Elaboración propia.

Tabla 21

Presupuesto de un suministro a distancia subterráneo.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	PRECIO	TOTAL
1.00	Presupuesto de Luz del Sur				
1.01	Conexión monofásica aérea mayor 3kW hasta los 10kW BT5B	Glb.	1	S/437.00	S/437.00
1.02	Murete de baja tensión monofásica	UND	1	S/203.00	S/203.00
1.03	Mástil de 6.0 metros	UND	1	S/175.00	S/175.00
1.04	IGV 18%	Glb.	1	S/146.70	S/146.70
2.00	Equipos de Suministro a Distancia				
2.01	Cable THW 6AWG, 450/750V negro	MTS	200	S/10.65	S/2,130.00
2.02	Interruptor Diferencial Monofásico 25A ABB 30mA Tipo A 2P	UND	1	S/179.27	S/179.27
2.03	Termomagnético 25A IC60N ABB Monofásico	UND	1	S/77.88	S/77.88
2.04	Tubo PVC SAP 2" x3mts	UND	42	S/31.00	S/1,302.00
2.05	Curva PVC SAP 2" x 90°	UND	15	S/8.90	S/133.50
2.06	Unión PVC SAP 2" x 90°	UND	40	S/6.50	S/260.00
2.07	Elaboración de trabajos civiles (zanja, tendido, cinta de señalización, adecuación del terreno)	Glb.	1	S/1,000.00	S/1,000.00
2.08	Tablero empotrado metálico	UND	1	S/300.00	S/300.00
2.09	Sistema de Puesta a Tierra	UND	1	S/900.00	S/900.00
2.10	Trámites administrativos (Título de propiedad, autorización municipal)	Glb.	1	S/300.00	S/300.00
2.11	Realización de Planos de Ubicación,Eléctricos,firmados por un colegiado	Glb.	1	S/400.00	S/400.00
2.12	Kit de Consumibles (terminal tubular, tarugos abrazaderas tornillos, cintillos,tornillos autorroscantes, cintas aislantes, cintillos banderita, mangas termocontraible, 2 rótulos,etc)	Glb.	1	S/100.00	S/100.00
3.00	TOTAL				S/8,044.35

Nota. Presupuesto de Suministro a Distancia. Elaboración propia.

a. Flujo de caja anual

Tabla 22

Análisis del flujo de egresos anuales

	Costo de energía S/kWh	Energía Consumida kwh/año	Egresos Anuales	Egresos por MYO	Fujo de Caja Acumulado
2024					S/8,044.35
2025	0.68	1692.6	S/1,154.87	S/200	S/1,354.87
2026	0.70	1692.6	S/1,181.19	S/200	S/1,381.19
2027	0.71	1692.6	S/1,208.12	S/200	S/1,408.12
2028	0.73	1692.6	S/1,235.66	S/200	S/1,435.66
2029	0.75	1692.6	S/1,263.82	S/200	S/1,463.82
2030	0.76	1692.6	S/1,292.63	S/200	S/1,492.63
2031	0.78	1692.6	S/1,322.09	S/200	S/1,522.09
2032	0.80	1692.6	S/1,352.23	S/200	S/1,552.23
2033	0.82	1692.6	S/1,383.05	S/200	S/1,583.05
2034	0.84	1692.6	S/1,414.58	S/200	S/1,614.58
2035	0.85	1692.6	S/1,446.82	S/200	S/1,646.82
2036	0.87	1692.6	S/1,479.80	S/200	S/1,679.80
2037	0.89	1692.6	S/1,513.53	S/200	S/1,713.53
2038	0.91	1692.6	S/1,548.03	S/200	S/1,748.03
2039	0.94	1692.6	S/1,583.31	S/200	S/1,783.31
2040	0.96	1692.6	S/1,619.40	S/200	S/1,819.40
2041	0.98	1692.6	S/1,656.31	S/200	S/1,856.31
2042	1.00	1692.6	S/1,694.07	S/200	S/1,894.07
2043	1.02	1692.6	S/1,732.68	S/200	S/1,932.68
2044	1.05	1692.6	S/1,772.18	S/200	S/1,972.18
2045	1.07	1692.6	S/1,812.57	S/200	S/2,012.57
2046	1.10	1692.6	S/1,853.89	S/200	S/2,053.89
2047	1.12	1692.6	S/1,896.14	S/200	S/2,096.14
2048	1.15	1692.6	S/1,939.36	S/200	S/2,139.36
2049	1.17	1692.6	S/1,983.57	S/200	S/2,183.57

Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO VI:

CONCLUSIONES

1. Se realizó la evaluación técnica y económica de la instalación de un sistema fotovoltaico que cumple con los parámetros de eficiencia requeridos para energizar los equipos que conforman la casa malla hidropónico, comprobándose que requiere de 3 paneles fotovoltaicos de 500 Wp, un inversor- de 1440W, 2 baterías en serie de 12V 250Ah y cables de 25mm² RV-K.
2. Se propuso criterios esenciales para evaluar un sistema fotovoltaico los cuales se consideraron en establecer de forma idónea los parámetros eléctricos que brinden confiabilidad en su funcionamiento, en contemplar las condiciones climatológicas de la ubicación del proyecto, interpretar de forma coherente los indicadores económicos y su comprobación mediante el software PVsyst 7.4.
3. Se logró determinar la demanda de los equipos a instalar en una casa malla hidropónica mediante una proyección estadística del consumo que realizarían en un día de funcionamiento teniendo presente las condiciones ambientales y requerimientos esenciales de los cultivos hidropónicos. (Anexo D: Proyección de la demanda de los equipos de la casa malla)
4. Se corroboró que para la tasa de interés del 10% y el periodo de 25 años que es el tiempo de vida estimado para un sistema fotovoltaico los indicadores económicos con el VAN, TIR y el payback muestran resultados rentables en la inversión.
5. Se comprobó que la segunda alternativa más rentable para suministrar de energía eléctrica a la casa malla hidropónica consiste en la solicitud de un suministro a distancia que conlleva en la ejecución de un canalizado con tubería PVC de 2 “pulgadas de forma subterránea hasta el poste N°101919374 de la distribuidora de electricidad Luz del Sur.

CAPÍTULO VII:

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda implementar un plan de mantenimiento preventivo con un periodo como mínimo 6 meses y como máximo 12 meses, lo cual debe ser realizado por un personal técnico especializado con todas las medicadas de seguridad y así mismo se debe de hacer la entrega de un protocolo de pruebas de los equipos que conforman el sistema fotovoltaico como como también un certificado de operatividad firmado por un ingeniero electricista o mecánico electricista colegiado.
2. Se debe de realizar un plan de mantenimiento preventivo con un periodo como mínimo de 6 meses y como máximo de 12 meses al sistema de puesta a tierra, en la cual se le debe presentar un informe técnico, un protocolo de prueba y un certificado de operatividad firmado por un ingeniero electricista o mecánico electricista colegiado.
3. Se recomienda recibir capacitación constante sobre la tecnología que se encuentra implementado con el fin de buscar el máximo beneficio de la instalación. Y comprar los equipos de buena calidad con el fin de evitar algún tipo de percance al momento de su instalación.

CAPÍTULO VIII: BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, J., & Hontoria, L. (2007). *Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos*. En *Fundamentos, dimensionado y aplicaciones de la energía solar fotovoltaica* (pág. 26). Madrid-España: Ciemat.
- Autosolar Energy Solutions SLU. (2024). *AUTOSOLAR*. Recuperado el 13 de Mayo de 2023
- Alarcón, A. M. (2020). *Energía solar fotovoltaica* (Primera ed.). Málaga, España: Elearning S.L.
- Andreau, R., Giménez, D., & Beltrano, J. (2015). *Cultivo en hidroponía*. La Plata: edulp.
- Aparicio, M. P. (2010). *Radiación solar y su aprovechamiento energético*. Barcelona: MARCOMBO S.A.
- BCRP. (2024). *ACTIVIDAD ECONÓMICA: ENERO 2024*. Lima.
- Beltrano, J., & O. Gimenez, D. (2015). *Cultivo en hidroponía*. La Plata: edulp.
- Burdick, J., & Schmidt, P. (2017). *Install Your Own Solar Panels: Designing and Installing a Photovoltaic System to Power Your Home*. Storey Publishing, LLC.
- Burgos, D. d.-U. (29 de Mayo de 2018). EERR - T4: E solar fotovoltaica - Efecto fotovoltaico. España. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=9SVnpWChlQc>
- C.W.Krauter, S. (2006). *Solar Electric Power Generation-Photovoltaic Energy Systems* (Primera ed.). Río de Janeiro, Brasil: Springer. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-540-31346-5>

- Carabias, J. R. (24 de Diciembre de 2020). *Seiscubos*. Obtenido de <https://www.seiscubos.com/blog/energias-renovables-vs-energias-fosiles-parte-ii>
- CENERGÍA. (1 de Marzo de 2019). *Centro de Conservación de Energía y del Ambiente*. Obtenido de <https://cenergia.org.pe/blog/radiacion-solar-peru-irradiancia-radiacion/>
- Díaz, G. L. (Abril de 2021). EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LOS INVERNADEROS HORTÍCOLAS EN EL ÁREA DE ALMERÍA PARA LA COMPATIBILIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA CON LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA. Almería, España. Obtenido de <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/10364/01.%20Tesis.pdf?sequence=1>
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes* (4 ed.). New Jersey, U.S.A: John Wiley & Sons, Inc. doi:10.1002/9781118671603
- Durán Auccatinco, J., Cutipa Zamalloa, D., Quispe Pérez, H., Amézaga Rodríguez, C., & Salcedo Torcello, A. (2016). *GUÍA DE CONSTRUCCIÓN Y MANEJO DE INVERNADEROS PARA LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS Y FRUTAS EN ZONAS ALTO ANDINAS*. Cusco: Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de Las Casas-CBC.
- Endesa. (22 de Enero de 2022). *Energía de biomasa: qué es, cómo funciona y sus ventajas*. Obtenido de <https://www.endesa.com/es/la-cara-e/centrales-electricas/energia-biomasa>
- Endesa Energía . (02 de Agosto de 2021). Obtenido de <https://www.endesa.com/es/la-cara-e/energias-renovables/energia-eolica>
- FAO. (25 de Agosto de 2022). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <https://www.fao.org/peru/noticias/detail-events/es/c/1603081/>

- FAO; FIDA; OMS; PMA; UNICEF. (2022). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2022. Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable*. Roma, Italia: FAO; FIDA; OMS; PMA; UNICEF. doi:<https://doi.org/10.4060/cc0639en>
- Front, E. V. (Agosto de 2020). *Energía renovables y no renovables Ventajas y desventajas de ambos tipos de energía*. Chile: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Obtenido de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/29102/1/B_CN_Energia_renovable_y_no_renovableventajas_y_desventajas_final.pdf
- García, A. O. (01 de Febrero de 2021). *Seiscubos*. Obtenido de <https://www.seiscubos.com/conocimiento/aspectos-geometricos>
- IEA. (2022). *Renewables 2022-Analysis and forecast to 2027*. Paris: IEA. Obtenido de <https://www.iea.org/reports/renewables-2022>
- INDECI y UNICA. (2002). *MAPA DE PELIGROS, PLAN DE USOS DEL SUELO Y PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE LOS EFECTOS PRODUCIDOS POR LOS DESASTRES NATURALES DE LAS CIUDADES DE LA PROVINCIA DE CAÑETE*. Lima, San Vicente. Obtenido de <https://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/INDECI/Mapa%20de%20peligros%20de%20las%20ciudades%20de%20Canete.%202002..pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *REGION LIMA- RESULTADOS DEFINITIVOS* (Vol. 16). Lima, Lima, Perú. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1550/15BTOMO_01.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2022). *Acceso a los servicios básicos en el Perú 2021*. Lima, Lima, Perú. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1863/libro.pdf
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía . (2011). *Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaicas Pliegos de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red*. Madrid.

- López, M. V. (2013). *Ingeniería de la Energía Eólica*. Barcelona: Marcombo.
- Ministerio de Energía de Chile-Superintendencia de Electricidad y Combustible. (2017). *Diseli y Ejecución de las Instalaciones fotovoltaicas conectadas a Redes de Distribución*. Chile.
- Ministerio de Hacienda Presidencia de la Nación. (2019). *MANUAL DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA SOLAR FOTOVOLTAICA*. Buenos Aires: Secretaria de Gobierno de Energia.
- Morón, J. A. (2009). *Sistema Eléctricos de Distribución*. Reverté.
- Pérez Pradel, A., & Romero Molotla, R. (Marzo de 2019). Construcción y Automatización de un Invernadero Hiropónimo Tipo N.F.T. Ciudad de Mexico, Mexico.
- Perpiñán Lamigueiro, Ó., Antonio, C., & Castro Gil, M. (2012). *DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS*. España: Progenza.
- Rashid, M. H. (1995). *Electrónica de Potencia* (Segunda ed.). (G. S. Garcia, Trad.) México: Prentice Hall Inc.
- Sampath Kumar, D., Mert Yagli, G., Kashyap, M., & Srinivasan, D. (2020). Solar irradiance resource and forecasting: acomprehensive review. *The Institution of Engineering and Technology*, 1642. doi:<https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2019.1227>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (21 de marzo de 2018). *Gobierno de Mexico*. Recuperado el 30 de abril de 2023, de <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/como-cuidar-el-agua-hidroponia-y-tecnificacion#:~:text=La%20hidropon%C3%ADa%20permite%20cultivar%20incluso,fertilizantes%2C%20pesticidas%20y%20maquinaria%20agr%C3%ADcola>.
- Soto Sulca, R. W., Muñoz Rojas, J. K., & Cáceres Quispe, Y. N. (Mayo de 2021). Impacto social y económico del Corredor Vial Cañete – Perú . *TECNO HUMANISMO*, 1(4), 16-36. doi:<https://doi.org/10.53673/th.v1i4.12>

- Tijero, R. H. (2022). Mejoramiento de la eficiencia energética con sistema On-Grid de paneles solares para una empresa textil en Villa El Salvador-Lima. Lima, Perú.
- Vargas, L. A. (Noiembre de 2008). DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA ON/OFF PARA APLICACIONES EN INVERNADERO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR Y GAS NATURAL. Lima, Perú.
- Velasco, J. G. (2009). *Energía renovables*. VERETÉ S.A.
- Yahyaoui, I. (2018). *Advances in Renewable Energies and Power Technologies* (Vol. I). Madrid, España: Elsevier Science. doi:<https://doi.org/10.1016/C2016-0-04518-7>

CAPÍTULO IX:

ANEXOS

Anexo A: Reporte de simulación obtenida de PVsyst



Version 7.4.8

PVsyst - Simulation report

Standalone system

Project: Nuevo Proyecto

Variant: Nueva variante de simulación

Standalone system with batteries

System power: 1500 Wp

Caltopilla - Perú

Author


PVsyst V7.4.8

VC0, Simulation date:
12/12/24 10:15
with V7.4.8

Project: Nuevo Proyecto
Variant: Nueva variante de simulación

Project summary
Geographical Site

Caltopilla

Perú

Situation

Latitude

-13.08 °S

Longitude

-76.24 °W

Altitude

247 m

Time zone

UTC-5

Project settings

Albedo

0.20

Weather data

Caltopilla

NASA-SSE satellite data 1983-2005 (modified by user) - Sintético

System summary
Standalone system
PV Field Orientation

Fixed plane

Tilt/Azimuth 15 / 0 °

Standalone system with batteries
User's needs

Daily profile

weekly modulation

Average 4.7 kWh/Day

System information
PV Array

Nb. of modules

3 units

Prm total

1500 Wp

Battery pack

Technology

Lead-acid, vented, tubular

Nb. of units

4 units

Voltage

24 V

Capacity

250 Ah

Results summary

Useful energy from solar 1664.14 kWh/year

Specific production 1109 kWh/kWp/year

Perf. Ratio PR

56.41 %

Missing Energy 50.94 kWh/year

Available solar energy 2492.43 kWh/year

Solar Fraction SF

97.10 %

Excess (unused) 769.96 kWh/year

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Detailed User's needs	4
Main results	5
Loss diagram	6
Pref. graphs	7



PVsyst V7.4.8

VC0. Simulation date:
12/12/24 10:15
with V7.4.8

Project: Nuevo Proyecto

Variant: Nueva variante de simulación

General parameters

Standalone system		Standalone system with batteries	
PV Field Orientation		Sheds configuration	
Orientation		No 3D scene defined	
Fixed plane			
Tilt/Azimuth	15 / 0 °		
User's needs		Models used	
Daily profile		Transposition	Perez
weekly modulation		Diffuse	Perez, Meteonorm
Average	4.7 kWh/Day	Circumsolar	separate

PV Array Characteristics

PV module		Battery	
Manufacturer	Maysun Solar	Manufacturer	Electrona
Model	MS-500-MB-50H-100cells	Model	Dural SC
(Original PVsyst database)		Technology	Lead-acid, vented, tubular
Unit Nom. Power	500 Wp	Nb. of units	4 in series
Number of PV modules	3 units	Discharging min. SOC	20.0 %
Nominal (STC)	1500 Wp	Stored energy	4.8 kWh
Modules	3 string x 1 in series	Battery Pack Characteristics	
At operating cond. (50°C)		Voltage	24 V
Pmpp	1373 Wp	Nominal Capacity	250 Ah (C10)
U mpp	26 V	Temperature	External ambient temperature
I mpp	53 A		
Controller		Battery Management control	
Universal controller		Threshold commands as	SOC calculation
Technology	MPPT converter	Charging	SOC = 0.92 / 0.75
Temp coeff.	-5.0 mV/°C/Elem.	approx.	27.3 / 24.8 V
Converter		Discharging	SOC = 0.20 / 0.45
Maxi and EURO efficiencies	97.0 / 95.0 %	approx.	23.3 / 24.1 V
Total PV power			
Nominal (STC)	1.50 kWp		
Total	3 modules		
Module area	7.2 m²		

Array losses

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Series Diode Loss				
Module temperature according to irradiance		Global array res.		Voltage drop				
Uc (const)	20.0 W/m²K	Loss Fraction		Loss Fraction				
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s							
Module Quality Loss		Module mismatch losses		Strings Mismatch loss				
Loss Fraction		Loss Fraction		Loss Fraction				
-0.5 %		0.0 % at MPP		0.1 %				
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000



PVsyst V7.4.8

VC0, Simulation date:
12/12/24 10:15
with V7.4.8

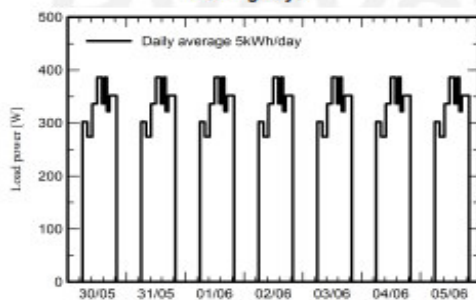
Project: Nuevo Proyecto
Variant: Nueva variante de simulación

Detailed User's needs

Daily profile, weekly modulation, average = 4.7 kWh/day

Working Days	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	302.3	302.0	274.0	274.0	336.0	336.5	W
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	
	386.5	386.5	336.5	386.5	322.0	352.0	352.0	352.0	0.0	0.0	0.0	0.0	W
Week-End	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	W
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	W

Working Days





PVsyst V7.4.8

VC0, Simulation date:
12/12/24 10:15
with V7.4.8

Project: Nuevo Proyecto
Variant: Nueva variante de simulación

Main results

System Production

Useful energy from solar 1664.14 kWh/year
Available solar energy 2492.43 kWh/year
Excess (unused) 769.96 kWh/year

Perf. Ratio PR 56.41 %

Solar Fraction SF 97.10 %

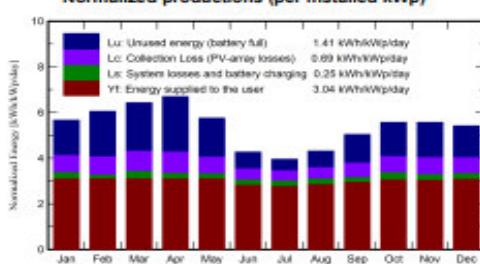
Loss of Load

Time Fraction 0.0 %
Missing Energy 50.94 kWh/year

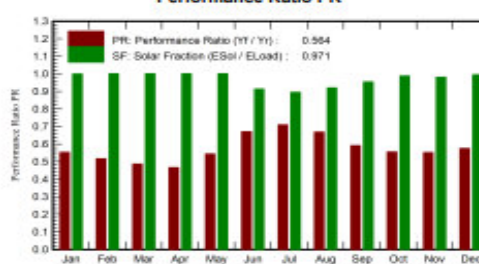
Battery aging (State of Wear)

Cycles SOW 85.8 %
Static SOW 90.7 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor	GlobEff	E_Avail	EUnused	E_Miss	E_User	E_Load	SolFrac
	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	ratio
January	190.6	170.9	221.6	69.9	0.00	145.7	145.7	1.001
February	175.8	165.8	214.5	81.9	0.00	131.6	131.6	1.001
March	195.0	195.6	251.4	97.0	0.00	145.7	145.7	1.001
April	183.6	197.6	253.0	107.4	0.00	141.0	141.0	1.001
May	154.4	175.5	227.8	77.8	0.00	145.7	145.7	1.001
June	110.4	125.6	164.0	31.1	12.18	128.8	141.0	0.914
July	108.2	120.0	156.1	21.3	15.30	130.4	145.7	0.895
August	122.1	131.0	170.8	31.6	11.54	134.1	145.7	0.921
September	145.2	148.3	191.8	54.6	6.59	134.4	141.0	0.954
October	175.1	168.8	219.1	67.6	1.80	143.9	145.7	0.988
November	179.4	162.5	210.4	67.5	2.72	138.2	141.0	0.982
December	184.8	162.8	211.9	62.2	0.81	144.9	145.7	0.995
Year	1924.7	1924.4	2492.4	770.0	50.94	1664.1	1715.1	0.971

Legends

GlobHor Global horizontal irradiation
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
E_Avail Available Solar Energy
EUnused Unused energy (battery full)
E_Miss Missing energy

E_User Energy supplied to the user
E_Load Energy need of the user (Load)
SolFrac Solar fraction (EUsed / ELoad)

Anexo B: Diagrama de pérdidas de la simulación obtenida de PVsyst

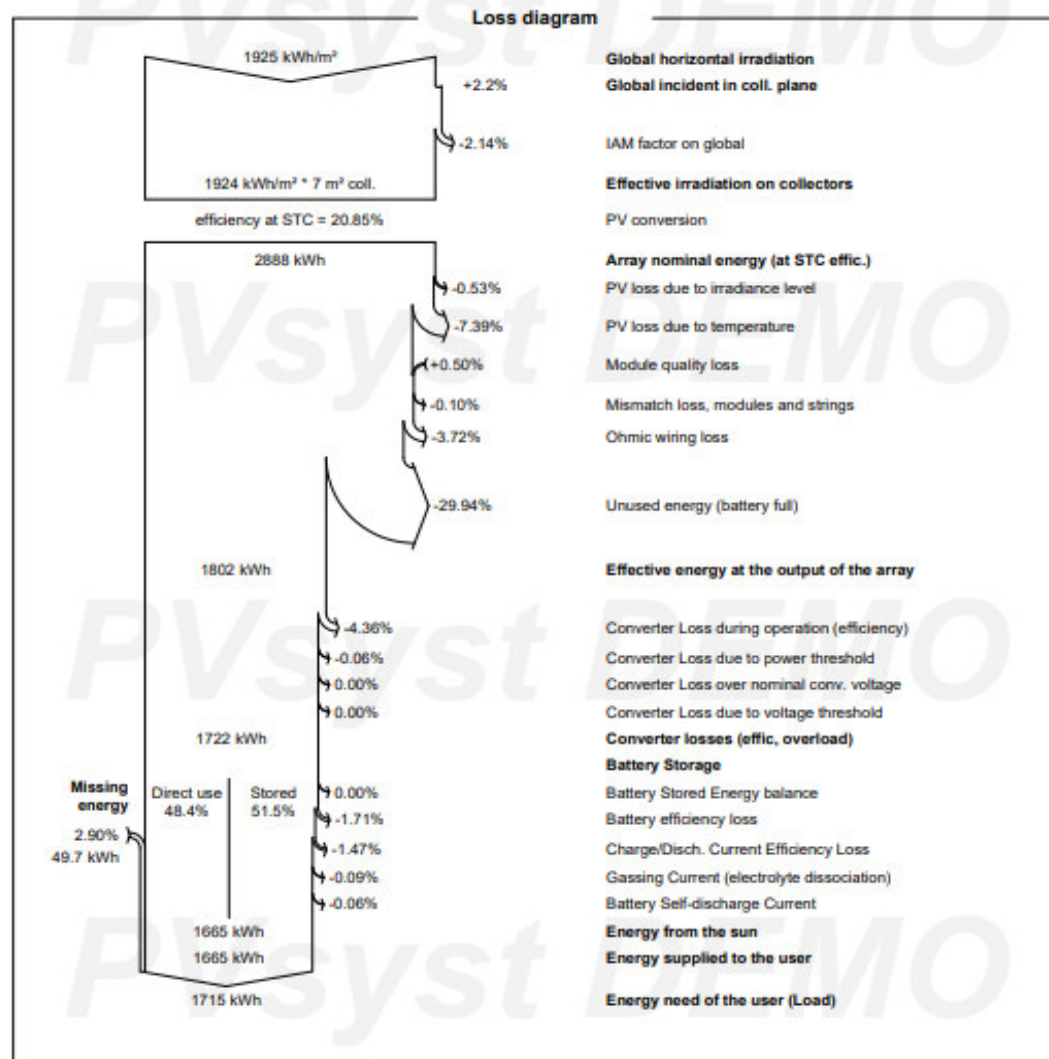


PVsyst V7.4.8

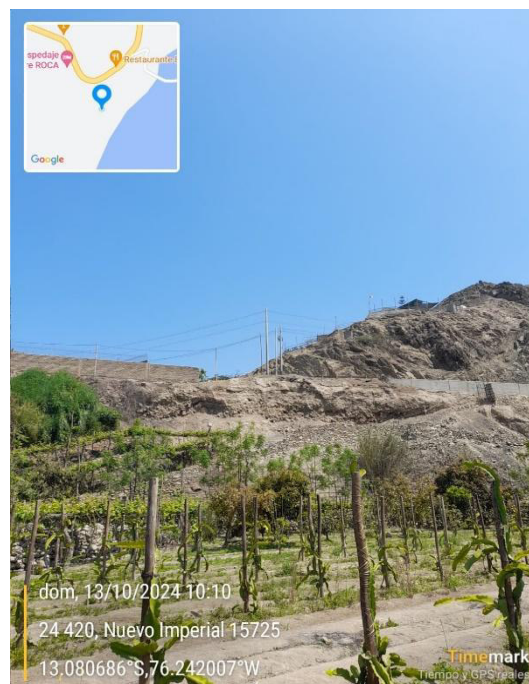
VC0, Simulation date:
12/12/24 10:15
with V7.4.8

Project: Nuevo Proyecto

Variant: Nueva variante de simulación



Anexo C: Fotografías obtenidas de la visita a campo





Anexo D: Proyección de la demanda de los equipos de la casa malla

Cuadro de Carga de Potencia

	CUADRO DE CARGAS					
	ITEM	DESCRIPCION	Potencia Útil (W)	Eficiencia	Potencia Instalada	Máxima Demanda
Tablero General	1	Carga Base-Primeros 90m²	2500	1	2500	2500.0
	3	Bomba de Agua 1HP	746	0.96	777.1	621.7
	4	Extractor de Aire	500	0.96	520.8	416.7
	5	Ventilador	220	0.96	229.2	183.3
	6	Reserva	1000	1	1000.00	1000.0
	Total				5027.1	4721.7
	Factor de Simultaneidad				0.7	
	Potencia Contratada teórica(kW)				3.52	
	Potencia Contratada Final(kW)				4.00	
	Tensión				220	
	Frecuencia(Hz)				60	
	Sistema				Monofásico	

Cuadro de Carga de Energía

CUADRO DE CARGAS						
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	POTENCIA (W)	POTENCIA TOTAL(W)	HORAS/DIA	ENERGIA (Wh/día)
1	Bomba de Agua 1HP	1	746	746	2.83	2113.418
2	Iluminación Interior	3	10	30	9	270
3	Iluminación Exterior	4	7	28	8	224
4	Extractor de Aire	1	500	500	2.33	1165
5	Ventilador	1	220	220	2.33	512.6
6	Reserva	1	100	100	4	400
POTENCIA INSTALADA				1624		
ENERGIA CONSUMIDA						4685.02
Factor de Seguridad 1.1						5153.52

Criterio		
Potencias <=1kW	12	v
Potencias 1kW < P <=3kW	24	v
Potencias 3kW > P	48	v

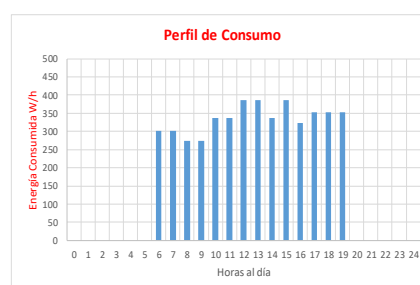
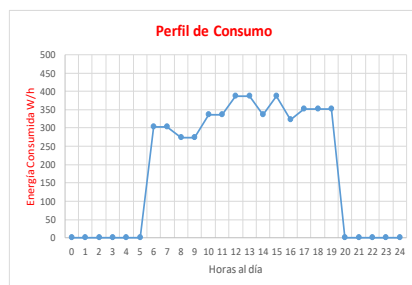
Nivel de Tensión del Sistema	24	v
------------------------------	----	---

Configuración del Timer

Timer Configuration	Tiempo de Uso
6:00:00 a. m.	0:10 min
7:00:00 a. m.	0:10 min
8:00:00 a. m.	0:10 min
9:00:00 a. m.	0:10 min
10:00:00 a. m.	0:10 min
11:00:00 a. m.	0:10 min
12:00:00 p. m.	0:10 min
1:00:00 p. m.	0:10 min
2:00:00 p. m.	0:10 min
3:00:00 p. m.	0:10 min
4:00:00 p. m.	0:10 min
5:00:00 p. m.	0:10 min
6:00:00 p. m.	0:10 min
7:00:00 p. m.	0:10 min
Total	2:20 min
Hora	2.0
Minutos	20.0
Horas/día	2.333

Timer Configuration	Tiempo de Uso
6:00:00 a. m.	0:10 min
7:00:00 a. m.	0:10 min
8:00:00 a. m.	0:10 min
9:00:00 a. m.	0:10 min
10:00:00 a. m.	0:10 min
11:00:00 a. m.	0:10 min
12:00:00 p. m.	0:10 min
1:00:00 p. m.	0:10 min
2:00:00 p. m.	0:10 min
3:00:00 p. m.	0:10 min
4:00:00 p. m.	0:10 min
5:00:00 p. m.	0:10 min
6:00:00 p. m.	0:10 min
7:00:00 p. m.	0:10 min
Total	2:20 min
Hora	2.0
Minutos	20.0
Horas/día	2.333

Timer Configuration	Tiempo de Uso
6:00:00 a. m.	0:10 min
7:00:00 a. m.	0:10 min
8:00:00 a. m.	0:10 min
9:00:00 a. m.	0:10 min
10:00:00 a. m.	0:15 min
11:00:00 a. m.	0:15 min
12:00:00 p. m.	0:15 min
1:00:00 p. m.	0:15 min
2:00:00 p. m.	0:15 min
3:00:00 p. m.	0:15 min
4:00:00 p. m.	0:10 min
5:00:00 p. m.	0:10 min
6:00:00 p. m.	0:10 min
7:00:00 p. m.	0:10 min
Total	2:50 min
Hora	2.0
Minutos	50.0
Horas/día	2.833



Anexo E: Criterios para la selección del panel solar para la casa malla

Selección de los paneles Solares

Consumo diario	4685.018 W/día	Latitud	13.081
Perdidas Generales	0.75	Angulo optimo β	12.73
Hora Solar Pico	3.59 kw/m2/día	Angulo Real β	15
		Dmin	96
Consumo Real	6246.69067 W/día	Temperaturas max	22.6
Potencia del FV	1740.025255 W	Temperaturas min	14.7
Potencia del FV Proyectar	1740 W	Tamb	20

Marca	LOGI SOLAR	JA SOLAR	PERC
Voltaje a maxima Potencia	38.53 V	38.35 V	49.8 V
Potencia	505 W	500 W	550 W
Voltaje de Circuito Abierto	45.7 V	45.59 V	49.8 V
Corriente de Cortocircuito	13.97 Amp	14 Amp	13.98 Amp
Eficiencia	21.30%	21.30%	21.00%
Temperatura operación célula	45 °C	45 °C	45 °C
Temperatura maxima	52.575	52.575	52.575
Coeficiente de temperatura Isc	0.0500%	0.0450%	0.0480%
Coeficiente de temperatura Voc	-0.265%	-0.2750%	-0.270%
Coeficiente de temperatura Pmp	-0.340%	-0.350%	-0.350%
Variación Potencia	-9.376%	-9.651%	-9.651%
Variación Tensión	2.730%	2.833%	2.781%
Variación de Corriente	1.379%	1.241%	1.324%
Potencia en Tamb máx	504.527	499.517	549.469
Voc corregida	45.63	45.51	49.73
Isc corregida	13.972	14.002	13.982
Total de Paneles	3.00	3.00	3.00
Total en Serie	1	1	1
Total en Paralelo	3	3	3
Potencia Total	1514 W	1499 W	1648 W
Energía Producida	5433.75	5379.80	5917.78

Marca	LOGI SOLAR	JA SOLAR	PERC
Voltaje a maxima Potencia	38.53 V	38.35 V	49.8 V
Tipo	Monocristalino	Monocristalino	Monocristalino
Potencia	505 W	500 W	550 W
Voltaje de Circuito Abierto	45.7 V	45.59 V	49.8 V
Corriente de Cortocircuito	13.97 Amp	14 Amp	13.98 Amp
Eficiencia	21.30%	21.30%	21.00%
Costo	S/691.28	S/550.51	S/864.35
Vmpp	35.79	38.35	41.95
Costo total	S/ 2,073.84	S/ 1,651.53	S/ 2,593.05

Anexo F: Criterios para la selección de baterías e inversor para la casa malla

Cálculo de las batería

Energí total diaria	4685.02
Numero de días de autonomia	0.5
Profundidad de descarga	0.4

Capacidad de la Bateria	5856.2725 wh
Capacidad de Bateria en AH	244.0113542 Ah
Voltaje del Sistema	24

Cant.Bat. Serie	2
Cant.Bat.Paralelo	1.00

Marca	Tensite	Ritar
Tipo	Batería AGW	Batería AGW
Tensión	12	12
Capacidad	250 Ah	200 Ah
Costo Unitario	S/1,432.66	S/1,393.06
Total	S/2,865.32	S/5,572.24

Cálculo del Inversor

Radio	Pdc/Pac	Ratio que existe entre P del panel y del inversor :1.2
-------	---------	--

Pac	1250 W
Potencia	1440 W
Tension	220 V
corriente	7.70 Amp
Ratio	0.9