

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO**

TEMA:

**Diseño y valoración de sistemas fotovoltaicos para el área de
aulas ft 4-13 de la Facultad Técnica para el Desarrollo**

AUTOR:

Loayza Yopez Juan Carlos

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO.**

TUTOR:

MSc. Suárez Murillo Efraín Oswaldo

Guayaquil, Ecuador

04 de septiembre del 2023



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Loayza Yopez Juan Carlos**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero electrónico en control y automatismo**.

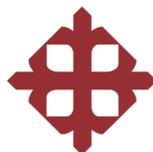
TUTOR

f. _____
MSc. Suárez Murillo Efraín Oswaldo

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____
Ph.D. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo

Guayaquil, a los 04 días de septiembre del año 2023



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Loayza Yepez Juan Carlos**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, “**Diseño y valoración de sistemas fotovoltaicos para el área de aulas ft 4-13 de la facultad técnica para el desarrollo**” previo a la obtención del título de **Ingeniero electrónico en control y automatismo**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

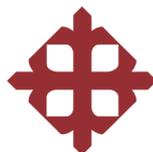
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

EL AUTOR

f. _____

Loayza Yepez Juan Carlos

Guayaquil, a los 04 días de septiembre del año 2023



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

AUTORIZACIÓN

Yo, **Loayza Yopez Juan Carlos**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, “**Diseño y valoración de sistemas fotovoltaicos para el área de aulas ft 4-13 de la facultad técnica para el desarrollo**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

EL AUTOR:

f. 

Loayza Yopez Juan Carlos

Guayaquil, a los 04 días de septiembre del año 2023



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACION TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

CERTIFICADO COMPILATIO

La Dirección de las Carreras Telecomunicaciones, Electricidad y Electrónica y Automatización revisó el Trabajo de Integración Curricular, **Diseño y valoración de sistemas fotovoltaicos para el área de aulas ft 4-13 de la Facultad Técnica para el Desarrollo** presentado por el estudiante **Loayza Yopez Juan Carlos**, de la carrera de **ingeniería electrónica en control y automatismo**, donde obtuvo del programa COMPILATIO, el valor de **4 %** de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.

Certifican,

**CERTIFICADO DE ANÁLISIS**
magister

Juan Carlos Loayza Yopez

4% Similitudes	5% Texto entre comillas < 1% similitudes entre comillas
4% Idioma no reconocido	

Nombre del documento: Juan Carlos Loayza Yopez.docx ID del documento: a39bea18625e740bfca029222380433f8c2fb4be Tamaño del documento original: 25,22 MB	Depositante: Efraín Oswaldo Suárez Murillo Fecha de depósito: 19/8/2023 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 19/8/2023	Número de palabras: 16.757 Número de caracteres: 116.814
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------

Ubicación de las similitudes en el documento:



MSc. Suárez Murillo Efraín Oswaldo

Revisor - COMPILATIO

AGRADECIMIENTO

Primero agradecer a mi madre la Dra. Maria Eugenia Yopez Borja y a mi difunto padre el Dr. Juan Carlos Loayza Palacios y a por creer en mí, apoyarme incondicionalmente y a lo largo de mi ardua formación profesional.

Se agradece a la Universidad Católica Santiago de Guayaquil por brindar sus conocimientos dentro de sus aulas de clase los cuales fueron plasmados a lo largo del trabajo presente.

A mis docentes, a mi tutor de proyecto de tesis el MSc. Suárez Murillo Efraín Oswaldo y al director de carrera el Dr. Bohórquez Escobar Celso Bayardo y los muchos maestros que brindaron saber y experiencia a lo largo de mis estudios en la UCSG.

Juan Carlos Loayza Yopez



UNIVERSIDAD CATÓLICA

DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.

Ph. D. Bohórquez Escobar Celso Bayardo

DECANO O DIRECTOR DE CARRERA

f.

MSc. Ubilla González Ricardo Xavier

COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

f.

Ph. D. Medina Moreira Washington Adolfo

OPONENTE

Guayaquil, a los 04 días de septiembre del año 2023

ÍNDICE

Contenido

AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE	VIII
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	X
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XVI
CAPÍTULO 1	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Antecedentes.	3
1.3. Definición del problema.	4
1.4. Justificación y alcance.....	4
1.5. Objetivos del Problema de Investigación.	4
1.5.1. Objetivo general.	4
1.5.2. Objetivos específicos.	5
1.6. Hipótesis.	5
1.7. Metodología.	6
CAPÍTULO 2	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Conceptos eléctricos básicos.	8
2.1.1. Electricidad.....	8
2.1.2. Corrientes eléctricas y sus tipos.	9

2.1.3.	Ley de ohm.	10
2.1.4.	Circuitos eléctricos.	12
2.1.5.	Potencia eléctrica.	13
2.2.	Energía renovable.	15
2.3.	Energía Solar.	16
2.3.1.	Tipos de energía solar.	17
2.3.2.	Radiación solar.	19
2.4.	Captación de energía solar y sus tipos.	21
2.5.	Paneles fotovoltaicos.	23
2.5.1.	Composición.	25
2.5.2.	Tipos de paneles.	26
2.5.3.	Conexión de paneles fotovoltaicos.	27
2.5.4.	Conexión a Inversor.	28
2.5.5.	Tipos de controladores.	33
2.5.6.	Conexión a red.	35
2.6.	Protecciones del sistema.	36
2.7.	Medidor Bidireccional.	39
2.8.	Normativa ecuatoriana de generación distribuida.	40
2.8.1.	Autoabastecimiento de una fuente distribuida.	41
2.8.2.	Dimensionamiento, factibilidad de conexión y certificado.	41
2.9.	PVsyst.	43
CAPÍTULO 3		45
DISEÑO Y CÁLCULOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO		45

3.1. Descripción de propuesta.....	45
3.2. Cálculos del sistema fotovoltaico.	46
3.2.1. Dimensionamiento.	46
3.3. Diseño del sistema fotovoltaico conectado a la red con PVsyst.	49
3.3.1. Ubicación geográfica y condición meteorológicas.	49
3.3.2. Orientación e inclinación.....	51
3.3.3. Dimensionamiento del sistema conectado a la red PVsyst.	53
3.4. Diseño de sistema fotovoltaico desconectado de la red o de autoconsumo con PVsyst.....	59
3.4.1. Dimensionamiento del sistema.	59
3.5. Sombreados	63
3.5.1. Sombreados cercanos Sistema en red.....	63
3.5.2. Sombreados cercanos Sistema autoconsumo.	67
3.5.3. Sombreados lejanos	69
3.6. Análisis de resultados de simulación	69
3.7. Elección del sistema fotovoltaico.....	74
CONCLUSIONES.....	81
REFERENCIAS	83
ANEXOS	92

INDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Ejemplo de potencia diaria consumida por dispositivos	15
Tabla 2-2 tipos de células solares.....	26
Tabla 2-3 Fuentes distribuidas por categorías.	42
Tabla 3-1 Potencia diaria consumida por dispositivos.....	46
Tabla 3-2 Potencia requerida planta baja Ft4 - Ft9.	47
Tabla 3-3 Potencia requerida planta alta.	48
Tabla 3-4 Tabla meteorológica Meteonorm	50
Tabla 3-5 Tabla de costeo de productos para sistema conectado a red.	74
Tabla 3-6 Tabla de costeo de productos para sistema autoconsumo.	74
Tabla 3-7 Guía técnica y coste de permisos	75
Tabla 3-8 Costo total del sistema con conexión a red.....	75
Tabla 3-9 Costo total del sistema autoconsumo.	76
Tabla 3-10 CNEL Guayaquil tarifa de instalaciones con demanda horaria en media tensión.	76
Tabla 3-11 Valores y tiempo de inversión del sistema conectado a la red. ..	76
Tabla 3-12 Valores y tiempo de inversión del sistema autoconsumo.	77
Tabla 3-13 Valor de comercialización mayor a 1000kW/mes.....	79
Tabla 3-14 Rubro por demanda.	79
Tabla 3-15 Rubro por energía.....	79
Tabla 3-16 Valor de paga mensual y anual.....	79
Tabla 3-17 Cálculo de años de para regresos de inversión.	80
Tabla 3-18 Inversión e inicio de retorno.	80

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1 CORRIENTE DIRECTA	9
Ilustración 2.2 CORRIENTE ALTERNA	9
Ilustración 2.3 Corriente Pulsante	10
Ilustración 2.4 Triangulo de Ohm	11
Ilustración 2.5 circuitos en serie y paralelo	13
Ilustración 2.6 tipos de energía solar	18
Ilustración 2.7 esquema de un sistema de baja temperatura	22
Ilustración 2.8 Esquema de una instalación fotovoltaica aislada para autoconsumo	22
Ilustración 2.9 esquema de una instalación de concentración solar	23
Ilustración 2.10 efecto fotovoltaico	24
Ilustración 2.11 componentes de un panel solar	25
Ilustración 2.12 circuito de paneles en serie	28
Ilustración 2.13 circuito de paneles en paralelo	28
Ilustración 2.14 Inversor de Conexión de Red FRONIUS PRIMO	29
Ilustración 2.15 Inversor de cadena Sungrow	30
Ilustración 2.16 Microinversor	31
Ilustración 2.17 Optimizador de potencia	31
Ilustración 2.18 Inversor autónomo Victron	32
Ilustración 2.19 Inversor de batería BXST	32
Ilustración 2.20 Controlador PWM12/24V-5A marca Victron	33

Ilustración 2.21 controlador SmartSolar MPPT 250/100 maraca Victron.....	34
Ilustración 2.22 instalación sin conexión a red (izq) conectada a la red (der)	36
Ilustración 2.23 fusible de corriente continua (DC) LEADER.....	37
Ilustración 2.24 interruptor termomagnético.....	37
Ilustración 2.25 caja combinador BENY.....	38
Ilustración 2.26 Supresor de picos.....	38
Ilustración 2.27 relé térmico.....	39
Ilustración 2.28 Medidor bidireccional Eastron.....	40
Ilustración 2.29 Programa PVsyst.....	43
Ilustración 3.1 vista superior del edificio.....	45
Ilustración 3.2 Ubicación del proyecto.....	50
Ilustración 3.3 orientación e inclinación de los paneles.....	52
Ilustración 3.4 Edificio Ft4-13 vista de arriba.....	52
Ilustración 3.5 pestaña de sistema PVsyst.....	53
Ilustración 3.6 Panel solar AE solar 700W.....	54
Ilustración 3.7 Inversor 10kW Yangtze solar.....	54
Ilustración 3.8 panel solar AE700TME-132BDS datasheet.....	55
Ilustración 3.9 Inversor SWI-10KW datasheet.....	56
Ilustración 3.10 cuadro de conjunto PVsyst.....	58
Ilustración 3.11 Resumen del sistema.....	59
Ilustración 3.12 Potencia sugerida por un día de autonomía PVsyst.....	59
Ilustración 3.13 Potencia sugerida por dos días de autonomía PVsyst.....	60

Ilustración 3.14 Dimensionamiento de banco de baterías.....	60
Ilustración 3.15 Baterías De Litio CEGASA EBick Ultra 175 48280-M.	60
Ilustración 3.16 Hoja de datos de batería CEGASA PVsyst.....	61
Ilustración 3.17 Dimensionamiento del controlador PVsyst.....	61
Ilustración 3.18 Controlador MPPT RS SmartSolar 450/100-Tr	62
Ilustración 3.19 Especificaciones del sistema fotovoltaico PVsyst.	63
Ilustración 3.20 Parámetros para el modelo fotovoltaico	64
Ilustración 3.21 Simulación 3D del sistema conectado a la red.....	65
Ilustración 3.22 Tabla de sombreado	66
Ilustración 3.23 Diagrama trayectoria solar.....	67
Ilustración 3.24 Simulación 3D del sistema autoconsumo.....	67
Ilustración 3.25 Tabla de sombreado autoconsumo.....	68
Ilustración 3.26 Informe resumido del sistema conectado a red.....	69
Ilustración 3.27 Informe resumido del sistema de autoconsumo.....	70
Ilustración 3.28 Características del sistema fotovoltaico conectado a la red.	71
Ilustración 3.29 Características del sistema fotovoltaico para autoconsumo.	71
Ilustración 3.30 Diagrama de pérdida anual del sistema conectado a la red.	72
Ilustración 3.31 Diagrama de pérdida anual del sistema de autoconsumo...	73
Ilustración 3.32 Módulo repartidor conexión.....	78
Ilustración 3.33 Tarifario según ARCERNNR.....	78

RESUMEN

El trabajo de titulación presente de tema “Diseño y valoración de sistemas fotovoltaicos para el área de aulas ft 4-13 de la Facultad Técnica para el Desarrollo”, investigará datos vinculados al tema para mejor comprensión del lector. El primer capítulo del trabajo especificará las características del trabajo, como el alcance del proyecto, su metodología y objetivos. El segundo capítulo cuenta con el marco teórico vinculado al tema propuesto basándose desde los conceptos más básicos de la energía eléctrica hasta los más necesarios para el funcionamiento y comprensión del proyecto. El tercero y último capítulo del trabajo cuenta con las ubicaciones, diseño, tipos, y cálculos del sistema fotovoltaico proyecto, incluyendo su análisis comparativo y económico para futura instalación en la facultad. Para finalizar, el proyecto tomará en cuenta los beneficios del ahorro energético en el consumo eléctrico en la planilla del edificio de la facultad contribuyendo también al medio ambiente haciendo uso de energía renovable limpia por medio del uso de paneles solares.

Palabras clave: Sistema Fotovoltaico, Paneles Solares, Análisis Económico, Ahorro Energético, Energía Renovable, Consumo eléctrico, Análisis Comparativo.

ABSTRACT

The present degree work on the topic "Design and evaluation of photovoltaic systems for the classroom area ft 4-13 of the Technical Faculty for Development", will investigate data related to the topic for better understanding of the reader. The first chapter of the degree work will specify the characteristics of the project, such as the scope of the project, its methodology and objectives. The second chapter contains the theoretical framework related to the proposed topic, from the most basic concepts of electric energy to the most necessary ones for the operation and understanding of the project. The third and last chapter of the work has the locations, design, types, and calculations of the photovoltaic system project, including its comparative and economic analysis for future installation in the faculty. Finally, the project will consider the benefits of energy savings in the electric consumption of the faculty building payroll also contributing to the environment by making use of clean renewable energy with solar panels.

Key words: Photovoltaic Systems, Electric Energy, Economic Analysis, Comparative Analysis, Energy Savings, Electric Consumption, Solar Panels, Renewable Energy.

CAPÍTULO 1

1.1. Introducción.

“Las células fotovoltaicas son utilizadas en la tecnología de energía solar fotovoltaica para transformar la radiación solar en energía eléctrica. Esta energía es producida por la luz y el calor del sol.” (Enercity, S.A, 2022)

Debido al crecimiento en la demanda de energía de fuentes renovable y sostenible, el diseño y la valoración de sistemas fotovoltaicos se han convertido en un tema de gran importancia en la actualidad. En particular, el sector educativo ha mostrado un creciente interés en instalar sistemas fotovoltaicos en sus instalaciones, como edificios universitarios y facultades, con el fin de reducir su dependencia de la red eléctrica convencional y contribuir a la mitigación del cambio climático.

El objetivo principal de esta investigación es diseñar y evaluar un sistema fotovoltaico para un edificio particular de la facultad. La evaluación detallada de los requerimientos energéticos del edificio, la disponibilidad de espacio y los recursos solares disponibles en la ubicación determinará el diseño. La evaluación permitirá determinar la viabilidad técnica y económica de la implementación del sistema fotovoltaico.

La energía solar fotovoltaica se presenta como una alternativa prometedora para cubrir las demandas energéticas de edificios institucionales como universidades. La eficiencia y el costo de esta tecnología han aumentado significativamente en los últimos años, lo que la hace cada vez más atractiva para su uso en edificios.

Este estudio tiene como objetivo proporcionar información útil para la toma de decisiones sobre la implementación de sistemas fotovoltaicos en edificios universitarios. Esto ayudará a cambiar hacia una economía más verde y sostenible, al mismo tiempo que ahorrará dinero para la escuela a largo plazo.

1.2. Antecedentes.

Debido a la necesidad de reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables, el diseño y la implementación de sistemas fotovoltaicos son temas de gran importancia en la actualidad. De acuerdo con Grijalva Campoverde C. X. y Vélez Mosquera F. D., dado que utilizan la energía solar para producir energía eléctrica, los sistemas fotovoltaicos son una opción viable para la producción de energía eléctrica. Además, estos sistemas son amigables con el medio ambiente y pueden usarse en una variedad de aplicaciones, como en los edificios de la facultad.

La instalación de un sistema fotovoltaico en un edificio universitario puede ser económica y beneficiosa para el medio ambiente. Según el Departamento de energía de los Estados Unidos, el crédito fiscal federal puede ser utilizado por los propietarios de viviendas para invertir en sistemas de energía solar fotovoltaica. Si el sistema solar fotovoltaico se utiliza principalmente en hogares, este crédito fiscal puede ser utilizado para reducir los costos de instalación y también puede ser reclamado por completo.

Además, como se menciona en la tesis doctoral de Guevara Álvarez O. E. "Análisis del proceso de enseñanza aprendizaje de la disciplina de proyecto arquitectónico", la implementación de un sistema fotovoltaico en un edificio de la facultad puede ser una oportunidad para fomentar la enseñanza y el aprendizaje de la disciplina de proyecto arquitectónico. Como se menciona en la tesis de maestría de Navarro S., González J. y López C. "Implementación de un sistema fotovoltaico para la alimentación de un edificio de usos múltiples", la implementación de un sistema fotovoltaico también puede ser una oportunidad para fomentar la investigación en el campo de las energías alternas.

En pocas palabras, el diseño e implementación de un sistema fotovoltaico en un edificio de la facultad son temas cruciales porque se debe reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables. La instalación de un sistema fotovoltaico puede ser beneficiosa tanto en términos económicos como

ambientales, y también puede servir como una oportunidad para fomentar la enseñanza, el aprendizaje y la investigación en una variedad de campos.

1.3. Definición del problema.

Debido al aumento de la carga instalada, la demanda de energía eléctrica en las instalaciones, ya sean residenciales, comerciales o industriales, aumenta anualmente. Esto ha ocurrido en la UCSG con el crecimiento de su infraestructura. El edificio de posgrado, una carga reciente, ha aumentado las facturas eléctricas. La planilla eléctrica de la UCSG se ve significativamente afectada por el excesivo consumo de energía eléctrica causado por el crecimiento de las cargas eléctricas.

1.4. Justificación y alcance.

Dado que la energía solar cumple con los criterios para ser una fuente de energía catalogada como renovable y sostenible, puede ayudar a reducir la huella de carbono de la universidad UCSG, el diseño y valoración de un sistema fotovoltaico para un edificio de la universidad es un tema relevante y necesario en la actualidad. La evaluación de la demanda energética del edificio, la selección de paneles solares y el diseño del sistema fotovoltaico, así como la evaluación económica y ambiental del proyecto, serán parte del alcance de este proyecto. La implementación de software de simulación para garantizar la eficiencia del sistema también se considerará. En resumen, mediante la implementación de un sistema fotovoltaico en la universidad UCSG, este proyecto tiene como objetivo promover la sostenibilidad y la eficiencia energética.

1.5. Objetivos del Problema de Investigación.

1.5.1. Objetivo general.

Diseñar y valorar un sistema fotovoltaico para el área de aulas ft 4-13 de la Facultad Técnica para el Desarrollo

1.5.2. Objetivos específicos.

- Evaluar la viabilidad técnica y económica de la instalación de un sistema de paneles solares en un lugar específico.
- Diseñar y optimizar un sistema de paneles solares para maximizar la eficiencia y la producción de energía.
- Investigar las políticas gubernamentales y los incentivos disponibles del Ecuador, evaluando su impacto en la viabilidad y la rentabilidad del proyecto.
- Evaluar el rendimiento y la eficiencia de varios tipos de paneles solares (como paneles de silicio, paneles de película delgada, etc.) para determinar la tecnología más adecuada para el proyecto en particular.
- Explorar y analizar las aplicaciones y funcionalidades del software PVsyst, con el propósito de comprender su papel fundamental en la evaluación de sistemas de generación de energía solar fotovoltaica.

1.6. Hipótesis.

- Un sistema fotovoltaico puede ser una alternativa viable para generar energía eléctrica las instalaciones de la Universidad UCSG.
- El diseño de un sistema fotovoltaico en un edificio de la Universidad UCSG puede ser una solución económica y sostenible para reducir el consumo de energía proveniente de fuentes no renovables.
- La evaluación económica del sistema fotovoltaico diseñado para el edificio de la Universidad UCSG puede demostrar que la inversión inicial se recupera a largo plazo y se obtienen beneficios económicos al reducir los costos de la factura eléctrica.

Estas teorías se basan en investigaciones anteriores realizadas en la Universidad UCSG que han examinado el diseño de sistemas fotovoltaicos para una variedad de aplicaciones, incluida la producción de energía eléctrica para

sistemas de climatización¹, casas flotantes ², laboratorios clínicos³ y equipos de climatización en edificios⁴. Se ha demostrado que la implementación de sistemas fotovoltaicos puede generar beneficios a largo plazo tanto económicos como ambientales⁵⁶

1.7. Metodología.

Este trabajo de titulación utilizará una metodología experimental, cuantitativa y documental.

El objetivo de esta investigación experimental es recopilar información sobre los beneficios de la energía fotovoltaica y otros tipos de energía renovable mediante la comparación de los resultados. Esto ayudará a perseguir el estudio y el desarrollo de la energía fotovoltaica.

¹ Arrata, D. (2021). *Diseño de proyecto eléctrico fotovoltaico para consumo del sistema de climatización del área administrativa de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG*

² Puco, M. (2020). *Diseño de un sistema fotovoltaico aislado para el uso en casas flotantes en la ciudad de Babahoyo.*

³ Chan, J. (2018). *Estudio y diseño para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico para el Laboratorio Clínico Chan ubicado en la ciudad de Zaruma*

⁴ Rodríguez, J. (2018, 15 marzo). *Diseño de un sistema fotovoltaico para alimentar los equipos de climatización a utilizarse en el edificio “Dagoberto” del cantón Milagro*

⁵ Enercity, S.A. (2022). *Introducción A La Energía Fotovoltaica. Enercity S.A.*

⁶ Arrata, D. (2021). *Diseño de proyecto eléctrico fotovoltaico para consumo del sistema de climatización del área administrativa de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG*

La investigación será documental y se desarrollará mediante la recopilación de artículos, páginas web, revistas científicas, tesis y documentos relacionados con la energía fotovoltaica.

Se utiliza un enfoque cuantitativo porque utiliza datos numéricos reales para calcular la cantidad de paneles solares necesarios para el sistema fotovoltaico. El objetivo de este enfoque es brindar a la universidad una mejor solución tecnológica para futuros proyectos.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Conceptos eléctricos básicos.

2.1.1. Electricidad.

Una propiedad fundamental de la materia es la electricidad, que se origina en las partículas que la componen. En general, el flujo de electrones a través de un conductor se conoce como electricidad. (Valencia, 2021)

- Corriente: Es el movimiento o flujo de electrones a través de un conductor. Medida en amperios (A) y esta puede ser corriente continua (CC) o corriente alterna (CA)
- Voltaje: Es representado como la diferencia de potencial eléctrico de punto a punto. Representa la fuerza que impulsa a los electrones a moverse en un circuito. Se mide en voltios (V)
- Resistencia: Un material se opone al flujo de electrones. La unidad de medición es ohmios (Ω), que se representan con la letra R.
- Un circuito eléctrico tiene una fuente de energía (por ejemplo, una batería), un conductor (por ejemplo, un cable) y un receptor.
- Las leyes de Ohm: “Establece que la corriente eléctrica que fluye por un conductor es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia del conductor.” (Dominguez H. & Redondo G. 2015) V es el voltaje, I es la corriente y R es la resistencia, se puede representar matemáticamente como $V = I \times R$.
- La potencia eléctrica se define como la cantidad de energía eléctrica consumida por unidad de tiempo. La medida de este es en vatios (W), y la letra P lo representa.

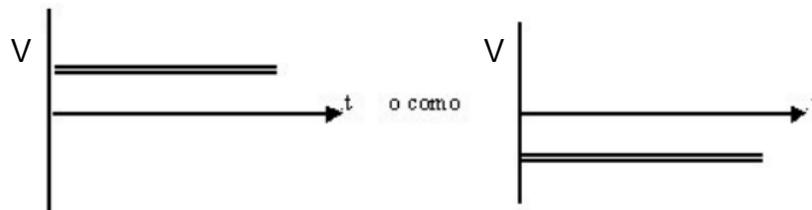
(Domínguez Herranz & Redondo Gallardo. unidad didáctica 1, “*Electrotecnia*” 2015)

2.1.2. Corrientes eléctricas y sus tipos.

Según el Centro Publico Integrado Antonio Orza Couto la corriente eléctrica es el desplazamiento continuo y ordenado de electrones a lo largo de un conductor. Existen diferentes tipos de corriente eléctrica, entre los cuales se encuentran:

- Corriente continua (CC): Es aquella en la que el flujo de electrones es constante y siempre en la misma dirección.

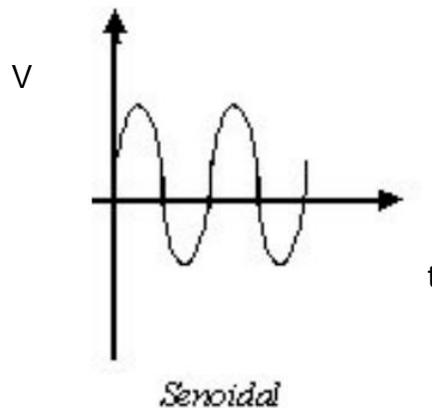
Ilustración 2.1 CORRIENTE DIRECTA.



(Instituto de Tecnologías Educativas, 2012)

- Corriente alterna (CA): Es aquella en la que el flujo de electrones cambia de dirección periódicamente.

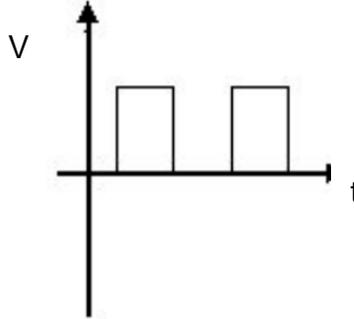
Ilustración 2.2 CORRIENTE ALTERNA.



(Instituto de Tecnologías Educativas, 2012)

- Corriente pulsante: Es una corriente que varía su intensidad de forma periódica, pero no cambia de dirección.

Ilustración 2.3 Corriente Pulsante.



(Instituto de Tecnologías Educativas, 2012)

- Corriente trifásica: Es una corriente alterna que se compone de tres corrientes eléctricas senoidales de igual frecuencia y amplitud, desfasadas entre sí 120 grados.

Medida en Amperios usando la letra “A” la corriente eléctrica y su intensidad depende de la cantidad de electrones que fluyen por segundo. Además, la corriente eléctrica puede variar según el tipo de material conductor utilizado, clasificándose en conductores, semiconductores y aislantes. Es importante destacar que la corriente eléctrica puede ser peligrosa si no se maneja adecuadamente, ya que puede causar lesiones graves e incluso la muerte. Por lo tanto, es fundamental tomar las medidas de seguridad necesarias al trabajar con corriente eléctrica.

2.1.3. Ley de ohm.

Según Arboledas Brihuega, D. (2014) en el libro *“Electricidad Básica”* la ley de Ohm es una ley fundamental de los circuitos eléctricos que establece que, siempre y cuando la temperatura y otras condiciones sean constantes, la diferencia de potencial (voltaje) entre dos puntos en un conductor es directamente proporcional a la corriente eléctrica que fluye a través del conductor. Georg Simon Ohm, un físico y matemático alemán, propuso esta ley. La ley de Ohm se puede escribir matemáticamente como

Ecuación (1) ley de ohm

$$V_1 - V_2 = I * R$$

donde:

- V: diferencia de potencial
- I: corriente eléctrica
- R: resistencia eléctrica del conductor.

La ley de Ohm es fundamental para comprender los circuitos eléctricos y resolver problemas eléctricos.

La creación de circuitos eléctricos y la diferenciación de conceptos como voltaje, corriente y resistencia son herramientas útiles para enseñar la ley de Ohm.

Ecuación (2) Voltaje

$$V = I * R$$

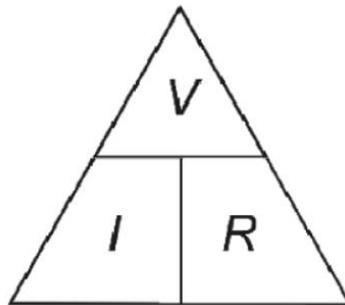
Ecuación (3) Resistencia

$$R\Omega = \frac{V}{I}$$

Ecuación (4) Corriente

$$I = \frac{V}{R}$$

Ilustración 2.4 Triangulo de Ohm.



Arboledas Brihuega, D. (2014).

2.1.4. Circuitos eléctricos.

Los circuitos eléctricos son sistemas que permiten que diferentes componentes como resistencias, bombillas, e interruptores fluyan eléctricamente. Estos circuitos distribuyen y controlan la electricidad en una variedad de dispositivos y sistemas eléctricos (Pinzon, 2016).

Los dos tipos principales de circuitos eléctricos se muestran a continuación (Robbins & Miller, 2008):

- Circuitos en serie: Este tipo de circuito tiene los componentes conectados uno tras otro, permitiendo que la corriente eléctrica fluya de manera secuencial a través de ellos. En un circuito en serie, la corriente en cada componente es la misma, pero la tensión se divide entre ellos. Si uno de los componentes del circuito se desconecta o se rompe, el circuito se interrumpe y la corriente deja de fluir. Este tipo de circuito se utiliza en aplicaciones en las que la corriente debe fluir continuamente a través de todos los componentes sin ramificaciones.

Los circuitos en serie son cuentan con las siguientes propiedades:

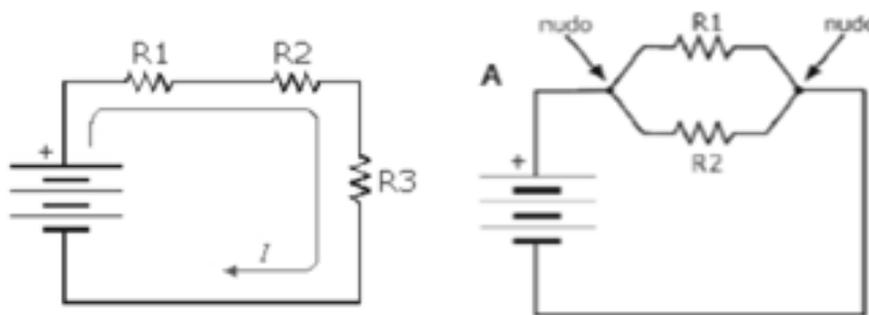
- La intensidad eléctrica es la misma en todos los elementos del circuito.
 - la sumatoria de las resistencias individuales conforman la resistencia total del circuito (R_t).
 - La tensión total del circuito es igual a la suma de las tensiones individuales: $V = V_1 + V_2 \dots \dots + V_n$
- Circuitos en paralelo: Los circuitos en paralelo conectan los componentes de tal manera que la corriente se divide entre ellos y fluye por caminos separados. En un circuito en paralelo, la tensión en cada componente es la misma, pero la corriente se divide entre ellos. Los demás componentes siguen recibiendo corriente incluso si uno de los componentes se desconecta o se rompe. Este tipo de circuito se utiliza en aplicaciones en las que los componentes deben funcionar de manera independiente y se

puedan encender o apagar de manera independiente. Algunas propiedades de los circuitos en paralelo son:

- Tensión constante: En un circuito en paralelo, para todos los elementos conectados la tensión o la diferencia de potencial es la misma.
- Diferencia de potencial: Los componentes conectados en paralelo cuentan con el mismo voltaje en sus extremos. Esto significa que las diferencias de potencial entre los componentes cuentan con magnitudes iguales y polaridades idénticas.
- Corriente total: podemos definirla como la suma de las corrientes que cruzan los componentes individuales, de acuerdo con la ley actual de Kirchhoff: $I = I_1 + I_2 \dots \dots + I_n$

Es importante tener en cuenta que existen muchas otras configuraciones y combinaciones posibles, además de estos dos tipos básicos de circuitos eléctricos. Además, la elección del tipo de circuito a utilizar depende de las necesidades específicas de cada aplicación y de la cantidad de componentes disponibles.

Ilustración 2.5 circuitos en serie y paralelo.



Arboledas Brihuega, D. (2014).

2.1.5. Potencia eléctrica.

En el campo de la electricidad, el término "potencia eléctrica" se refiere a la cantidad de energía eléctrica que se consume o se produce en una unidad de

tiempo. Es una medida de la velocidad con la que se realiza el trabajo eléctrico. (Robbins & Miller, 2008)

Ecuación (5) Trabajo eléctrico y potencia

$$W = Q(V_2 - V_1) \quad P = \frac{W}{t}$$

Donde:

W: trabajo eléctrico expresada en julios (J)

Q: carga expresada en culombios (C)

V: potenciales expresados en voltaje (V)

t: tiempo (s)

P: potencia expresada en julio por segundo también denominado Vatios (W)

La potencia eléctrica se puede encontrar multiplicando la corriente eléctrica por la diferencia de potencial (voltaje) que atraviesa la corriente. Se expresa matemáticamente como:

Ecuación (6) Potencia eléctrica

$$P = I * V$$

Donde:

- La potencia eléctrica expresada en vatios (W) es P.
- El voltaje en voltios (V) es V.
- La corriente eléctrica en amperios (A) se denomina I.

Dependiendo de si se está generando o consumiendo energía eléctrica, la potencia eléctrica puede ser positiva o negativa. Por ejemplo, cuando se enciende una bombilla, se consume energía eléctrica y se produce una potencia positiva. Por otro lado, porque un panel solar genera energía, la potencia es negativa. (Robbins & Miller, 2008)

Es importante recordar que la potencia eléctrica no solo se refiere al consumo de energía, sino también a la capacidad de un dispositivo o sistema para realizar trabajos eléctricos.

Por ejemplo, una potencia nominal es la cantidad máxima de energía que puede convertir en trabajo mecánico un motor eléctrico. La suma de la potencia eléctrica de todos los electrodomésticos y dispositivos eléctricos que se utilizan en una residencia se conoce como suma de potencia eléctrica. Para evitar sobrecargar el sistema eléctrico de la casa y prevenir cortocircuitos o incendios, es fundamental tener en cuenta la sumatoria de potencias. Al elegir el plan de energía eléctrica que mejor se adapte a las necesidades de la residencia, también es importante tener en cuenta la sumatoria de potencias.

Tabla 2-1Ejemplo de potencia diaria consumida por dispositivos

Dispositivos	Cantidad	Potencia (W)	Potencia total (W*cantidad)	Tiempo de uso diario (h)	Potencia total consumida (Wh)
Ventilador	1	30	30	12	360
Ducha eléctrica	1	1500	1500	0.5	750
Refrigeradora	1	25	25	24	600
Foco LED	5	6	30	9	270

(Autor, 2023)

2.2. Energía renovable.

Vargas L. (2020) establece que, a comparación de los combustibles fósiles, la energía renovable es aquella que se obtiene de fuentes naturales que se regeneran de manera constante y que no se agotan. La energía solar, eólica, hidráulica, geotérmica y la energía de la biomasa son algunos ejemplos de fuentes de energía renovable.

- Los paneles solares pueden producir energía eléctrica a partir de la radiación solar.

- Las turbinas eólicas producen energía convirtiendo la energía cinética del viento en energía eléctrica.
- Las centrales hidroeléctricas producen energía hidráulica de la energía cinética del agua.
- Las centrales geotérmicas pueden generar energía a partir del calor que emana del interior de la Tierra.
- Finalmente, la biomasa se obtiene de materiales orgánicos como la madera, los desechos agrícolas y los desechos urbanos, y se puede utilizar para generar energía térmica o eléctrica al quemarlos.

Dado que no emite gases de efecto invernadero ni otros contaminantes que contribuyen al cambio climático, la energía renovable es una alternativa sostenible a los combustibles fósiles. Además, al no depender de la importación de combustibles fósiles, su uso contribuye a la independencia energética de las naciones.

2.3. Energía Solar.

La energía solar es la radiación electromagnética del sol, que incluye luz, calor y rayos ultravioleta. La energía solar se puede utilizar de varias maneras, pero las dos principales son:

- La energía fotovoltaica es un tipo de energía renovable generada por la luz solar. Los paneles solares fotovoltaicos generan energía a partir de la luz solar. Las células fotovoltaicas, que están hechas de materiales semiconductores como el silicio, componen los paneles solares. Los electrones se liberan cuando la luz solar incide sobre estas células y se mueven a través del material, generando una corriente eléctrica. (CertainTeed,2023)

Dado que proviene del sol, la energía fotovoltaica es una fuente de energía prácticamente inagotable. También es una fuente de energía nativa, accesible en casi todas partes del mundo, lo que ayuda a disminuir las importaciones de energía y a generar riqueza y empleos locales. Dado que no emite contaminantes, también es una forma de energía limpia. Sin embargo, una de las principales preocupaciones del desarrollo de

grandes instalaciones de energía solar fotovoltaica es la alta ocupación de suelo requerida y los impactos ambientales asociados con su construcción. A pesar de esto, la energía fotovoltaica sigue siendo una forma de energía renovable prometedor y en constante desarrollo. (CertainTeed,2023)

- Energía termosolar: según Respol (2013) esta tecnología utiliza la radiación solar para producir calor, que luego se transforma en electricidad en un ciclo termodinámico. Los sistemas termosolares utilizan espejos o heliostatos para concentrar la radiación solar en un receptor, lo que calienta un fluido que luego se utiliza para producir vapor y accionar una turbina que genera electricidad.

La energía solar tiene una amplia gama de ventajas:

- Renovabilidad: La energía solar puede ser aprovechada de manera continua y sostenible a lo largo del tiempo porque es una inagotable fuente de energía.
- Disponibilidad: La energía solar es accesible en prácticamente todo el planeta, lo que la convierte en una fuente autóctona y reduce la dependencia de importaciones de energía.
- Impacto ambiental mínimo: La generación de energía solar reduce el cambio climático y mejora la calidad del aire porque no genera contaminantes atmosféricos.
- Versatilidad: La energía solar se puede utilizar tanto a gran escala como a pequeña escala en sistemas residenciales o comerciales.
- El progreso sostenible: La producción y uso de energía solar contribuyen al desarrollo sostenible al fomentar el uso de fuentes de energía limpias y renovables.

2.3.1. Tipos de energía solar.

Según la iniciativa de AsoLMex, la energía solar se clasifica en dos categorías: pasiva y activa. Ambos tipos de energía utilizan la radiación solar de manera diferente.

- Energía solar de fuentes pasivas:
 - La energía solar pasiva se refiere al uso de la radiación solar sin transformarla.
 - La conversión no requiere mecanismos o dispositivos externos.
 - Se utiliza principalmente para aprovechar la luz solar y el calor natural en el diseño de edificios y viviendas.
 - Puede ser utilizada para la producción de agua caliente, la iluminación natural y la calefacción mediante radiadores o suelos radiantes.

- Energía solar activa:
 - La energía solar activa hace mención de la radiación solar aprovechada y convertirla en otros tipos de energía, ya sea energía mecánica o eléctrica.
 - Requiere de dispositivos externos, como paneles solares fotovoltaicos y calentadores solares, para convertir y almacenar la energía generada.
 - Es utilizada para generar electricidad y producir calor.
 - Los paneles solares fotovoltaicos son un ejemplo común de tecnología utilizada para aprovechar la energía solar activa.

Ilustración 2.6 tipos de energía solar.



(Miriam, 2022)

Ambos tipos de energía solar son muy ventajosos. Estos incluyen la reducción de la dependencia de fuentes de energía no renovables, la reducción de las emisiones de gases contaminantes y el ahorro a largo plazo en los costos de la energía. La energía solar, una fuente inagotable y limpia, contribuye al desarrollo sostenible y puede ser utilizada tanto en hogares como en grandes empresas. (AsoLMex, 2021)

2.3.2. Radiación solar.

Constante solar.

La constante solar se la puede definir como la cantidad de radiación solar convertida en energía como unidad de tiempo y superficie. Se utiliza como una medida de la intensidad de la radiación solar que llega a la Tierra. (Kopp & Lean, 2011)

Aquí hay algunos puntos clave sobre la constante solar:

- Valor: El valor aceptado actualmente de la constante solar es de aproximadamente 1361 W/m². Este valor ha sido medido por satélites y es ligeramente menor que el que se encuentra en muchas referencias antiguas.
- Cálculo: “Para hacer el cálculo de constante solar, se tiene que dividir la emisión del flujo energético solar por la relación de áreas entre la superficie del solar y la distancia promedio entre la Tierra y el So” (Prsa et al., 2016).

Ecuación (7) Constante solar

$$K = \sigma T_{eff}^4 \left(\frac{r_s}{a_0}\right)^2$$

- Donde:
 - K: constante solar= 1361 (W/m²)

- σ : constante de Stefan-Boltzmann = $5,670373(21)E-8$ ($W/(m^2K^4)$)
 - T_{eff} : Temperatura efectiva =5772 (Kelvin) (*Sun Fact Sheet, 2022*).
 - r_s : radio solar
 - a_0 : radio de esfera
- Incluye todos los tipos de radiación: La constante solar incluye todos los tipos de radiación solar, no solo la visible. Esto significa que también incluye la radiación infrarroja y ultravioleta.
 - Importancia: La constante solar es fundamental para comprender y estudiar el clima, la meteorología y los sistemas de energía solar. También es importante para el diseño y la eficiencia de los paneles solares y otras tecnologías que aprovechan la energía solar.

Estaciones y variaciones horarias de radiación solar.

Las variables que complican las aplicaciones terrestres de los dispositivos fotovoltaicos o de cualquier tipo de energía solar son:

- la rotación de la tierra sobre su eje
- la revolución alrededor del sol
- los efectos atmosféricos.

Las estaciones del año son el resultado de la inclinación del eje de rotación de la Tierra en relación con su plano orbital alrededor del Sol. La rotación provoca variaciones horarias en la intensidad de la energía en un lugar determinado del suelo. Durante las horas nocturnas, la rotación sombrea completamente el dispositivo. Además, durante el verano, un dispositivo en el hemisferio norte recibe más energía que durante el invierno, lo que provoca variaciones en las intensidades de potencia según la estación. (Hernández, 1996)

Horas máximas de sol.

En un día claro, una superficie correctamente inclinada recibe una cantidad de energía terrestre de aproximadamente 1 kW/m², lo que se conoce como condición de sol máximo o pleno. La constante solar es significativamente menor (1,361 kW/m²).

El tiempo máximo que la Tierra está expuesta a la radiación solar durante el día se conoce como horas máximas de sol. Las horas de sol más altas varían según la ubicación geográfica y la época del año. El solsticio de verano, que generalmente ocurre alrededor del 21 de junio, es cuando el sol brilla más intensamente en el hemisferio norte. Durante el solsticio de invierno, que generalmente ocurre alrededor del 21 de diciembre, el hemisferio sur tiene las horas más altas de sol.

La cantidad de horas de sol más alta también varía según la latitud. En la línea del ecuador, hay una cantidad relativamente constante de horas máximas de sol durante todo el año, mientras que, en los polos, las horas máximas pueden durar varios meses seguidos durante el verano y no hay sol durante varios meses seguidos durante el invierno. (HVAC and Solar Energy Engineering, 2023)

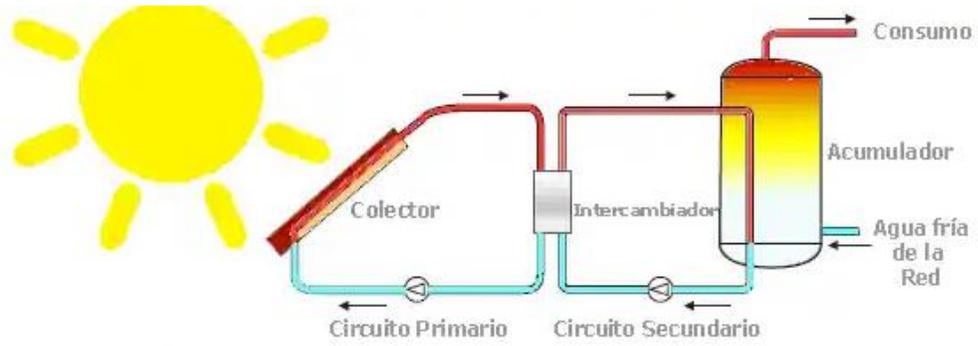
2.4. Captación de energía solar y sus tipos.

La captación de energía solar puede realizarse de dos maneras: directamente, utilizando colectores solares para generar calor; o indirectamente, utilizando paneles fotovoltaicos para convertir la radiación solar en energía eléctrica.

Existen varias maneras de captar la energía solar, entre los que se destacan:

- Energía solar térmica: “se produce a través de colectores solares que transforman en calor la radiación solar. El calor producido se utiliza para calentar agua o calentar edificios”. (Solar, 2018)

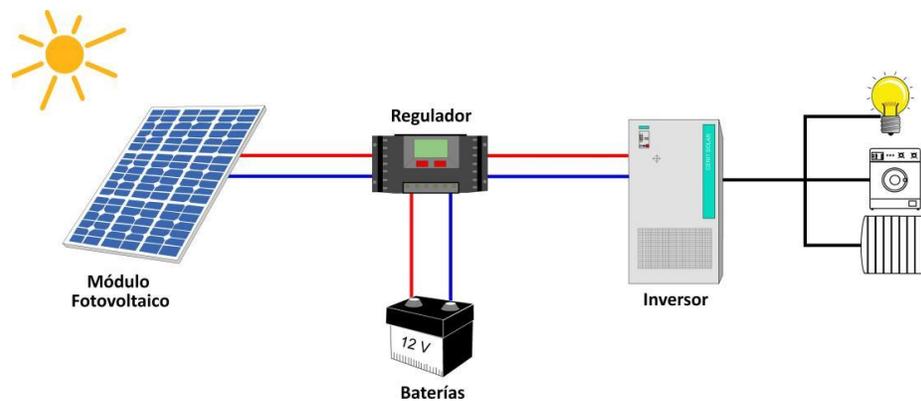
Ilustración 2.7 esquema de un sistema de baja temperatura.



(Solar, S. 2018. Dimensionado ACS Solar)

- Energía solar fotovoltaica: “se produce a través de paneles solares que transforman la radiación solar en energía eléctrica. Esta energía se puede usar directamente o se puede almacenar para su uso posterior en baterías”. (Valvermont, 2023)

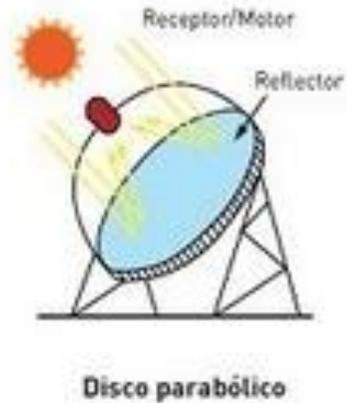
Ilustración 2.8 Esquema de una instalación fotovoltaica aislada para autoconsumo.



(Valvermont. 2023. Esquema de una instalación fotovoltaica)

- Energía solar de concentración: “se produce a través de espejos curvos que reflejan la luz del sol en un solo punto o foco. El calor producido se utiliza para generar vapor y electricidad”. (LACYQS, 2016)

Ilustración 2.9 esquema de una instalación de concentración solar.



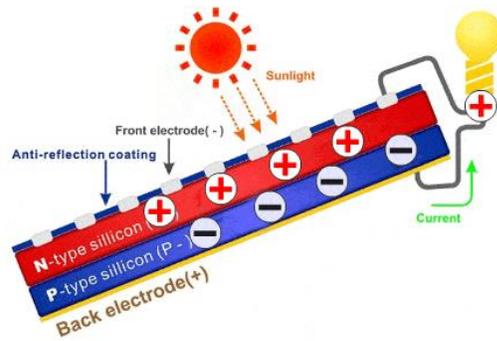
(LACYQS. 2016. Concentración solar.)

- La energía solar pasiva: esta se genera de forma directa y no requiere la utilización de fuerzas mecánicas. Se usa para iluminar y calentar edificios con materiales que absorben y almacenan el calor del sol.

2.5. Paneles fotovoltaicos.

Los paneles fotovoltaicos funcionan mediante el efecto fotovoltaico, que transforma la radiación electromagnética en electricidad. Los paneles solares responden al efecto fotovoltaico al estar conectados porque están hechos de cristales de material semiconductor (como silicio cristalino o arseniuro de galio) y captan la radiación solar (fotones) y la transforman en energía eléctrica (electrones). (Aula21, 2022)

Ilustración 2.10 efecto fotovoltaico.



Correa, C. (2022, 28 mayo)

Los módulos fotovoltaicos son dispositivos que producen energía eléctrica a partir de la energía solar. Las células solares de estos módulos se conectan en serie y/o en paralelo para aumentar el voltaje y la corriente eléctrica que generan. Los sistemas solares fotovoltaicos utilizan módulos fotovoltaicos para producir electricidad a partir de la energía solar. Estos son algunos conceptos fundamentales sobre los módulos fotovoltaicos:

- Capacidad nominal: “Es la potencia máxima que puede producir un módulo fotovoltaico en condiciones de prueba estándar (STC). La potencia nominal se expresa en vatios pico (Wp) y se utiliza para comparar la capacidad de varios módulos fotovoltaicos.” (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2022)
- Eficiencia: es la relación entre la energía que incide sobre un módulo fotovoltaico y la energía eléctrica producida por este. La eficiencia es un indicador de la capacidad de un módulo fotovoltaico para convertir la energía solar en energía eléctrica, que se muestra en porcentajes. (Garrido, 2011)
- Garantía: la mayoría de los módulos fotovoltaicos tienen una garantía de al menos cinco años. Esta garantía cubre problemas de rendimiento y defectos de fabricación.

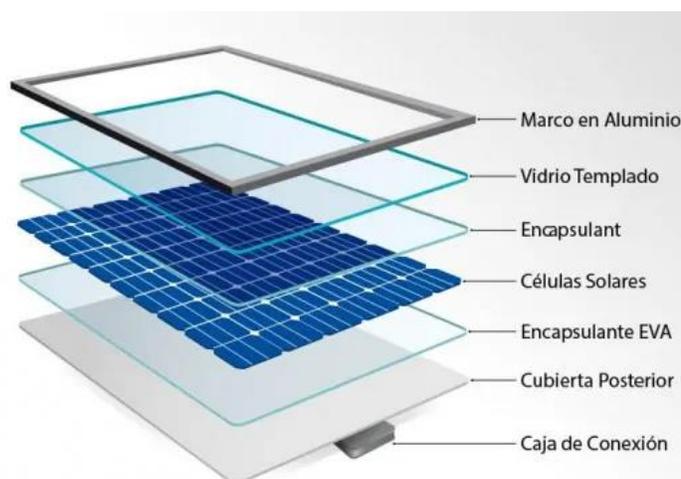
- Normas: Los módulos fotovoltaicos deben cumplir con las normas UNE-EN 61215:1997 para módulos de silicio cristalino y UNE-EN 61646:1997 para módulos de película delgada.
- Mantenimiento: Aunque los módulos fotovoltaicos necesitan poco mantenimiento, es crucial mantenerlos limpios y libres de sombras para maximizar su rendimiento. (Alb, 2022)

Los paneles fotovoltaicos no solo producen energía para lugares remotos o aislados, sino que también alimentan dispositivos pequeños como calculadoras y relojes. Además, se utilizan en grandes plantas fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica para producir energía eléctrica.

2.5.1. Composición.

Según Ineldec (2021), las células de los paneles están encapsuladas con resina, que se coloca entre dos placas para formar los módulos fotovoltaicos. La lámina exterior es de vidrio, mientras que la lámina posterior puede ser de plástico o de vidrio si se desea un módulo semitransparente.

Ilustración 2.11 componentes de un panel solar.



(Ineldec, 2021)

Las células solares son dispositivos capaces de producir energía eléctrica a partir de la radiación solar. Compuestas de materiales semiconductores, como el silicio, los cuales tienen propiedades para absorber

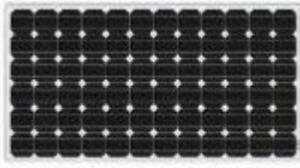
la luz y liberar electrones. Los electrones se liberan y se mueven a través del material cuando la luz solar entra en la célula, generando una corriente eléctrica.

2.5.2. Tipos de paneles.

Varios tipos de paneles fotovoltaicos se utilizan actualmente. Como, por ejemplo:

- Paneles monocristalinos: Estos paneles tienen una apariencia uniforme y una alta eficiencia energética porque están hechos de una sola célula de silicio. Aunque son más costosos que los paneles policristalinos, también funcionan mejor para convertir la energía solar en electricidad. (Tritecadm, 2017)
- Paneles policristalinos: Estos paneles tienen una apariencia moteada porque están hechos de varias células de silicio. Aunque son menos costosos que los paneles monocristalinos, también son menos eficientes. Son una opción ventajosa para proyectos de energía solar a gran escala. (Tritecadm, 2017)
- Paneles de capa fina: estos están hechos de materiales como el silicio amorfo o el telururo de cadmio. Para aplicaciones que requieren flexibilidad, como los tejados de los edificios, son ideales porque son más delgados y flexibles que los paneles policristalinos y monocristalinos. Sin embargo, los paneles cristalinos son más eficientes. (Tritecadm, 2017)

Tabla 2-2 tipos de células solares.

Tipo de célula	Eficiencia	Aspecto	Características
Monocristalino	17-20%		Estructura cristalina uniforme De color oscuro
Policristalino	13-15%		Estructura cristalina no uniforme Tonalidad azulesca

Capa fina	7-9%		Estructura no cristalizada Flexible Obscura
-----------	------	------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------

(Tritecadm, 2017)

- Paneles solares híbridos: “estos dispositivos combinan tecnologías fotovoltaicas y térmicas. Esto los hace ideales para aplicaciones que requieren tanto electricidad como calor, como en sistemas de calefacción de agua.” (Turelectric, 2019)

Los paneles solares se componen generalmente de agrupaciones de celdas fotovoltaicas conectadas en serie para obtener una tensión de salida deseada y luego conectadas en paralelo para aumentar la corriente. El tipo de panel que se elija dependerá de las necesidades específicas del proyecto, así como de la eficiencia y rentabilidad que se busca.

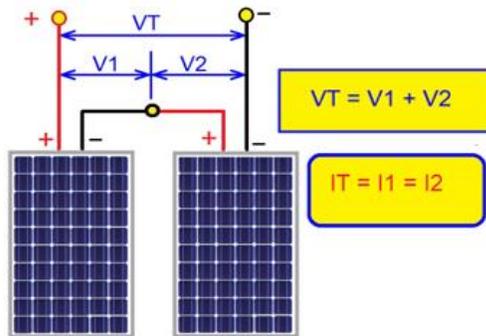
2.5.3. Conexión de paneles fotovoltaicos.

La conexión de paneles solares se refiere al proceso de interconectar los paneles solares para generar energía eléctrica a partir de la radiación solar. A continuación, se da una breve explicación del proceso:

- Instalación: Los paneles solares son instalados en ubicaciones adecuadas, generalmente en el techo de un edificio o en un área abierta con acceso directo al sol. Se colocan en una estructura de soporte que los mantiene en posición y ángulo óptimos para captar la mayor cantidad de radiación solar.
- Conexión en serie y paralelo: Los paneles solares se conectan entre sí para formar un sistema fotovoltaico. Esto se puede hacer de dos formas: en serie o en paralelo.
 - Conexión en serie: “En esta configuración, los paneles solares se conectan uno después del otro, de manera que la corriente eléctrica fluye a través de cada panel en secuencia. La tensión total del

sistema se suma, mientras que la corriente se mantiene constante.”
(Quevedo, 2019)

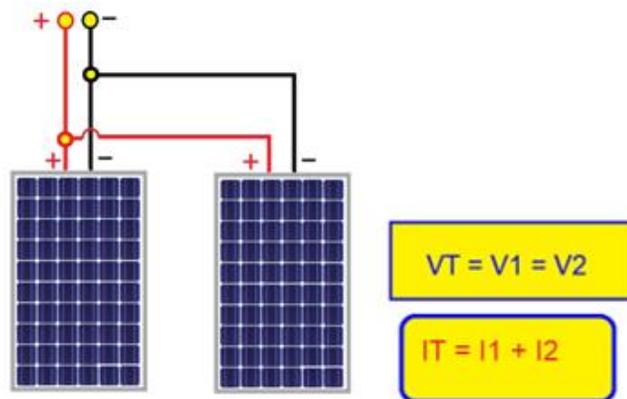
Ilustración 2.12 circuito de paneles en serie.



(Paco, 2022)

- Conexión en paralelo: “En esta configuración, los paneles solares se conectan de manera que la corriente eléctrica se divide entre ellos, mientras que la tensión se mantiene constante. Esto permite aumentar la intensidad total del sistema”. (Quevedo, 2019)

Ilustración 2.13 circuito de paneles en paralelo.



(Paco, 2022)

2.5.4. Conexión a Inversor.

Un inversor eléctrico es un dispositivo que puede convertir corriente continua (DC) en corriente alterna (AC). En otras palabras, convierte la energía

eléctrica de una batería o una fuente de alimentación de CC en energía que se puede usar para alimentar dispositivos que requieren corriente alterna, como electrodomésticos, herramientas eléctricas y otros equipos electrónicos. Los inversores eléctricos son comunes en sistemas de energía solar y eólica, así como en vehículos de trabajo y recreativos.

Ilustración 2.14 Inversor de Conexión de Red FRONIUS PRIMO.



Renova

La capacidad de potencia de un inversor eléctrico se mide en vatios (W) o kilovatios (kW). Los dispositivos electrónicos pequeños, como teléfonos móviles y computadoras portátiles, se alimentan con inversores de baja potencia, que suelen tener una capacidad de menos de 1000 W. Los sistemas de energía solar y eólica a gran escala se alimentan con inversores de alta potencia, que pueden tener una capacidad de hasta varios megavatios (MW).

La forma de la onda de salida de un inversor eléctrico también puede ser sinusoidal, cuadrada o modificada. Los inversores de onda sinusoidal son ideales para alimentar equipos sensibles a la calidad de la energía, como televisores y computadoras, ya que producen una forma de onda de salida que se asemeja a la forma de onda de la red eléctrica. Aunque son menos costosos, los inversores de onda cuadrada y modificada pueden causar interferencias eléctricas que pueden afectar el funcionamiento de ciertos equipos electrónicos. (Puente, 2022)

Tipos de inversores.

Varios tipos de inversores fotovoltaicos se utilizan en los sistemas de energía solar. Considere lo siguiente como un ejemplo:

- Los inversores monofásicos o de cadena: “son los más conocidos y rentables. Los inversores de cadenas conectan los paneles fotovoltaicos con cadenas o líneas, y cada inversor tiene una o más entradas para cadenas. Este tipo de inversor es adecuado para instalaciones en las que todos los paneles son uniformes y no hay sombras.” (Dexen Energy, 2017)

Ilustración 2.15 Inversor de cadena Sungrow



(Sunerisepv, 2021)

- Microinversores: “cada uno de los paneles solares de un sistema fotovoltaico tiene un pequeño inversor conectado. Transforma la corriente continua (CC) generada por los paneles solares en corriente alterna (CA) en el tejado sin necesidad de un inversor central separado. Aunque son más caros que los inversores de cadena, sus costos están disminuyendo a medida que se vuelven más populares.” (Ecofener, 2021)

Ilustración 2.16 Microinversor.



(Casarano, 2023)

- Optimizadores de potencia: “son dispositivos instalados en cada panel solar y conectados a un inversor central. Aumenta la eficiencia del sistema al permitir que cada panel solar funcione por sí solo.” (Ecofener, 2021)

Ilustración 2.17 Optimizador de potencia.



(Cambioenergetico, 2019)

- Inversor autónomo: este tipo de inversor se usa en sistemas solares que no están conectados a la red. La electricidad de los paneles solares se transforma en corriente continua (CC) para alimentar los equipos eléctricos. (Ecofener, 2021)

Ilustración 2.18 Inversor autónomo Victron.



(Renovaenergia S.A., 2023)

- Inversor de batería: Este tipo de inversor se usa en sistemas de energía solar y está conectado a baterías. Los paneles solares producen energía de corriente continua (DC) para alimentar los dispositivos eléctricos y cargar las baterías. (Ecofener, 2021)

Ilustración 2.19 Inversor de batería BXST.



(BXST, s. f.)

2.5.5. Tipos de controladores.

Los reguladores PWM (Modulación de ancho de onda) y los reguladores MPPT (Monitoreo de máximo poder) son dos tipos de reguladores de carga disponibles para los sistemas solares.

- **Reguladores de tensión o reguladores de carga PWM.**

Los reguladores PWM (modulación por ancho de pulsos) manejan la carga de la batería a través de un algoritmo interno. En esencia, dependen del nivel de carga de la batería para controlar la corriente de entrada. Observando la tensión, podemos determinar el estado de carga del banco de baterías o la batería. Una batería estacionaria de 12 voltios absorberá 14,4 voltios, flotará a 13,6 voltios y se considerará agotada a unos 11,8 voltios, por ejemplo.

Ilustración 2.20 Controlador PWM12/24V-5A marca Victron.



(Renovaenergía S.A., 2023)

“El funcionamiento básico de un regulador solar PWM es simple: permite que la corriente fluya de los paneles a la batería durante la fase de carga masiva, y luego restringe la corriente durante la fase de absorción para completar la carga de la batería. Una vez cargada la batería, se produce una fase conocida como flotación en la que la corriente disminuye al 1 % o 2 % para mantener la carga de la batería y tener en cuenta la autodescarga. Las sobrecargas y los daños a la batería son posibles sin este control de inyección de corriente basado en la tensión.”

(Renovaenergía S.A., 2022)

El regulador solar también protege la batería y restringe la corriente de la batería a los paneles solares cuando el voltaje es bajo. Además, están protegidos contra sobretensión, polaridad inversa, cortocircuitos y sobredescargas. (Vinuesa Albán, 2022)

- **Reguladores MPPT**

Según Renovaenergía S.A., 2022, a diferencia de los reguladores MPPT, los reguladores PWM no separan la tensión de funcionamiento de los paneles de la de la batería. Como resultado, se requieren paneles de 36 células con baterías de 12 voltios y paneles de 72 células con baterías de 24 voltios, que se entienden como dos paneles de 12 voltios conectados en serie para crear un panel de 24 voltios. De esta manera, el voltaje del panel será el correcto para cargar completamente la batería. El panel de 36 células funciona a 18 voltios para cargar una batería de 12 voltios hasta 14,4 voltios. El panel de 72 células funciona a uno aproximado de 37 voltios para cargar la batería de 24 voltios hasta 28,8 voltios.

Ilustración 2.21 controlador SmartSolar MPPT 250/100 marca Victron.



(Victron Energy, 2020)

El algoritmo MPPT puede ajustar el voltaje de funcionamiento de los paneles solares mientras determina continuamente cuándo están

generando la mayor cantidad de electricidad. Esto se debe a que el voltaje de funcionamiento de los paneles solares ya no depende del voltaje de la batería.

Se usa para cargar baterías con paneles de 60 celdas. Estos paneles funcionan en su punto de máxima potencia a unos 31 voltios cuando cargan una batería de 24 voltios a su tensión de absorción de 28,8 voltios sin usar un regulador MPPT. (Renovaenergía S.A., 2022)

Es muy importante no dejar los paneles solares conectados al regulador solar sin estar conectada la batería. Por eso, siempre se conecta primero la batería y posteriormente los paneles. Para desinstalar se realizará a la inversa, desconectar primero los paneles solares y posteriormente la batería.

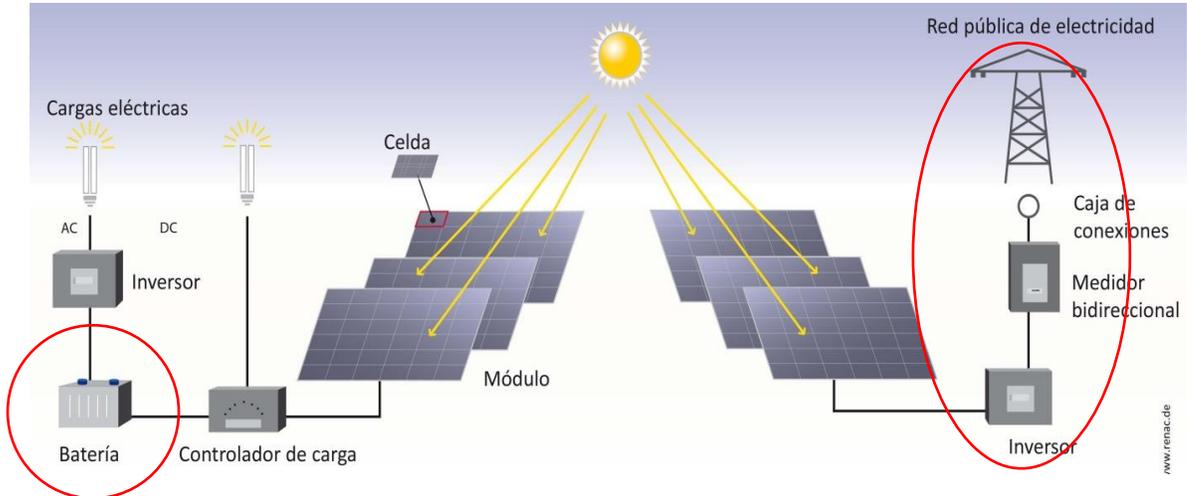
2.5.6. Conexión a red.

Los tres tipos de conexiones paneles fotovoltaicos conectados a la red son los siguientes:

- “Los sistemas fotovoltaicos off-grid son sistemas de generación de energía eléctrica autónomos que no están conectados a la red eléctrica. Estos sistemas se componen de paneles solares, un regulador de carga, un inversor y baterías solares. Su funcionamiento se basa en energía proveniente de la luz del sol captada a través de los paneles solares, que convierten la intensidad de la luz del sol en electricidad. Esta electricidad se almacena en las baterías solares para su uso posterior cuando no hay luz solar disponible.” (RENAC, 2017)
- “Un sistema fotovoltaico on-grid es un sistema de generación de energía eléctrica que se encuentra conectado a la red de la empresa proveedora de energía. Estos sistemas se caracterizan por devolver energía sobrante a la red eléctrica en lugar de almacenarla en baterías.” (INTEVA - Energía Solar, 2020)

El sistema debe de estar conectado a un medidor bidireccional para la devolución de energía durante las horas de sol.

Ilustración 2.22 instalación sin conexión a red (izq) conectada a la red (der).



(RENAC, 2017)

- Los sistemas híbridos fotovoltaicos utilizan la energía solar fotovoltaica en conjunto con otras fuentes de energía para producir energía eléctrica. Estos sistemas se utilizan en áreas rurales o islas donde la red eléctrica no está disponible o es poco confiable.

Los paneles fotovoltaicos producen corriente eléctrica continua y un inversor la convierte en corriente alterna para su uso. Los reguladores también se pueden encontrar en los paneles fotovoltaicos, lo que protege la batería contra sobrecargas y evita que se use de manera ineficaz.

La producción de energía solar fotovoltaica ha aumentado significativamente en todo el mundo en los últimos cinco años, llegando a triplicar la cantidad de energía instalada. Una alternativa atractiva para reducir los costos de generación de energía son los sistemas híbridos fotovoltaicos.

2.6. Protecciones del sistema.

Debido a su capacidad para producir energía de manera eficiente y sostenible, la energía solar fotovoltaica ha ganado importancia en los últimos años como fuente de energía renovable. Para garantizar el funcionamiento

seguro y eficiente de los sistemas fotovoltaicos, que son una forma común de aprovechar la energía solar, es esencial que sean protegidos adecuadamente.

Las protecciones eléctricas protegen el sistema fotovoltaico de incendios, picos de voltaje y tormentas eléctricas. Estos dispositivos también salvaguardan a las personas cercanas y a los operadores de los sistemas de generación de energía. Para asegurar la seguridad del sistema fotovoltaico y de las personas que lo utilizan, es necesario instalar protecciones eléctricas.

Los sistemas fotovoltaicos están protegidos eléctricamente por:

- Fusibles de protección fotovoltaica: estos fusibles protegen los paneles solares y los inversores de corriente directa (CD) contra cortocircuitos y sobrecargas. (Reynoso & Sanchez, 2022)

Ilustración 2.23 fusible de corriente continua (DC) LEADER.



- Interruptor termomagnético: protege los inversores de CD y los inversores de CA de sobrecargas y cortocircuitos. (Emac, 2021)

Ilustración 2.24 interruptor termomagnético.



(Emac, 2021)

- Cajas combinadoras: combinan la energía de múltiples paneles solares y la transmiten al inversor de CD.

Ilustración 2.25 caja combinador BENY.



(Ignacio, 2020)

- Supresores de picos: se utilizan para proteger los inversores de CD y CA de picos de voltaje. (Solarama, 2022)

Ilustración 2.26 Supresor de picos.



(Parayos, 2022)

- Protección contra el funcionamiento sin batería: se aplica a los sistemas fotovoltaicos que utilizan baterías para evitar que funcionen sin batería.
- Protección contra sobrecalentamiento: se utiliza para evitar que los sistemas fotovoltaicos se calienten demasiado. (Solarama, 2022)

Ilustración 2.27 relé térmico.



(EcuRed, 2013)

Las protecciones eléctricas son cruciales para los sistemas fotovoltaicos porque aseguran la seguridad del sistema y de las personas que lo utilizan. Además, para cumplir con las normas y regulaciones establecidas para la instalación de sistemas fotovoltaicos, se requieren protecciones eléctricas. Estas protecciones deben ser realizadas por personal capacitado y calificado para garantizar su funcionamiento adecuado. (Solarama & Solarama, 2022)

Un contador bidireccional mide tanto la producción como el consumo de energía, es decir, la energía generada y devuelta a la red y la energía consumida de la red.

2.7. Medidor Bidireccional.

Según Olguin, 2022 este tipo de contador se usa principalmente en sistemas de energía renovable, como la energía solar fotovoltaica, donde se puede medir la cantidad de energía generada, consumida y devuelta a la red.

Los medidores bidireccionales tienen varias características y se utilizan principalmente para:

- **Medición de la energía:** Los contadores bidireccionales pueden medir tanto la energía generada como la consumida, lo que permite obtener una imagen completa del balance energético.

- Interconexión a la red: estos contadores se utilizan en sistemas de energía renovable que están conectados a la red. Esto permite la transferencia de energía bidireccional entre el sistema y la red.
- Sistemas de facturación neta se pueden implementar utilizando los datos de los contadores bidireccionales. Estos sistemas equilibran la producción y el uso de energía, lo que puede reducir el costo de la factura eléctrica.
- Monitoreo y control: Además, los contadores bidireccionales permiten la supervisión y el control del flujo de energía en tiempo real, lo que facilita la gestión y optimización de los sistemas de energía renovable. (Olguin, 2022)

Ilustración 2.28 Medidor bidireccional Eastron.



(PROVIENTO, s. f.)

2.8. Normativa ecuatoriana de generación distribuida.

La resolución ARCERNNR-001/2021, que fue aprobada en Ecuador en 2021, establece los estándares para la construcción de sistemas de generación distribuida que utilizan fuentes de energía renovables como la energía solar. La resolución tiene como objetivo promover el uso de energías renovables y disminuir la dependencia del país de los combustibles fósiles. (ARCERNNR,2021)

La resolución ARCERNNR-001/2021 es crucial para la industria energética y cualquier persona que desee instalar sistemas de generación distribuida en Ecuador. La resolución establece los estándares administrativos y técnicos a los

que deben cumplir los sistemas de generación distribuida, además de los procedimientos necesarios para conectarlos a la red eléctrica.

2.8.1. Autoabastecimiento de una fuente distribuida.

La generación distribuida para el autoabastecimiento de clientes regulados se define por las leyes 001/2021 de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad y Renovables No Convencionales como “aquella que tiene una potencia nominal inferior a 1MW, está conectada al sistema de distribución o internamente a la instalación del consumidor, y también funciona en paralelo y sincronizada con la red utiliza recursos renovables disponibles en el área y funciona tanto con o sin almacenamiento de energía.” (ARCERNNR,2021)

Puede usar un contador único para todo el recinto o contadores individuales fuera de la propiedad del consumidor, siempre que estén conectados al sistema de distribución y tengan asignado el mismo número de cuenta de contrato. Si tiene otras cuentas de contrato, puede instalar una fuente distribuida utilizando las mismas reglas para cada instalación.

2.8.2. Dimensionamiento, factibilidad de conexión y certificado.

Dimensionamiento: todo dependerá de lo que se quiera consumir, este consumo no debe de sobrepasar los 1MW de capacidad. Estudios de cargas son necesarios para medir la producción de energía al año de la fuente distribuida y cerciorarse de que esta no supere el consumo de la instalación al pasar el año.

Factibilidad: consultando el anexo 1 de la resolución 001/2021 de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad y Renovables No Convencionales, en este anexo se encuentra información sobre especificaciones de la instalación y puntos de conexiones. Las dos categorías encontradas en estos anexos se basan en la factibilidad de la conexión según la potencia nominal y la diferencia de potencial en la conexión los cuales podemos ver en la tabla 3. (ARCERNNR,2021)

Tabla 2-3 Fuentes distribuidas por categorías.

Categoría	Voltaje de conexión	Potencia nominal
CAT1	Voltaje bajo	< 10kW monofásico
		< 20kW bifásico
		< 30kW trifásico
CAT2	Voltaje medio	≥ 30kW

(ARCERNNR, 2021)

La finalidad del proyecto cabe en la categoría CAT1, y el siguiente proceso de factibilidad le será implementado:

Según ARCERNNR,2021, la distribuidora empresarial para aceptar la solicitud contara con un plazo de cinco días, en caso de que existan dudas por parte de la empresa y esta necesite una respuesta el individuo que entrego la propuesta contara con el mismo plazo. En caso de que la propuesta sea aceptada por parte de la empresa distribuidora esta contara con un plazo para hacer sus estudios respectivos y análisis, de cuarenta y cinco días en los que incluirán:

- Modificaciones al sistema para que no de problemas al momento de ser conectada a la red. (los gastos de las modificaciones van a cuenta del proponente.)
- Diagrama unifilar para los puntos de conexión
- Especificaciones de la operación de la instalación en caso de falla de la red

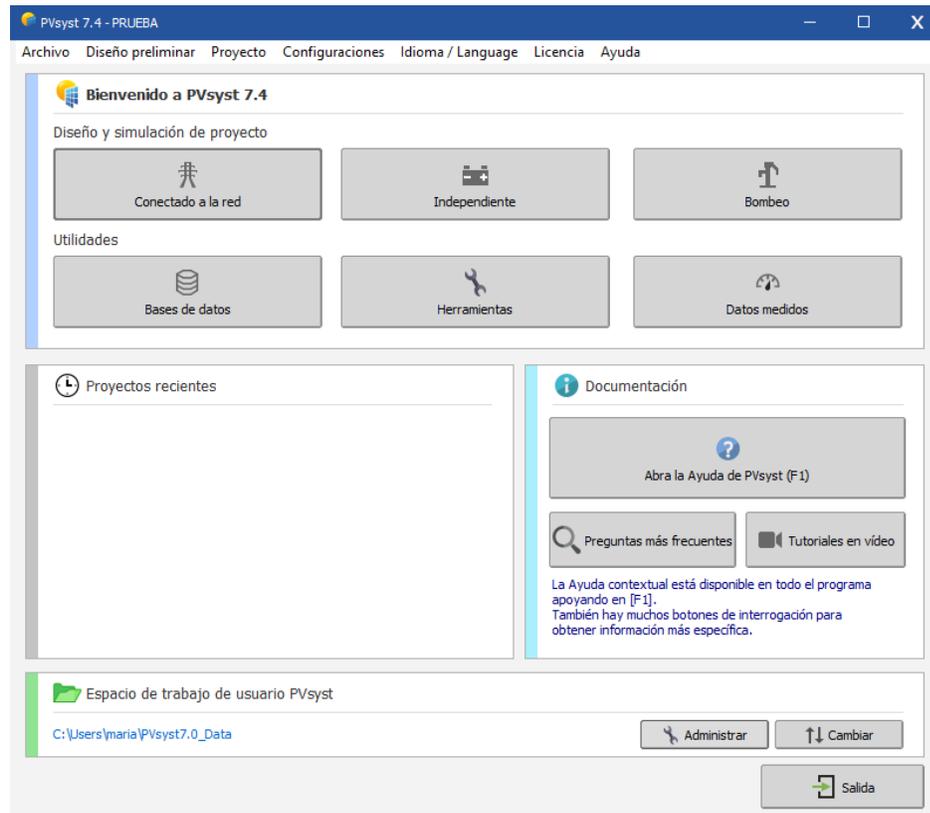
Certificado: “Una vez realizada la conexión y a la aceptación del proponente se tramitará la emisión del certificado de calificación, dentro de los requisitos para tramitar el certificado se encuentran, la factibilidad de conexión, ficha técnica del proyecto, especificación de los equipos, diagramas unificables, cronograma de obra etc.

En caso de faltar algún requisito la distribuidora contara con treinta días para emitir las observaciones”. (ARCERNNR,2021)

2.9. PVsyst.

El programa informático conocido como PVsyst se utiliza para realizar investigación, dimensionamiento, modelización y análisis de datos de sistemas fotovoltaicos (FV).

Ilustración 2.29 Programa PVsyst.



(Autor, 2023)

Debido a sus múltiples características, es una herramienta útil para ingenieros, investigadores y otros expertos en energía solar. El sector de las energías renovables lo utiliza ampliamente. Las siguientes son las características principales de PVsyst:

- **Simulación:** Los usuarios de PVsyst pueden simular cómo funcionará un sistema fotovoltaico en diferentes entornos, como con diferentes niveles de radiación solar, temperaturas y sombra. Esto puede ayudar a los ingenieros a maximizar la producción de energía al optimizar el diseño de un sistema.

- Dimensionamiento: PVsyst puede usarse para calcular el tamaño ideal de un sistema fotovoltaico en función de la demanda de energía, el espacio disponible en el tejado y el presupuesto. Además, puede ayudar a los clientes a elegir los inversores, baterías y paneles solares ideales para su sistema.
- Análisis de datos: PVsyst puede analizar los datos de los sistemas fotovoltaicos actuales para evaluar su rendimiento e identificar áreas de desarrollo. Además, puede utilizarse para evaluar los efectos de cambios en el sistema, como la instalación de paneles adicionales o la eliminación de los obsoletos, o para comparar el rendimiento de otros sistemas.
- Visualización: PVsyst ofrece una variedad de opciones de visualización para ayudar a los usuarios a comprender el rendimiento de un sistema fotovoltaico. Por ejemplo, puede crear gráficos y tablas que muestren la producción de energía de un sistema a lo largo del tiempo o el impacto de la sombra en la eficacia de paneles específicos. (PVsyst, 2022)

El software es de paga, en su versión gratuita el usuario cuenta con 30 días con la demo, al término de estos días el software exigirá que se compre una licencia para poder seguir utilizándolo. Hay diferentes opciones al momento de elegir una licencia, los precios varían dependiendo de las características que se quieran desbloquear, se ofrecen licencias profesionales, investigativa y para docencia.

CAPÍTULO 3

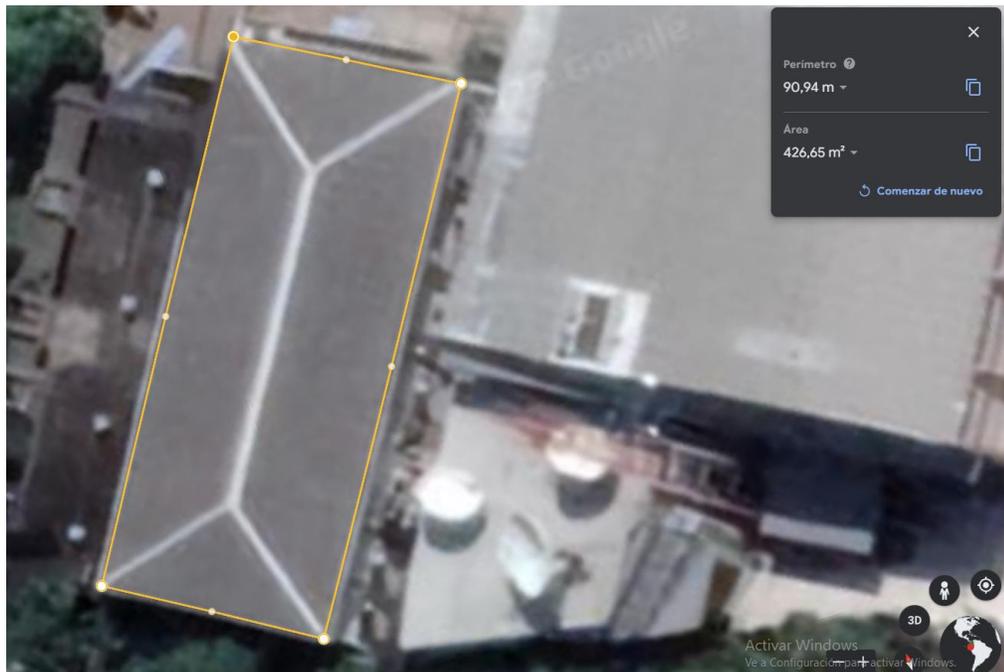
3. DISEÑO Y CÁLCULOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

3.1. Descripción de propuesta.

El trabajo consiste en el diseño y valoración de un sistema fotovoltaico para el área de aulas ft 4-13 de la Facultad Técnica para el Desarrollo de la UCSG. La idea es aprovechar la superficie del edificio ya que no cuenta con instalaciones de aire acondicionado por ser una superficie inclinada, el edificio al no tener arboles u otra edificación que le niegue la llegada de la luz del sol es el objetivo ideal para poder poner paneles fotovoltaicos.

Mediante la aplicación Google Earth se pudo determinar la longitud del edificio de 32 metros y el ancho del edificio de aproximadamente 13.5 metros, lo cual nos entrega una superficie aproximada de 426.65 metros cuadrados tal cual se puede ver en la ilustración 3.1.

Ilustración 3.1 vista superior del edificio.



(Autor, 2023)

El diseño del sistema fotovoltaico partirá desde las dimensiones anteriormente mencionadas, teniendo en cuenta que según la regulación del ARCERNNR el sistema fotovoltaico no podrá exceder más del 1 MW de potencia.

3.2. Cálculos del sistema fotovoltaico.

3.2.1. Dimensionamiento.

Primero que nada, a la hora de hacer los cálculos para un sistema fotovoltaico necesitaremos conocer la cantidad de potencia que consumiremos a lo largo del día, manteniéndonos en un rango para que al siguiente día nuestro sistema vuelva a cargar las baterías, en caso de tener nuestra instalación fuera de la red de energía del proveedor.

Esta potencia requerida la podemos obtener de la siguiente manera:

- Viendo que elementos conforman parte del circuito de la morada (en este caso del edificio de la universidad).
- La cantidad del mismo elemento.
- La potencia del elemento.
- Su potencia total la cual encontraremos al multiplicar la potencia del elemento con la cantidad de este.
- Las horas de uso diarias.
- La potencia requerida para ese grupo de elementos la cual encontramos al multiplicar su potencia total con la cantidad de horas de uso.

Lo que nos quedaría de la siguiente manera recordando la tabla 2.1:

Tabla 3-1 Potencia diaria consumida por dispositivos.

Elemento o aparato	Cantidad	Potencia	Potencia total	Horas de uso	Potencia requerida
	(#)	(W)	$(Wt = W * \#)$	(h)	$Wt_{th} = Wt * h$

(Autor, 2023)

Continuando con el tema, nos enfocaremos en el edificio de la facultad técnica de la UCSG el cual cuenta con las aulas ft4 hasta la ft13 y 2 aulas más las cuales pertenecen a profesores de tiempo completo y medio tiempo y la sala

de lectura para un total de 12 aulas, 6 en planta baja y 6 en el primer piso, las cuales conforman el edificio.

Basándonos en la tabla 3.1, se realizó un chequeo de los elementos o aparatos que están conectados a la red del edificio la nueva tabla nos quedaría de la siguiente manera:

Tabla 3-2 Potencia requerida planta baja Ft4 - Ft9.

Elemento o aparato	Cantidad	Potencia (W)	Potencia total (W)	Horas de uso (h)	Potencia requerida (W)
Foco alógeno de tubo medianos	246	9	2214	~14	30996
Repetidores de internet	3	18	54	24	1296
CPU	6	124	744	~8	5952
Monitor	6	96	576	~8	4608
A/C	6	360	2160	~4	8640
Total			5784		51492

(Autor, 2023)

Nota: Debido al horario de clases que cambian de manera semestral, las horas de uso son vagas aproximaciones, teniendo en cuenta de que las aulas son usadas por todos los alumnos de la facultad como electricidad, electrónica, telecomunicaciones, veterinaria, agropecuaria.

Continuando en el segundo piso, se tendrán que presentar cambios en la tabla ya que en el piso se encuentran dos aulas especiales las cuales son usadas

por profesores tiempo completo y el director de carrera. La tabla quedaría de la siguiente manera:

Tabla 3-3 Potencia requerida planta alta.

aula	elemento o aparato	cantidad	potencia	potencia total	horas de uso	potencia requerida
pasillos	focos led bulbo	12	9	108	6	648
	focos alogenos de tubo largos	15	18	270	6	1620
sala profesores TC	focos alogenos de tubo medianos	36	9	324	8	2592
	repetidor	1	18	18	24	432
	monitor	1	96	96	8	768
		2	96	192	4	768
	PCU	1	150	150	8	1200
		2	124	248	4	992
	impresora grande	1	9,5	9,5	1	9,5
	impresora	3	5	15	1	15
A/C	1	360	360	8	2880	
sala Director de Carrera	focos alogenos de tubo medianos	36	9	324	14	4536
	servidor	1	110	110	24	2640
	monitor	2	96	192	14	2688
		2	96	192	4	768
	CPU	2	150	300	14	4200
		2	124	248	4	992
	Dispensador de agua	1	40	40	24	960
	impresora	1	5	5	1	5
	repetidor	1	18	18	24	432
	mini refrigeradora	1	55	55	24	1320
	A/C	1	360	360	14	5040
proyector	1	235	235	1	235	
ft11-12-13	proyector	3	235	705	1	705
	focos alogenos de tubo medianos	108	9	972	1,5	1458
	monitor	3	96	288	1,5	432
	PSU	3	124	372	1,5	558
	A/C	3	360	1080	1,5	1620
sala de lectura	proyector	1	235	235	0,5	117,5
	focos alogenos de tubo medianos	48	9	432	8	3456
	monitor	1	96	96	8	768
	PSU	1	124	124	8	992
	A/C	1	360	360	6	2160
	servidor	1	110	110	24	2640
	repetidor	1	18	18	24	432
total				8661,5		51079

(Autor,2023)

En la tabla 3.3 podemos observar en más detalle los datos de potencia requerida de cada uno de los elementos que están conectados dentro de cada

aula. Los colores amarillo y verde representan valores aproximados a la realidad mientras que las celdas de color salmón son de equipos de poco uso (se omitieron equipos que no se dan uso).

Cabe recalcar que se tuvo en cuenta la cantidad de elementos en uso a la hora de proponer las horas de uso diarias.

Sumando las potencias requeridas de las dos plantas tenemos aproximadamente 102571 W/h diarios (102.57 kW/h), con una potencia nominal de 14445.5 W (14.45 kW)

Nota: las horas de uso diarias presentadas en las tablas 3.2 y 3.3 son estimaciones teniendo en cuenta un semestre universitario atareado.

3.3. Diseño del sistema fotovoltaico conectado a la red con PVsyst.

Dentro de esta sección se dará explicación sobre el desarrollo del diseño del sistema fotovoltaico haciendo uso de la aplicación PVsyst

3.3.1. Ubicación geográfica y condición meteorológicas.

La ubicación mostrada en la ilustración 3.2 corresponde al edificio donde están las aulas de la facultad técnica de la UCSG las cuales llevan los nombres de ft4 hasta la ft13. El programa cuenta con un localizador el cual permite buscar la ubicación del proyecto fotovoltaico con sus coordenadas geográficas, datos que serán útiles a la hora de concretar la inclinación y orientación de los paneles.

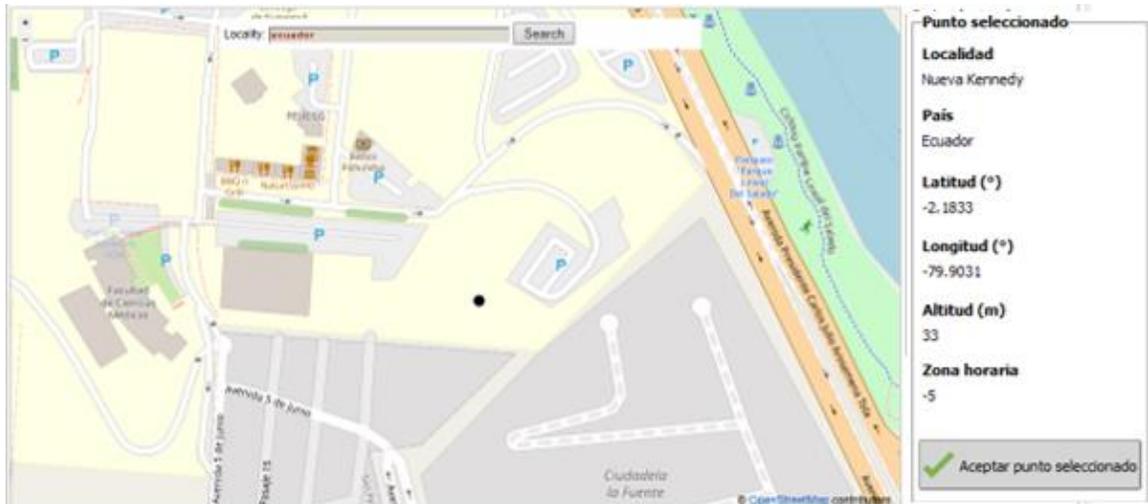


Ilustración 3.2 Ubicación del proyecto.

(Autor, 2023)

La nueva ubicación geográfica del proyecto debe de ir vinculada a una base de archivos los cuales contienen también los datos meteorológicos por medio de bases de datos como PVGIS, Meteonorm, Solcast, etc.

Los datos más actualizados son los Meteonorm 8.1 con datos registrados del 2016 – 2021 y PVGIS 5.2 con datos registrados hasta marzo del 2005 – 2020 en este caso escogeremos los datos de Meteonorm 8.1

Tabla 3-4 Tabla meteorológica Meteonorm

Mes	Irradiación horizontal global (kWh/m2/mes)	Irradiación difusa horizontal (kWh/m2/mes)	Temperatura (C°)	Velocidad del viento (m/s)
Enero	130.1	79.8	24.8	1.07
Febrero	113.5	75.9	24.4	0.95
Marzo	143.0	85.1	24.5	0.94

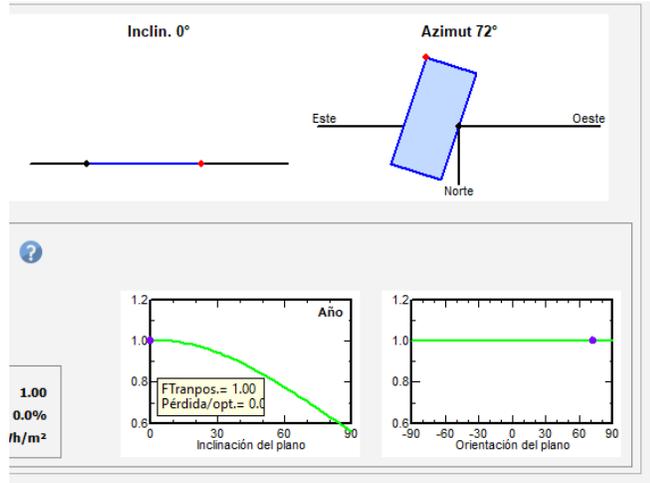
Abril	133.4	77.8	25.1	1.00
Mayo	148.0	75.9	24.2	1.37
Junio	114.2	68.1	23.3	1.41
Julio	115.2	70.4	23.3	1.44
Agosto	154.6	78.9	23.1	1.93
Septiembre	157.3	70.1	23.2	1.94
Octubre	159.1	82.5	23.4	1.99
Noviembre	151.5	78.6	24.4	2.03
Diciembre	144.7	76.6	25.0	1.57
Anual	1682.7	920.2	24.1	1.5

(Autor, 2023)

3.3.2. Orientación e inclinación.

Uno de los primeros parámetros en la pestaña de parámetros principales es la pestaña de orientación, la cual nos permite ver y editar los parámetros de posicionamiento del panel como podemos observar en la siguiente ilustración:

Ilustración 3.3 orientación e inclinación de los paneles.



(Autor, 2023)

Para mayor aprovechamiento solar los paneles serán colocados a 0° con la ayuda de soportes debido a la inclinación del techo del edificio.

Ilustración 3.4 Edificio Ft4-13 vista de arriba.



(Yamil Lambert, 2016)

Los datos de Meteonorm y la latitud de la ubicación propuesta le permiten al programa determinar la mejor orientación e inclinación para que los paneles puedan producir la mayor cantidad de energía posible de la radiación solar. El programa tiene en cuenta la variación de la posición del sol en el cielo.

3.3.3. Dimensionamiento del sistema conectado a la red PVsyst.

En la opción de sistema se abrirá una pestaña en la cual podremos elegir nuestros paneles solares e inversores de una gran variedad de marcas.

En la parte superior nos encontraremos con la viñeta de ayuda de pre-dimensionamiento, en la cual podremos ingresar la potencia planeada cuyo dato ya tenemos en la tabla 3.3, o podremos ingresar el área que tenemos disponible para nuestros paneles.

Siguiendo en el apartado de paneles solares podremos elegir entre los múltiples paneles del catálogo de PVsyst, el mismo programa nos dará las características del panel, como se demuestra en la siguiente ilustración:

Ilustración 3.5 pestaña de sistema PVsyst.

The screenshot displays the PVsyst software interface for system configuration. It is divided into several sections:

- Nombre y orientación del subconjunto:** Name: "Generador FV", Orientation: "Plano inclinado fijo", Inclination: 20°, Azimuth: 0°.
- Ayuda de pre-dimensionamiento:** Radio buttons for "Sin dimensionamiento" (selected) and "o área disponible(módulos)". Input fields for "Ingrese potencia planeada" (15.0 kWp) and "o área disponible(módulos)" (65 m²).
- Selección del módulo FV:** Filter: "Todos los módulos F", "Módulo bifacial" selected. Selected module: "AE Solar", 700 Wp 35V HIT, AE 700TME-132BDS, Desde 2022. Manufacturer: "Abrir".
- Selección del inversor:** "Yangtze solar", 10 kW, 96 - 240 V, 50/60Hz, SWI-10KW. Inverter power: 20.0 kWca. Voltage of operation: 96-240 V, Maximum input voltage: 240 V.
- Diseño del conjunto:** "Núm. de módulos y cadenas": Mód. en serie: 4 (entre 3 y 4), Núm. cadenas: 7 (entre 7 y 15). "Condiciones de operación": Vmpp (60°C): 153 V, Vmpp (20°C): 171 V, Voc (-10°C): 223 V. Irradia. plano: 1000 W/m². Imp (STC): 116 A, Isc (STC): 122 A. "Potencia del inversor está ligeramente sobredimensionada." "Potencia nom. conjunto (STC) 19.6 kWp".

(Autor, 2023)

Una vez elegido los paneles solares, en este caso se eligieron los paneles de la marca AE solar, AE700TME-132BDS de 700 vatios pico los cuales tienen un voltaje de operación de 35 voltios. Podemos pasar a la selección del inversor, para la simulación se eligieron dos inversores monofásicos de la marca Yangtze Solar, SWI-10KW, de 10 kW cada uno conectados en paralelo para una potencia global de 20 kW. En las siguientes ilustraciones se muestran en físico los paneles solares y el inversor de la prueba.

Ilustración 3.6 Panel solar AE solar 700W.



(AESOLAR, 2023)

Ilustración 3.7 Inversor 10kW Yangtze solar.



(Yangtze Solar, 2017)

3.3.3.1. Dimensionamiento de paneles.

El inversor cuenta con un voltaje máximo de entrada y los paneles configurados en serie se darán de forma en que el voltaje de circuito abierto del conjunto no supere al del inversor. La fórmula para el cálculo de paneles en serie se puede expresar de la siguiente manera:

Ecuación (8) Número máximo de paneles en serie.

$$N_{ps.mx} = \frac{V_{inv.max}}{V_{oc-10^{\circ}C}}$$

Donde:

- $N_{ps.mx}$: cantidad máxima de paneles en serie.
- $V_{inv.max}$: Voltaje máximo de inversor.
- $V_{oc-10^{\circ}C}$: Voltaje en circuito abierto a $-10^{\circ}C$.

Ilustración 3.8 panel solar AE700TME-132BDS datasheet.

Potencia nom. Wp Tol. +/- %
(en STC)

Tecnología

La eficiencia con poca luz (0.0% a 200 W/m²) parece sobrevalorada.

Especificaciones del fabricante o otras medidas

Condiciones de referencia	GRef	<input type="text" value="1000"/>	W/m ²	TRef	<input type="text" value="25"/>	°C
Corriente de cortocircuito	Isc	<input type="text" value="17.430"/>	A	Circuito abierto Voc	<input type="text" value="50.13"/>	V
Punto de Potencia máx.	Imp	<input type="text" value="16.630"/>	A	Vmpp	<input type="text" value="42.10"/>	V
Coeficiente de temperatura	muIsc	<input type="text" value="7.0"/>	mA/°C	Núm células en serie	<input type="text" value="66"/>	x 2
	o muIsc	<input type="text" value="0.040"/>	%/°C			

Resumen del modelo

Parámetros principales

Derivación R **1000 Ω**

Rderiv(G=0) **4000 Ω**

Modelo serie R **0.24 Ω**

Serie R máx. **0.24 Ω**

Serie R aparente **0.35 Ω**

Parámetros del modelo

Gamma **1.123**

IoRef **0.02 nA**

muVoc **-106 mV/°C**

muPMax fijo **-0.26 /°C**

Herramienta de resultado del modelo interno

Condiciones de operación	GOper	<input type="text" value="1000"/>	W/m ²	TOper	<input type="text" value="25"/>	°C
Punto de Potencia máx.	Pmpp	<input type="text" value="700.2"/>	W	Coef. temper.	<input type="text" value="-0.26"/>	%/°C
Corriente	Imp	<input type="text" value="16.58"/>	A	Voltaje Vmpp	<input type="text" value="42.2"/>	V
Corriente de cortocircuito	Isc	<input type="text" value="17.43"/>	A	Circuito abierto Voc	<input type="text" value="52.1"/>	V
Eficiencia	/ Área células	<input type="text" value="24.06"/>	%	/ Área módulo	<input type="text" value="22.57"/>	%

(Autor, 2023)

Ilustración 3.9 Inversor SWI-10KW datasheet.

Modelo	SWI-10KW	Fabricante	Yangtze solar
Nombre de archivo	SWI-10KW-Yangtze solar.OND	Fuente de datos	Manufacturer
Definición de parámetros personalizados			

Lado de entrada (Campo FV CC)		Lado de salida (Red CA)	
Voltaje MPP mínimo	96 V	<input checked="" type="radio"/> Monofásico	Frecuencia
Voltaje mín. para PNom	N/A V	<input type="radio"/> Trifásico	<input checked="" type="checkbox"/> 50 Hz
Corriente de entrada máxima	N/A A	<input type="radio"/> Bifásico	<input checked="" type="checkbox"/> 60 Hz
Voltaje MPP nominal	N/A V	Voltaje de red	220 V
Voltaje MPP máximo	240 V	Potencia de CA nominal	10.0 kW
Voltaje FV máx. absoluto	240 V	Potencia CA máxima	15.0 kW
Umbral de potencia	50 W <input checked="" type="checkbox"/> Defecto	Corriente CA nominal	45.5 A <input checked="" type="checkbox"/>
<small>Especificación contractual, sin significado físico verdadero</small>	<input type="checkbox"/> Requerido	Corriente CA máxima	68.2 A <input checked="" type="checkbox"/>
Potencia FV nominal	N/A kW	Eficiencia	
Potencia FV máxima	N/A kW <input type="checkbox"/>	Eficiencia máxima	98.00%
Corriente FV máxima	N/A A <input type="checkbox"/>	Eficiencia CEC	93.00%
		<input type="checkbox"/> Eficiencia definida para 3 voltajes	

(Autor, 2023)

Basando en la ilustración 3.5 en el apartado de selección de paneles solares al abrir las características del panel solar podremos encontrar los valores predeterminados como el voltaje máximo, corriente máxima de corto circuito, entre otros. En los datos que se pueden ver en la ilustración 3.8 no se encuentran los valores de voltaje en circuito abierto a 10°C, para encontrarlo se hará uso de la siguiente expresión:

Ecuación (9) Voltaje en circuito abierto a -10°C.

$$V_{oc-10^{\circ}C} = \left(1 + (-10 - T_{idle}) * \frac{\beta}{100} \right) * V_{oc\ STC}$$

Donde:

$V_{oc\ STC}$: Voltaje de circuito abierto a 25°C.

T_{idle} : Temperatura ideal de trabajo = 25°C.

β : coeficiente térmico de voltaje de circuito abierto.

Lo cual nos quedaría de la siguiente manera:

$$V_{oc-10^{\circ}C} = \left(1 + (-10 - 25) * \frac{-0.26}{100} \right) * 52.1$$

$$V_{oc-10^{\circ}C} = 56.84$$

$$N_{ps.mx} = \frac{240}{56.84} = 3.87$$

Redondeando a 4 paneles en serie. De igual manera se puede encontrar el número mínimo de paneles conectados en serie con la siguiente expresión:

Ecuación (10) Número mínimo de paneles en serie.

$$N_{ps.min} = \frac{V_{inv.minPMP}}{V_{PMP 70^{\circ}C}}$$

Donde:

$V_{inv.minPMP}$: voltaje mínimo de arranque de inversor.

$V_{PMP 70^{\circ}C}$: voltaje pico de máxima potencia del panel.

Para poder hallar el voltaje pico de máxima potencia del panel haremos uso de la ecuación 9 cambiando el Voltaje de circuito abierto por el voltaje mpp del panel, de la siguiente manera:

Ecuación (11) voltaje pico de máxima potencia del panel.

$$V_{PMP 70^{\circ}C} = \left(1 + (70 - T_{idle}) * \frac{\beta}{100} \right) * V_{mpp}$$

Resolviendo:

$$V_{PMP 70^{\circ}C} = \left(1 + (70 - 25) * \frac{-0.26}{100} \right) * 42.2$$

$$V_{PMP 70^{\circ}C} = 37.26$$

$$N_{ps.min} = \frac{96}{37.26} = 2.57$$

(Referencia: PVsyst)

Redondeando a 3 paneles en serie como mínimo para conformar la cadena.

En el programa PVsyst, se nos da la posibilidad de poder hacer la agrupación de paneles que nosotros queramos así mismo hay una opción para elegir la agrupación recomendado por la aplicación.

Así como se encuentra dentro de la aplicación las ecuaciones para el cálculo de paneles solares en serie, también podemos encontrar los cálculos para

la cantidad de paneles en paralelo o en cadena, estos se encuentran expresados de la siguiente manera:

Ecuación (12) número de grupos de paneles en paralelo.

$$Np_p \leq \frac{I_{max,inv}}{I_p}$$

Donde:

I_p : corriente de paneles en serie = I_{mpp} del panel mostrado en la ilustración 3.7.

$I_{max,inv}$: corriente máxima del inversor mostrado en la ilustración 3.9.

Resolviendo:

$$Np_p \leq \frac{68.2 A}{16.63}$$

$$Np_p \leq 4.1$$

Por ende, el número de filas en paralelo por inversor es de 4.1 y al tener 2 inversores en total serian 8 filas en paralelo para completar el circuito fotovoltaico tal como se muestra en la ilustración 3.10.

Ilustración 3.10 cuadro de conjunto PVsyst.

Diseño el conjunto			
Núm. de módulos y cadenas			
Mód. en serie	4	<input checked="" type="checkbox"/> entre 3 y 4	?
Núm. cadenas	8	<input type="checkbox"/> entre 7 y 15	
Perdida sobrecarga	0.0 %	Dimensionamiento	?
Proporción Pnom	1.12		
Núm. de módulos	32	Área	99 m²

(Autor, 2023)

Ilustración 3.11 Resumen del sistema.

Resumen sistema global

Núm. de módulos	32
Área del módulo	99 m ²
Núm. de inversores	2
Potencia FV nominal	22.4 kWp
Potencia de CA nominal	20.0 kWCA
Proporción Pnom	1.120
Proporción de red lim. Pnom	1.867

(Autor, 2023)

3.4. Diseño de sistema fotovoltaico desconectado de la red o de autoconsumo con PVsyst.

Comenzando un nuevo proyecto con la finalidad de implementar un sistema fotovoltaico para autoconsumo desconectado de la red, para la simulación se usaron las mismas especificaciones que el sistema conectado a la red, con la adición de bancos de baterías para el almacenamiento de energía para autoconsumo.

3.4.1. Dimensionamiento del sistema.

Al ser un sistema con la finalidad de desconectarlo de la red para generar energía para autoconsumo la potencia nominal del sistema fotovoltaico aumentara inversamente proporcional a la cantidad de días de autonomía del sistema, como se demuestra en la ilustración 3.12 y 3.13.

Ilustración 3.12 Potencia sugerida por un día de autonomía PVsyst.

Necesidades diarias prom. Ingrese PLOL aceptado 101 kWh/día Autonomía solicitada 1.0 día(s) Pre-dimens. detallado

5.0 % Voltaje de la batería (usuario) 48 V

Capacidad sugerida 2479 Ah

Potencia FV sugerida 43233 Wp (nom.)

(Autor, 2023)

Ilustración 3.13 Potencia sugerida por dos días de autonomía PVsyst.

Necesidades diarias prom. Ingrese PLOL aceptado	5.0 %	Voltaje de la batería (usuario)	48 V	
101 kWh/día	Autonomía solicitada	2.0 día(s)	Capacidad sugerida	4958 Ah
Pre-dimens. detallado		Potencia FV sugerida	37964 Wp (nom.)	

(Autor, 2023)

3.4.1.1. Dimensionamiento del banco de baterías.

La aplicación PVsyst se encarga automáticamente del dimensionamiento del banco de baterías, dependiendo del voltaje del paquete de baterías deseado que en este caso fue de 48V ya que al momento de hacer el dimensionamiento del controlador de recarga de batería nos entregaran modelos descontinuados.

Ilustración 3.14 Dimensionamiento de banco de baterías.

Especifique el conjunto de batería

Ordenar baterías por voltaje capacidad fabricante

Cegasa 48 V 280 Ah Li LFP e-Bick PRO 280Ah 48V Desde 2021

Lithium-ion La batería seleccionada es una módulo

1	<input checked="" type="checkbox"/> módulos en series	Número de módulos	13	Voltaje paquete de baterías	48 V
13	<input type="checkbox"/> módulos en paralelo	Número de elementos	195	Capacidad global	3640 Ah
100.0 %	Estado inicial de desgaste (núm. de ciclos)			Energía almacenada (80% DOD)	140 kWh
100.0 %	Estado inicial de desgaste (estático)			Peso total	1365 kg
				Núm. de ciclos a 80% DOD	5000
				Energía total almacenada durante la vida útil de la batería	708 MWh

(Autor, 2023)

Ilustración 3.15 Baterías De Litio CEGASA EBick Ultra 175 48280-M.



(Fusión Energía Solar, 2021)

Ilustración 3.16 Hoja de datos de batería CEGASA PVsyst.

Parámetros básicos		Comportamiento en los límites	
Núm. de células en serie/en paralelo	15 1	Voltaje de corte de carga	52.5 V
Voltaje nominal	48.0 V	Voltaje de corte de descarga	42.0 V
Capacidad en C10	280.00 Ah	Corriente de carga máxima	175 A
Resistencia interna @ temp. ref.	8.55 mΩ <input type="checkbox"/>	Corriente de descarga máxima	175 A
Temperatura de referencia	20.0 °C <input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura mínima de carga	0 °C
Eficiencia coulombica ?	96.0 %	Temperatura mínima de descarga	-20 °C
Info: Renormalización a C10		Indicadores de batería llena	
Hoja de datos Capacidad nominal	280.0 Ah	Energía almacenada en DOD	95 % 12.9 kWh
Definido para una tasa de descarga de	10.00 Horas <input type="checkbox"/>	Energía total almacenada (3500 ciclos)	45.3 MWh
=>C10 correspondiente según modelo de Peukert	280.0 Ah ?	Energía específica	123 Wh/kg
		Peso específico	8 kg/kWh

(Autor, 2023)

3.4.1.2. Dimensionamiento del controlador.

Teniendo en cuenta los datos del resultado de la potencia del grupo de paneles por días de autonomía, se tiene que elegir un controlador o armar un grupo de controladores para abastecer la potencia del grupo de paneles solares que en este caso es de 44.3 kW. Para la simulación se ha elegido el mejor controlador disponible en el mercado abierto al público, el controlador MPPT RS SmartSolar 450/100-Tr de la marca Victron.

Ilustración 3.17 Dimensionamiento del controlador PVsyst

Seleccione el modo de control y el controlador	
<input type="checkbox"/> Controlador universal	Victron <input type="checkbox"/> Convertidor de potencia MPPT
Modo operativo	Corriente máx. de carga-descarga
<input type="radio"/> Acoplamiento directo	MPPT 11500 W 48 V 200 A 75 A SmartSolar MPPT RS 450/200 D <input type="button" value="Abrir"/>
<input checked="" type="radio"/> Convertidor MPPT	Número de controladores <input type="text" value="4"/> <input type="checkbox"/>
<input type="radio"/> Convertidor CC-CC	Voltaje de operación MPP 80-450 V Potencia controlador 46.0 kW
	Voltaje máximo de entrada 450 V Batería asociada 48 V

(Autor, 2023)

Ilustración 3.18 Controlador MPPT RS SmartSolar 450/100-Tr



(Victron Energy, 2020)

3.4.1.3. Dimensionamiento de paneles.

Al ser un sistema el cual tendrá que trabajar el doble al tener que cargar baterías para autoconsumo, utilizando la misma configuración anterior, el sistema aumenta automáticamente los paneles que hacen falta para abastecer la demanda y cargar las baterías en el transcurso del día.

La recomendación de paneles y la cantidad aproximada de paneles que se tendrán que usar para abastecer la demanda diaria y la potencia del conjunto de controladores, suman 64 paneles teniendo 8 en serie y 8 cadenas dando una potencia máxima de pico de 44.1 kW.

Ilustración 3.19 Especificaciones del sistema fotovoltaico PVsyst.

Necesid. usuario	Hogar	Potencia prom.	4.21 kW
	Proporción nocturna	49.6%	Energía día
Paquete de baterías	13 en paralelo, 48 V	Capacidad	3640 Ah
	Autonomía	1.4 día	Energía almacenada
Generador FV	8 cadena(s) de 8 módulos	Potencia nom.	44.8 kWp
	PV/PLoad	10.6	Energía prom. día
Controlador	Convertidor MPPT	Potencia nom.	46.0 kW
	PV/PConv	0.97	Umbrales

(Autor, 2023)

3.5. Sombreados

El programa PVsyst cuenta con la opción de generar simulaciones para dos tipos de sombreados, cercanos y lejanos, para determinar el porcentaje de pérdida de energía en su etapa de producción.

3.5.1. Sombreados cercanos Sistema en red.

PVsyst cuenta con una herramienta de simulación en 3D, el cual nos permite hacer una maqueta del sistema solar con el fin de poder realizar un estudio simulado de sombreados o cualquier obstáculo que interfiera entre la radiación del sol y los módulos fotovoltaicos.

Ilustración 3.20 Parámetros para el modelo fotovoltaico.

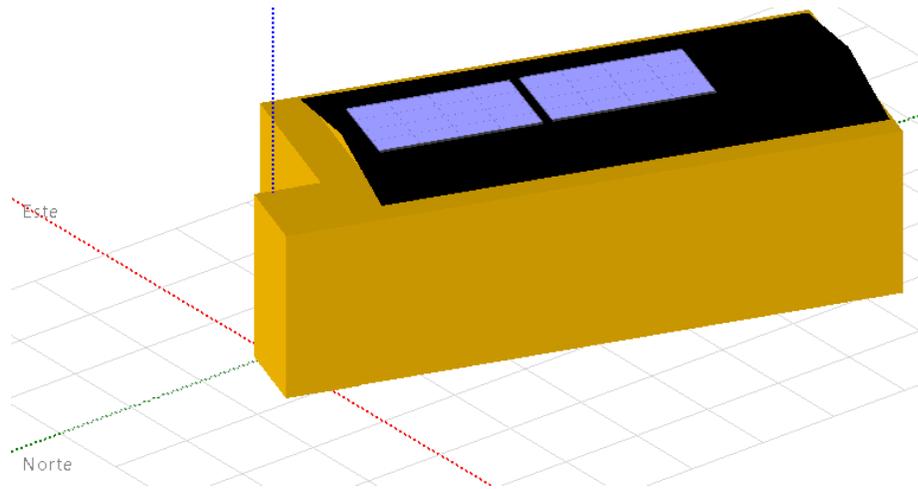
Por módulos	
Módulo FV de referencia	AE 700TME-132BDS
Ancho del módulo	1.302 m
Longitud del módulo	2.383 m
Orientación	Paisaje ▾
Núm. de módulos en longitud (X)	4 ▾
Núm. de módulos en altura (Y)	4 ▾
Espaciado de módulos X	0.02 m
Espaciado de módulos Y	0.02 m
Área sensible	
Altura	5.27 m
Longitud	9.59 m
Área de la tabla	50.53 m²
Área requerida	99.3 m²

(Autor, 2023)

Las pérdidas de sombreado en un sistema fotovoltaico se deben principalmente a la misma sobra que crean los módulos al estar ajustados a cierto grado de inclinación explicado en la ilustración 3.3.

Realizando la simulación y la construcción a escala del edificio de la UCSG, tomando en cuenta la mejor posición para los paneles nos quedaría tal como se ve en la ilustración 3.21.

Ilustración 3.21 Simulación 3D del sistema conectado a la red.



(Autor, 2023)

Basándose en la simulación junto a sus parámetros y la gráfica mostrada en la ilustración 3.13, la aplicación entrega como resultado una tabla con los valores del sombreado simulado. En la tabla de datos siendo la ausencia de sombreado representado con el valor 0 y estando totalmente sombreado representado con el valor 1.

Ilustración 3.22 Tabla de sombreado.

Tabla de factores de sombreado (lineal), para el componente del haz, Oriente #1

Azimuth	-180°	-160°	-140°	-120°	-100°	-80°	-60°	-40°	-20°	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°	
Altura 90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

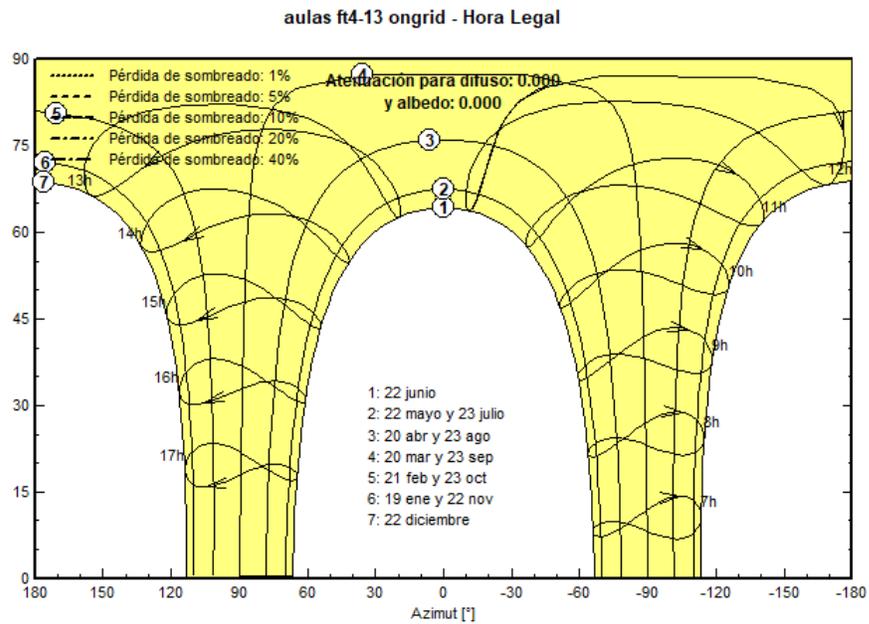
Factor de sombreado para difuso: 0.000 y para albedo: 0.000

(Autor, 2023)

La posición del panel sin inclinación como se muestra en la ilustración 3.3 permite la ausencia de sombreados, siendo los cambios climáticos y fenómenos

naturales los únicos factores de sombreado disponibles, lo cual se puede visualizar en la ilustración 3.22.

Ilustración 3.23 Diagrama trayectoria solar.

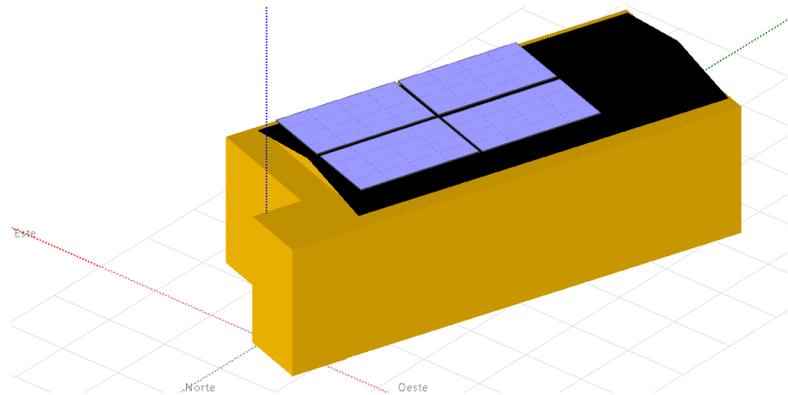


(Autor, 2023)

En el diagrama se puede visualizar la falta de pérdida de energía debido al ángulo de inclinación del módulo.

3.5.2. Sombreados cercanos Sistema autoconsumo.

Ilustración 3.24 Simulación 3D del sistema autoconsumo.



(Autor, 2023)

Ilustración 3.25 Tabla de sombreado autoconsumo.

Tabla de factores de sombreado (lineal), para el componente del haz, Oriente #1

Azmut	-180°	-160°	-140°	-120°	-100°	-80°	-60°	-40°	-20°	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°	
Altura																				
90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2°	0.000	0.000	0.005	0.008	0.009	0.006	0.003	0.005	0.006	0.006	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Factor de sombreado para difuso: 0.000 y para albedo: 0.000

(Autor, 2023)

Nota: sistema sin perdidas a 72° azimut

3.5.3. Sombreados lejanos

El sombreado lejano toma en cuenta cerros o montañas cercanas existentes al punto de instalación, los cuales son factores influyentes en el sombreado de los módulos. El programa utiliza la topografía del terreno para conocer la altura posible de los obstáculos que pueda enfrentar la instalación.

3.6. Análisis de resultados de simulación

En este apartado se analizarán los resultados del sistema, la evaluación económica y las emisiones de CO2 de la simulación realizados en el software.

Al término de la simulación, el software genera un informe resumido del sistema el cual incluye la información general del sistema mostrados en la ilustración 3-26.

Ilustración 3.26 Informe resumido del sistema conectado a red.

Project summary			
Geographical Site	Situation	Project settings	
Aulas ft4-13	Latitude	-2.18 °S	Albedo
Ecuador	Longitude	-79.90 °W	0.20
	Altitude	21 m	
	Time zone	UTC-5	
Meteo data			
aulas ft4-13			
Meteonorm 8.1 (2016-2021), Sat=100% - Sintético			
System summary			
Grid-Connected System	Tables on a building		User's needs
PV Field Orientation	Near Shadings		Unlimited load (grid)
horizontal plane	Linear shadings		
System information		Inverters	
PV Array		Nb. of units	2 units
Nb. of modules	32 units	Pnom total	20.00 kWac
Pnom total	22.40 kWp	Grid power limit	12.00 kWac
		Grid lim. Pnom ratio	1.867
Results summary			
Produced Energy	24567 kWh/year	Specific production	1097 kWh/kWp/year
		Perf. Ratio PR	70.01 %

(Autor, 2023)

Ilustración 3.27 Informe resumido del sistema de autoconsumo.

Project summary				
Geographical Site		Situation		Project settings
Aulas ft4-13		Latitude -2.18 °S		Albedo 0.20
Ecuador		Longitude -79.90 °W		
		Altitude 21 m		
		Time zone UTC-5		
Meteo data				
aulas ft4-13				
Meteonorm 8.1 (2016-2021), Sat=100% - Sintético				
System summary				
Standalone system		Standalone system with batteries		
PV Field Orientation		Near Shadings		User's needs
horizontal plane		Linear shadings		Daily household consumers
				Constant over the year
				Average 101 kWh/Day
System information				
PV Array				
Nb. of modules		64 units		Battery pack
Pnom total		44.8 kWp		Technology Lithium-ion, LFP
				Nb. of units 13 units
				Voltage 48 V
				Capacity 3640 Ah
Results summary				
Useful energy from solar 36213 kWh/year		Specific production 808 kWh/kWp/year		Perf. Ratio PR 51.60 %
Missing Energy 705 kWh/year		Available solar energy 61001 kWh/year		Solar Fraction SF 98.09 %
Excess (unused) 23623 kWh/year				

(Autor, 2023)

En la ilustración 3-28 y 3-29 se muestran detalles de la ficha técnica de los sistemas los cuales cuentan con marcas, fabricantes, y varios elementos del sistema como los inversores y los paneles, como ya mostrado a lo largo del capítulo, se presentarán diferencias entre los sistemas debido a sus configuraciones siguientes, entre ellas se pueden encontrar.

- Diferencias en cantidad de módulos en el sistema de autoconsumo.
- Diferencia en potencia nominal del sistema de paneles.
- La cantidad de potencia de aguante del módulo inversor.

Siendo estas del 50% más que el sistema conectado a la red.

Ilustración 3.28 Características del sistema fotovoltaico conectado a la red.

PV Array Characteristics			
PV module		Inverter	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	AE 700TME-132BDS	Model	SWI-10KW
(Original PVsyst database)		(Custom parameters definition)	
Unit Nom. Power	700 Wp	Unit Nom. Power	10.00 kWac
Number of PV modules	32 units	Number of inverters	2 units
Nominal (STC)	22.40 kWp	Total power	20.0 kWac
Modules	8 Strings x 4 In series	Operating voltage	96-240 V
At operating cond. (50°C)		Max. power (=>25°C)	15.00 kWac
Pmpp	20.95 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.12
U mpp	157 V		
I mpp	133 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	22 kWp	Total power	20 kWac
Total	32 modules	Max. power	30 kWac
Module area	99.3 m ²	Number of inverters	2 units
Cell area	93.1 m ²	Pnom ratio	1.12

(Autor, 2023)

Ilustración 3.29 Características del sistema fotovoltaico para autoconsumo.

PV Array Characteristics			
PV module		Battery	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	AE 700TME-132BDS	Model	e-Bick PRO 280Ah 48V
(Original PVsyst database)		Technology	Lithium-ion, LFP
Unit Nom. Power	700 Wp	Nb. of units	13 in parallel
Number of PV modules	64 units	Discharging min. SOC	20.0 %
Nominal (STC)	44.8 kWp	Stored energy	139.8 kWh
Modules	8 Strings x 8 In series	Battery Pack Characteristics	
At operating cond. (50°C)		Voltage	48 V
Pmpp	41.9 kWp	Nominal Capacity	3640 Ah (C10)
U mpp	315 V	Temperature	Fixed 20 °C
I mpp	133 A		
Controller		Battery Management control	
Manufacturer	Generic	Threshold commands as	SOC calculation
Model	SmartSolar MPPT RS 450/200	Charging	SOC = 0.90 / 0.75
Nb. units	4 units	Discharging	SOC = 0.20 / 0.45
Technology	MPPT converter		
Temp coeff.	-2.7 mV/°C/Elem.		
Converter			
Maxi and EURO efficiencies	96.0 / 95.0 %		
Total PV power			
Nominal (STC)	45 kWp		
Total	64 modules		
Module area	199 m ²		
Cell area	186 m ²		

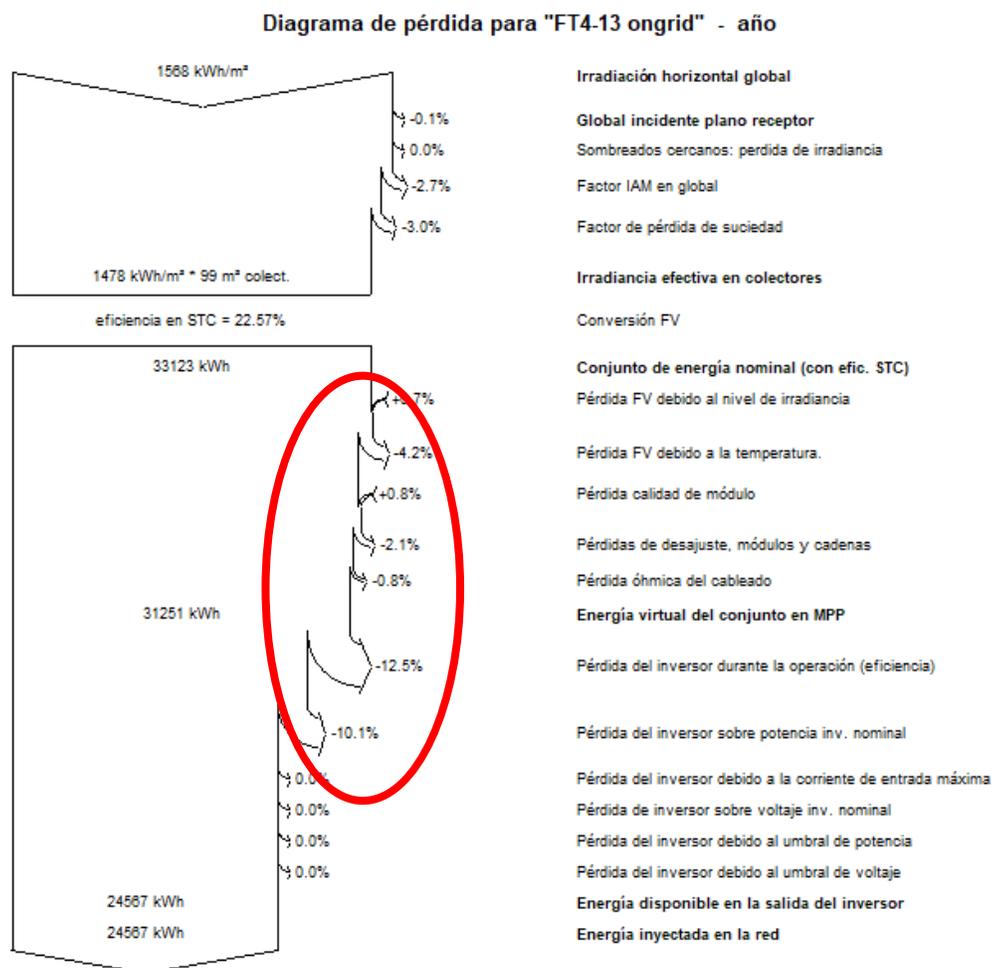
(Autor, 2023)

Aunque el resultado de la suma de las cargas nominales de las tablas 3.2 y 3.3 es de 14.45 kW, el mercado no cuenta con inversores de 15 kW para abastecer la demanda, lo que obliga a incrementar la potencia del sistema con el

uso de dos inversores de 10 kW cada uno para lo que es el sistema conectado a la red.

Para el análisis de pérdidas se tuvo que tomar en cuenta que el sistema conectado a la red sufrirá pérdidas al nivel de operación debido al trabajo del inversor y factores climáticos como se demuestra en la ilustración 3.30.

Ilustración 3.30 Diagrama de pérdida anual del sistema conectado a la red.

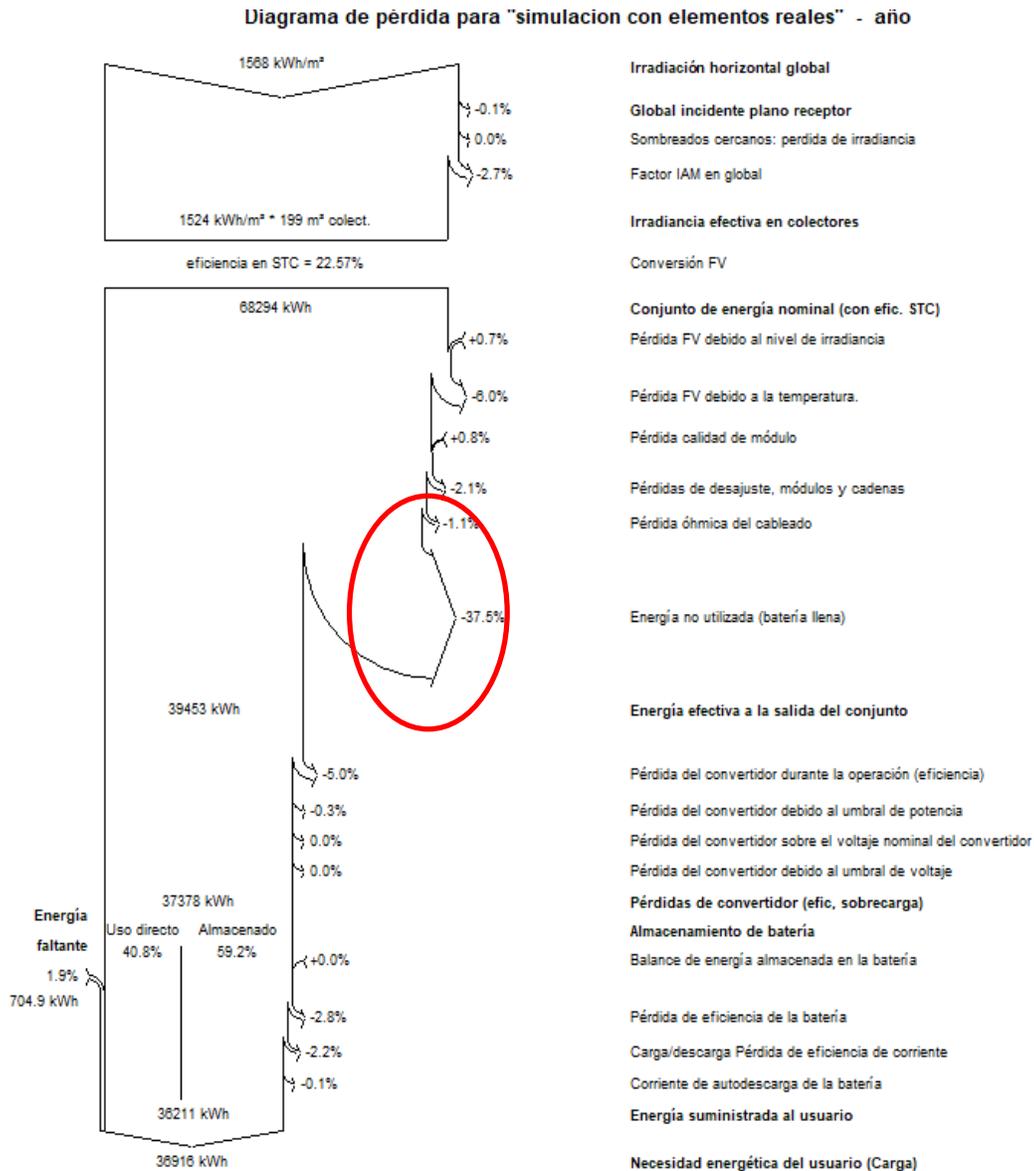


(Autor, 2023)

Analizando el sistema de autoconsumo, nos encontramos con pérdidas de energía del 53%, siendo el 37.45% perdidas por energía sin uso debido al

dimensionamiento del sistema fotovoltaico el cual tiene que abastecer tanto la recarga de las baterías como el suministro de energía directa. Como se puede ver en la ilustración 3.31.

Ilustración 3.31 Diagrama de pérdida anual del sistema de autoconsumo.



(Autor, 2023)

En la ilustración también se puede visualizar el porcentaje de energía faltante la cual equivale al 1.9% de la energía la cual no será abastecida debido a las pérdidas del sistema.

3.7. Elección del sistema fotovoltaico

Empezando por el coste de los elementos que conforman el sistema fotovoltaico se tienen las siguientes cifras:

Nota: no se tomaron en cuenta los valores de elementos de protección ni cableado

Tabla 3-5 Tabla de costeo de productos para sistema conectado a red.

Producto	Cantidad	USD	Total, USD
Modulo FV AE700TME-132BDS	32	196.00	6,272.00
Soportes de modulo	32	1.65	58.80
Inversor 10kW Yangtze solar SWI-10KW	2	1,350.00	2,700.00
Total			9,024.80

(Autor, 2023)

Tabla 3-6 Tabla de costeo de productos para sistema autoconsumo.

Producto	Cantidad	USD	Total, USD
Modulo FV AE700TME-132BDS	64	196.00	6,272.00
Soportes de modulo	64	1.65	105.60
Batería e-Bick PRO 280Ah 48V	13	6,954.00	90,402.00

Controlador SmartSolar MPPT RS 450/200	4	2,178.00	8,712.00
Total			111,763.60

(Autor, 2023)

Tabla 3-7 Guía técnica y coste de permisos

Partida	cantidad	Valor total USD
CNEL Diseño y aprobación de plano	1	500.00
Sistema puesto a tierra	1	550.00
Permisos de obra	1	150.00
Dirección técnica	1	2,000.00
Total		3,200.00

(Autor, 2023)

Tabla 3-8 Costo total del sistema con conexión a red.

Partida	Numero de tabla	Valor USD
Coste del sistema	3.5	9,024.80
Costos de permisos	3.7	3,200.00
Total		12,224.8

(Autor, 2023)

Tabla 3-9 Costo total del sistema autoconsumo.

Partida	Numero de tabla	Valor USD
Coste del sistema	3.6	111,763.60
Costos de permisos	3.7	3,200.00
Total		114,963.6

(Autor, 2023)

Tabla 3-10 CNEL Guayaquil tarifa de instalaciones con demanda horaria en media tensión.

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)
NIVEL VOLTAJE	MEDIO VOLTAJE CON DEMANDA		
	COMERCIALES		CONSUMOS kWh-mes: 0-300: 1,414 301-500: 2,826 501-1000: 4,240 > 1000: 7,066
	4,003	0,090	
	INDUSTRIALES		
	4,003	0,075	
	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS		
	SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES		
	4,003	0,062	
	BOMBEO AGUA		
	4,003	0,052	

(ARCONEL, 2020)

Tabla 3-11 Valores y tiempo de inversión del sistema conectado a la red.

Año	Ahorro energetico	Deuda	Subsidio de amortización	Ingreso declarable	Impuestos	Ganancias despues de impuestos	Ganancia	% Amortización
0	0	12225	0	0	0	0	-12225	0,0%
1	2211	0	451	1760	352	1859	-10366	15,2%
2	2233	0	451	1782	356	1877	-8489	30,6%
3	2255	0	451	1804	361	1894	-6595	46,1%
4	2278	0	451	1827	365	1913	-4683	61,7%
5	2301	0	451	1850	370	1931	-2752	77,5%
6	2324	0	451	1873	375	1949	-802	93,4%
7	2347	0	451	1896	379	1968	1166	109,5%
8	2371	0	451	1920	384	1987	3153	125,8%
9	2394	0	451	1943	389	2005	5158	142,2%
10	2418	0	451	1967	393	2025	7183	158,8%
11	2442	0	451	1991	398	2044	9226	175,5%
12	2467	0	451	2016	403	2064	11290	192,4%
Total	28041	12225	5412	22629	4525,8	23515,2	11290	192,4%

(Autor, 2023)

Tabla 3-12 Valores y tiempo de inversión del sistema autoconsumo.

Año	Ahorro energético	Deuda	Subsidio de amortización	Ingreso declarable	Impuestos	Ganancias despues de impuestos	Ganancia	% Amortización
0	0	114964	0	0	0	0	-114964	0,0%
1	3259	0	5748	0	0	3259	-111705	-813,7%
2	3292	0	5748	0	0	3292	-108413	-786,8%
3	3325	0	5748	0	0	3325	-105088	-759,6%
4	3359	0	5748	0	0	3359	-101729	-732,1%
5	3393	0	5748	0	0	3393	-98336	-704,4%
6	3427	0	5748	0	0	3427	-94908	-676,3%
7	3462	0	5748	0	0	3462	-91446	-648,0%
8	3497	0	5748	0	0	3497	-87949	-619,4%
9	3533	0	5748	0	0	3533	-84417	-590,5%
10	3568	0	5748	0	0	3568	-80848	-561,3%
11	3604	0	5748	0	0	3604	-77244	-531,9%
12	3641	0	5748	0	0	3641	-73603	-502,1%
Total	41361,2157	114964	68976	0	0	41361,21566	-73603	-502,1%

Nota: las tablas 3.11 y 3.12 son simulaciones de PVsyst donde se tiene como valor de venta de 0.09 USD/kW. (Autor, 2023)

Haciendo análisis entre las tablas simuladas 3.11 y 3.12 junto a las ilustraciones 3.30 y 3.31 de pérdidas del sistema, salta a la vista la mejor elección en lo que corresponde al sistema fotovoltaico por los años para poder ver el inicio de retorno de inversión, siendo la mejor opción el sistema conectado a la red, partiendo de este punto se podrá hacer mejor el análisis de consumo energético real y los años de retorno de inversión.

3.7.1. Protecciones del sistema

Lado DC

El cableado de los paneles en paralelo debe de cumplir con una ampacidad del 125% con respecto a la corriente de cortocircuito del arreglo de paneles por inversor, la cual se puede consultar en la ilustración 3.8:

Ecuación (13) cálculo de conductor panel-repartidor.

$$I = 17.43A * 1.25 = 21.78A$$

Lo que corresponde al conductor calibre 12 AWG THW 70°C y una fusible de 25 A dependiendo del mercado donde se lo compre, y estos cables irán conectados a tableros repartidores de corriente (string combiner, ilustracion3.32).

Con el cargo tarifario, se puede realizar el estimado del consumo que el edificio de aulas ft4-13 de la Facultad Técnica de la UCSG. En las tablas siguientes se reflejarán los valores por cada rubro a pagar.

Con un valor asumido de 0.95 como el factor de gestión de demanda en base a lo decreto por el ARCERNNR.

Tabla 3-13 Valor de comercialización mayor a 1000kW/mes

Comercialización
\$ 7,07

(Autor, 2023)

Tabla 3-14 Rubro por demanda.

Demanda kW	Demanda USD/kW	FDG	Total
14,45	\$ 4,00	0,95	\$ 54,95

(Autor, 2023)

Tabla 3-15 Rubro por energía.

Demanda diaria kWh/diario	Días laborales	kWh/mes	kWh precio	Total
102,571	20	2051	\$ 0,09	\$ 184,63
Total, de cargo por energía				\$ 184,63

(Autor, 2023)

Tabla 3-16 Valor de paga mensual y anual.

Cargos	Valor/mes	Valor/año
Energía	\$ 184,63	\$ 2.215,53
Demanda	\$ 54,95	\$ 659,41
Comercialización	\$ 7,07	\$ 84,79
total	\$ 246,64	\$ 2.959,74

(Autor, 2023)

Tabla 3-17 Cálculo de años de para regresos de inversión.

Tiempo	Inversión total sistema FV
	Valor anual consumo
tiempo (años)	4,13

(Autor, 2023)

Tabla 3-18 Inversión e inicio de retorno.

	Año	Inversión inicial	Saldo Ingresos	Saldo Egresos
1	2024	12225	\$ 2.959,74	\$ -9.265,26
2	2025	12225	\$ 5.919,48	\$ -6.305,52
3	2026	12225	\$ 8.879,22	\$ -3.345,78
4	2027	12225	\$ 11.838,96	\$ -386,04
5	2028	12225	\$ 14.798,70	\$ 2.573,70
6	2029	12225	\$ 17.758,44	\$ 5.533,44
7	2030	12225	\$ 20.718,18	\$ 8.493,18

(Autor, 2023)

CONCLUSIONES

La energía renovable es una fuente de energía sostenible que se basa en recursos naturales que siempre se reponen y no tienen un suministro finito. Su uso ayuda a las naciones a lograr la independencia energética y combatir el cambio climático.

Los paneles fotovoltaicos son dispositivos que transforman la energía solar en energía eléctrica. Constan de células fotovoltaicas que captan la radiación solar y la transforman en energía eléctrica mediante capas de silicio intercaladas. Los paneles solares producen energía para pequeños electrodomésticos y grandes plantas solares conectadas a la red eléctrica, así como para producir energía en lugares alejados o sin conexión a la red.

El uso de PVsyst puede beneficiar a todos los que trabajan en la industria de la energía solar. Las funciones de modelado, dimensionamiento, análisis de datos y visualización son extremadamente ventajosas para ingenieros, investigadores y otros profesionales que buscan optimizar el rendimiento de los sistemas solares.

Durante el diseño, se tienen en cuenta muchos factores, incluida la ubicación del sistema fotovoltaico, los obstáculos cercanos, la inclinación de los paneles, la demanda del edificio y la información legal para una posible instalación.

La selección del panel solar monocristalino para el proyecto, realizada después de un cuidadoso análisis de las diversas opciones en el mercado y su excepcional rendimiento en el simulador PVsyst, apoya la elección de una tecnología de panel que se espera que sea la más eficaz y adecuada para el citado proyecto. Esta decisión se basa en los estándares de rendimiento y

viabilidad que respaldan la eficacia a largo plazo y el éxito del sistema fotovoltaico.

El sistema conectado a la red es indudablemente la mejor opción si su objetivo principal es obtener un retorno más rápido de la inversión. Sin embargo, es vital tener en cuenta que el sistema de autoconsumo puede tener una mayor capacidad y potencial de generación de energía a largo plazo, pero que también requerirá un compromiso financiero mucho mayor y un período de recuperación más largo. La elección entre los dos sistemas al momento de emplearlo se basará en los objetivos financieros y los recursos del propietario en este caso de la facultad.

La instalación de un sistema fotovoltaico solar en un entorno de aprendizaje como aulas de clase puede servir como una plataforma útil para investigar la eficacia y el rendimiento de las tecnologías solares en circunstancias específicas, además de ayudar a las operaciones internas. Como resultado, los estudiantes, los empleados y el público en general pueden comprender mejor la energía solar y sus usos.

Al abordar las cuestiones técnicas y financieras asociadas al proyecto, la instalación de un sistema solar fotovoltaico puede fomentar la colaboración entre varios campos académicos, como la ingeniería, las ciencias medioambientales y la economía.

REFERENCIAS

- AESOLAR. (2023, 20 julio). *AE700TME-132BDS* - AESOLAR. <https://aesolar.com/products/ae700-tme-132bds/>
- Alb, R. (2022). MANTENIMIENTO e INSTALACION DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS 1. INFORMACION BÁSICA DEL PROGRAMA DE FORMACION TITULADA. www.academia.edu.
https://www.academia.edu/67757784/MANTENIMIENTO_E_INSTALACION_DE_SISTEMAS_SOLARES_FOTOVOLTAICOS_1_INFORMACION_B%C3%81SICA_DEL_PROGRAMA_DE_FORMACION_TITULADA
- Arboledas Brihuela, D. (2014). Electricidad básica. RA-MA Editorial.
<https://www21.ucsg.edu.ec:2653/es/lc/ucsg/titulos/106570>
- ARCONEL. (2021). *ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DEL PLIEGO TARIFARIO DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA*.
controlrecursosyenergia.gov.ec.
<https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/05-Informe-DRETSE-2021-001.pdf>
- Arrata, D. (2021). *Diseño de proyecto eléctrico fotovoltaico para consumo del sistema de climatización del área administrativa de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG*. [Tesis de Grado]. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/17183?mode=full>
- AsoLMex. (2021, 10 mayo). Iniciativa solar para el impulso de la energía solar fotovoltaica de gran escala – AsoLMex.
<https://asolmex.org/2021/05/10/iniciativa-solar-para-el-impulso-de-la-energia-solar-fotovoltaica-de-gran-escala/>

- Aula21. (2022, 16 diciembre). Energía solar fotovoltaica: qué es, para que sirve y cómo funciona. aula21 | Formación para la Industria. <https://www.cursosaula21.com/que-es-energia-solar-fotovoltaica/>
- BXST. (s. f.). BXST-IT002 Pure Sine Inverter DC AC Single Phase Solar System Solar Inverter-Products-Wenzhou BXST Co., Ltd. https://bxstcn.com/productshow/bxst-it002-pure-sine-inverter-dc-ac-single-phase-solar-system-solar-inverter.html?gclid=CjwKCAjw_aemBhBLEiwAT98FMhM2hNTyB0N7xOO4NixhCjkh1sCHJWtNM8BH97ETE8sgLqevISfDuBoCIMIQA vD_BwE
- Cambioenergetico. (2019). MICRO INVERSORES VS. OPTIMIZADORES DE POTENCIA. *Tu blog de Autoconsumo fotovoltaico y energía renovable*. <https://www.cambioenergetico.com/blog/micro-inversores-vs-optimizadores-de-potencia/>
- Cascarano, M. Á. (2023). Placa fotovoltaica con microinversor: una tecnología innovadora. *Meeco*. <https://es.meeco.net/placa-fotovoltaica-con-microinversor-una-tecnologia-innovadora/>
- CertainTeed. (2023, 7 Junio). Solar 101: How Solar Energy Works (Step By Step). <https://es.certainteed.com/solar/solar-101-abcs-solar-power/>
- Chan, J. (2018). *Estudio y diseño para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico para el Laboratorio Clínico Chan ubicado en la ciudad de Zaruma*. [Tesis de Grado]. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/11356/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-153.pdf>
- Correa, C. (2022, 28 mayo). ¿Cómo funciona una placa solar? TheMPVSolarReference. <https://www.mpvreference.com/post/c%C3%B3mo-funciona-una-placa-solar>

- Crédito Fiscal Federal por Energía Solar Fotovoltaica: Guía para Propietarios de Viviendas.* (2021). Energy.gov. <https://www.energy.gov/eere/solar/credito-fiscal-federal-por-energia-solar-fotovoltaica-guia-para-propietarios-de>
- Dexen Energy. (2017). Tipos de inversores solares. *Dexen*. <https://www.dexen.mx/inversores/inversores-solares/>
- Domínguez Herranz, M. & Redondo Gallardo, J. M. (2015). *Electrotecnia*. Cano Pina. <https://www21.ucsg.edu.ec:2653/es/lc/ucsg/titulos/43106>
- Ecofener. (2021). ¿Qué es el inversor en una instalación fotovoltaica? diferentes tipos de inversores fotovoltaicos o de aislada. ¿Qué inversor necesito? *Blog Ecofener*. <https://ecofener.com/blog/que-es-un-inversor-de-corriente-conversor-de-corriente-continua-a-corriente-alterna-diferentes-tipos-de-inversores-que-inversor-fotovoltaico-necesito/>
- Emac. (2021). ¿Cómo funcionan los interruptores termomagnéticos? *EMACSTORES*. <https://emacstores.com/como-funcionan-los-interruptores-termomagneticos/>
- Enercity, S.A. (2022). Introducción A La Energía Fotovoltaica. *Enercity S.A.* <https://enercitysa.com/blog/introduccion-a-la-energia-fotovoltaica/>
- Fusión Energía Solar. (2021). *Baterías de litio CEGASA EBick Ultra 175 - Fusión energía solar*. <https://fusionenergiasolar.es/baterias-solares/1192-baterias-de-litio-cegasa-ebick-ultra-175.html>
- Garrido, F. J. (2011). Envoltante, aplicación y funcionamiento de energía fotovoltaica en edificación. *Riunet*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12367/TFC%20entero%20bueno.pdf?sequence=1>
- Grijalva, C., & Vélez, F. (2020). *Estudio e Implementación de un Sistema Fotovoltaico Aplicado a Luminarias: Caso de Estudio Unidad Educativa Dr. Francisco Falquez Ampuero* [Tesis de Grado]. Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18646/4/UPS-GT002920.pdf>

- Guevara, O. E. (2013). *Análisis del proceso de enseñanza aprendizaje de la Disciplina Proyecto Arquitectónico, en la carrera de Arquitectura, en el contexto del aula* [Tesis Doctoral]. Universidad Autónoma de Barcelona. Recuperado 23 de junio de 2023, <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/116191/oega1de1.pdf>
- Hernández, J. (1996). Implementación de un sistema automatizado de adquisición de datos meteorológicos y solarimétricos [Tesis]. Universidad de Sonora. <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/7542/Capitulo3.pdf>
- HVAC and Solar Energy Engineering. (2023). Characteristics of solar radiation. HVAC/R & Solar. <https://hvac-eng.com/es/caracter%C3%ADsticas-de-la-radiaci%C3%B3n-solar/>
- Ignacio. (2020, 6 noviembre). Protecciones eléctricas para sistemas fotovoltaicos. Solartik Energía Solar Renovable. <https://solartik.ar/protecciones-electricas-para-sistemas-fotovoltaicos/>
- Ineldec. (2021, 13 julio). ¿De qué están hechos los paneles solares? - Paneles solares Colombia lámparas solares ingeniería eléctrica. Paneles Solares Colombia Lámparas Solares Ingeniería Eléctrica Energía Solar Baterías Solares Cucuta Materiales. <https://ineldec.com/de-que-estan-hechos-los-paneles-solares-fotovoltaicos/>
- Instituto de Tecnologías Educativas. (2012). *Electrónica analógica*. <http://recursostic.educacion.es/>.
http://recursostic.educacion.es/secundaria/tecnologia/controladora/contenido/anexos/introduccion_electronica/electronica_analogica/electronica_analogica.pdf
- INTEVA - Energía Solar. (2020, 28 mayo). *Sistemas On grid - INTEVA - Energía solar - Asesoramiento y venta de equipos solares - Argentina*. INTEVA - Energía solar - Asesoramiento y venta de equipos solares - Argentina. <https://inteva.com.ar/sistemas-on-grid/>

Kopp, G., & Lean, J. (2011). A new, lower value of total solar irradiance: Evidence and climate significance. *Geophysical Research Letters*, 38(1), 1944-8007. <https://doi.org/10.1029/2010gl045777>

LACYQS. (2016). Concentración solar. concentrationsolar.org.mx. <https://concentrationsolar.org.mx/concentracion-solar>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2022). Ayudas para la realización de instalaciones de autoconsumo con fuentes de energía renovable, en el sector residencial, las administraciones públicas, y el tercer sector con o sin almacenamiento (Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, en el ámbito territorial de la Comunidad Valenciana) - GVA.ES - Generalitat Valenciana. GVA.ES. https://www.gva.es/es/inicio/procedimientos?id_proc=21988

Miriam. (2022). ¿Qué es la energía solar? *Nueva Solar*. <https://nuevasolar.es/energia-solar/que-es/>

Navarro, S., González, J., & López, C. (2017). *Implementación de un sistema fotovoltaico para la alimentación de un edificio de usos múltiples* [Tesis de Maestría]. Universidad Tecnológica de la Zona Metropolitana de Guadalajara. Recuperado 23 de junio de 2023, de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/781/1/Soraya%20Navarro%20Rayas%2C%20Jos%C3%A9%20Antonio%20Gonz%C3%A1lez%2C%20C%C3%A9sar%20L%C3%B3pez%20Andrade%20MER.pdf>

Olguin, R. C. R. (2022). ¿Cómo funciona un sistema de interconexión y cuáles son sus componentes? *Inntecsol*. <https://www.inntecsol.mx/energia-solar/como-funciona-un-sistema-de-interconexion-y-cuales-son-sus-componentes/>

Orza, A., (2014) *LA ELECTRICIDAD: CONCEPTOS, FENÓMENOS Y MAGNITUDES ELÉCTRICAS*. (2014, 4 agosto). CPI Antonio Orza Couto.

- <https://www.edu.xunta.gal/centros/cpiantonioorzacouto/system/files/TEMA%202%20LA%20ELECTRICIDAD%20I.pdf>
- Paco. (2022, 21 julio). *Arreglos básicos de conexiones con paneles solares*.
<https://coparoman.blogspot.com/2022/07/arreglos-basicos-de-conexiones-con.html>
- Parayos. (2022, 2 marzo). ¿Qué es un supresor de picos y por qué es importante? - para rayos. *Para Rayos*. <https://www.para-rayos.com/supresor-de-picos/>
- Pérez, C. N., & Perez, C. N. (2017). Circuitos eléctricos (Un enfoque práctico y teórico). www.academia.edu.
https://www.academia.edu/33326929/Circuitos_el%C3%A9ctricos_un_enfoque_pr%C3%A1ctico_y_te%C3%B3rico_
- Petit Miranda, B. (2020). *Potential of solar photovoltaic and wind technologies for industrial water treatment in mining operations in Ecuador and Chile*. idUS - Depósito de Investigación Universidad de Sevilla.
<https://idus.us.es/handle/11441/108891>
- Pinzon, C. (2016). ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS EN LA LOCALIDAD DE USME [Tesis de Grado]. Universidad Pedagógica Nacional de Colombia.
<http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/2041/TE-19399.pdf?isAllowed=y&sequence=1>
- PROVIENTO. (s. f.). *Medidor bi-direccional trifásico*. PROVIENTO STORE.
<https://proviento.com.ec/accesorios-y-material-menor/239-medidor-bi-direccional-trifasico.html>
- Prsa, A., Harmanec, P., Torres, G., Mamajek, E. E., Asplund, M., Capitaine, N., Christensen-Dalsgaard, J., Depagne, É., Haberreiter, M., Hekker, S., Hilton, J. E., Kopp, G., Kostov, V. B., Kurtz, D. M., Laskar, J., Mason, B., Milone, E. F., Montgomery, M., Richards, M. T., . . . Stewart, S. L. (2016). NOMINAL VALUES FOR SELECTED SOLAR AND PLANETARY QUANTITIES: IAU 2015 RESOLUTION B3. *The Astronomical Journal*, 152(2), 41. <https://doi.org/10.3847/0004-6256/152/2/41>

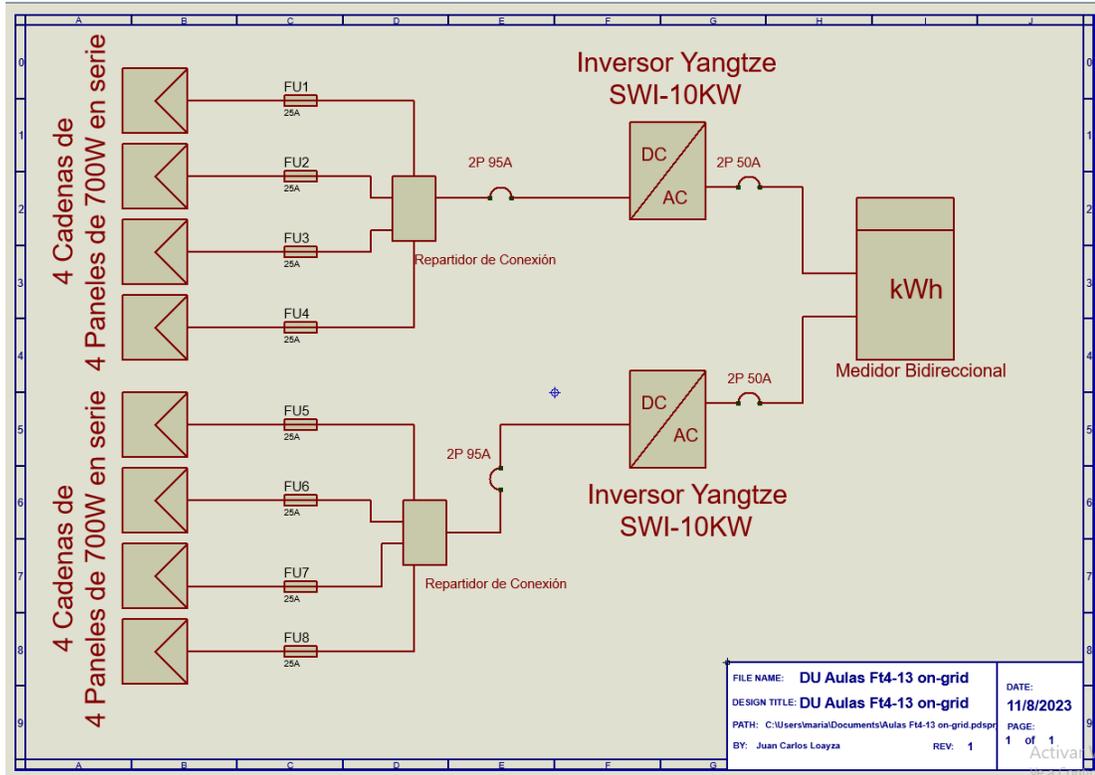
- Puco, M. (2020). *Diseño de un sistema fotovoltaico aislado para el uso en casas flotantes en la ciudad de Babahoyo*. [Tesis de Grado]. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Puente, D. F. Ñ. (2022). Diseño de una estrategia de control basada en el control predictivo generalizado aplicado a inversores fotovoltaicos para zonas aisladas. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/30222/1/T-ESPE-052376.pdf>
- Quevedo, B. R. (2019, 20 mayo). Conexión de paneles solares | Curso de energía solar. Supermalla S.A.S. <https://supermalla.com/energia-solar/conexion-de-paneles-solares/>
- Reinoso Ordoñez, W. S., & Sánchez Jumbo, D. J. (2022). Diseño e implementación de electrificación en un sector rural del golfo de Guayaquil mediante sistema fotovoltaico aislado (Bachelor's thesis). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22500/1/UPS-GT003708.pdf>
- RENAC. (2017, 16 marzo). Aplicación. <https://renewables-online.de/mod/book/tool/print/index.php?id=2891>
- Renovaenergía S.A. (2022). Controladores de carga PWM para sistemas de energía fotovoltaica. [https://www.renova-energia.com/categoria-producto/controladores-de-carga-pwm/#:~:text=Existen%20dos%20tipos%20de%20reguladores,del%20Punto%20de%20M%C3%A1xima%20Potencia\).](https://www.renova-energia.com/categoria-producto/controladores-de-carga-pwm/#:~:text=Existen%20dos%20tipos%20de%20reguladores,del%20Punto%20de%20M%C3%A1xima%20Potencia).)
- Renovaenergía S.A. (2023). *Regulador de voltaje BLUESOLAR PWM LIGHT CONTROLLER 12/24 5A*. <https://www.renova-energia.com/productos/regulador-voltaje-victron-energy-bluesolar-5a/>
- Renovaenergía S.A. (2023, 14 marzo). *Inversor Cargador VICTRON ENERGY QUATTRO 12/5000*. https://www.renova-energia.com/productos/aj_quattro12-5000-2/

- Repsol. (2023, 16 julio). *¿Qué es la energía solar? tipos y principales ventajas | Repsol.* REPSOL. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/energia-solar/index.cshtml>
- Robbins, A., & Miller, W. (2008). *Análisis de circuitos: Corriente directa* (4.^a ed.) [PDF]. Cengage Learning. https://www.academia.edu/43212928/Analisis_de_circuitos_Teoria_y_practica_Robins_Miller_4ed
- Rodríguez, J. (2018, 15 marzo). *Diseño de un sistema fotovoltaico para alimentar los equipos de climatización a utilizarse en el edificio “Dagoberto” del cantón Milagro* [Tesis de Grado]. Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Recuperado 23 de junio de 2023, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/10154/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-131.pdf>
- Solar, S. (2018). Dimensionado ACS Solar. SueloSolar.com. <https://suelosolar.com/guia/acs-solar/dimensionado>
- Solarama. (2022, 25 octubre). 7 protecciones eléctricas para sistemas fotovoltaicos. Solarama Paneles solares México. <https://solarama.mx/blog/protecciones-electricas-para-sistemas-fotovoltaicos/>
- Sun Fact Sheet. (2022). <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/sunfact.html>
- Sunerisepv. (2021). *Inversor de cadena Sungrow Multi MPPT 12KW 10KW Inversor solar Proveedor, fabricante, empresa | Sunerisepv.com.* https://es.sunerisepv.com/sungrow-multi-mppt-string-inverter-12kw-10kw-solar-inverter_p55.html
- Valencia, J. (2021). *Evaluación de una propuesta de enseñanza sobre los conceptos básicos de electricidad en el grado séptimo de educación secundaria* [Tesis de Grado]. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/80329/1037571681.2021.pdf?isAllowed=y&sequence=4>

- Valvermont. (2023). Esquema de una instalación fotovoltaica. Medioambiente y naturaleza. <https://medioambienteynaturaleza.com/esquema-instalacion-fotovoltaica/>
- Victron Energy. (2020). *MPPT RS SmartSolar* - Victron Energy. <https://www.victronenergy.com.es/solar-charge-controllers/smartsolar-mppt-rs-450-tr>
- Villacis, J. C. (2018). *Propuesta de implementación de alumbrado con iluminación LED con paneles fotovoltaicos para los exteriores de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG* [Tesis de Grado]. Universidad Católica Santiago de Guayaquil. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/11350>
- Vinueza Albán, E. F. (2022). *SIMULACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA ABASTECER LA DEMANDA DE UNA VIVIENDA RURAL* [Tesis de Grado]. Escuela Politécnica Nacional.
- Yangtze Solar. (2017). *Pure Sine Wave Inverter 10kW ,15kW_10KW, 15KW Off Grid Inverter_Yangtze Solar Power Co., Ltd.* yangtze-solar. <https://www.yangtze-solar.com/product/189.html>

ANEXOS

Anexo 1 Diagrama Unifilar de instalación fotovoltaica.



Anexo 2 Controlador MPPT RS SmartSolar 450/100-Tr.



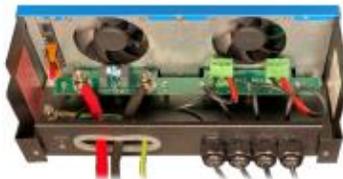
MPPT RS SmartSolar 450|100 y 450|200 - Aislado

Controlador de carga solar 5,76 kW y 11,52 kW con entrada FV de 450 V

www.victronenergy.com



MPPT RS SmartSolar 450|100



Interior del MPPT RS SmartSolar 450|100

Configuración y control con VictronConnect →

La conexión integrada Bluetooth Smart permite un rápido seguimiento y ajuste de la configuración.

El historial de 30 días integrado muestra el rendimiento de cada uno de los rastreadores MPPT.

Prueba la demo de VictronConnect para ver todo el rango de configuraciones y opciones de pantalla con datos de muestra.

Controlador de carga solar con Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)
El MPPT RS SmartSolar es un controlador de carga solar de 48 V con una entrada FV de hasta 450 VCC PV y una salida de 100 A o 200 A. Se usa en aplicaciones solares aisladas y conectadas a la red en las que se requiere máxima potencia de carga de la batería.

Varias entradas de seguimiento MPPT independientes
Con varios rastreadores de MPPT, se puede optimizar el diseño de sus paneles solares para obtener el máximo rendimiento en una ubicación concreta.

Conexiones FV aisladas para más seguridad
El aislamiento galvánico completo entre las conexiones de la batería y FV proporciona seguridad adicional a todo el sistema.

Amplio rango de tensión MPPT
Rango operativo de entre 80 y 450 VCC FV con una tensión de arranque de 120 VCC FV.

Ligero, eficiente y silencioso
Gracias a su tecnología de alta frecuencia y a su nuevo diseño, el modelo de 100 A de este potente cargador solo pesa 7,9 kg. Además, tiene una eficiencia excelente, bajo consumo de energía en reposo y un funcionamiento muy silencioso.

Pantalla y Bluetooth
La pantalla muestra parámetros de la batería y del controlador. Se puede acceder a estos parámetros con un *smartphone* u otro dispositivo con Bluetooth. Además, se puede usar Bluetooth para configurar el sistema y cambiar los parámetros con VictronConnect.



Vigilancia de la resistencia al aislamiento fotovoltaico para estar tranquilo con tensiones más altas
El MPPT RS vigila continuamente el conjunto FV y puede detectar si hay fallos que reduzcan el aislamiento de los paneles hasta niveles poco seguros.

Puerto VE.Can y VE.Direct
Permite conectarlo a un dispositivo GX para seguimiento del sistema, registro de datos y actualizaciones de firmware a distancia. El VE.Can permite conectar hasta 25 unidades juntas en paralelo y sincronizar sus procesos de carga.

Conexiones I/O
Conexiones de relé programable, sensor de temperatura, auxiliar, entrada digital y sensor de tensión. La entrada remota puede aceptar el smallBMS de Victron y otros tipos de BMS con señal "Permiso de carga".



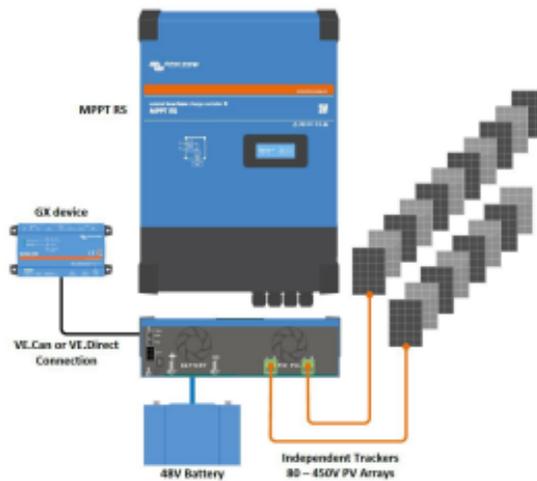


Diagrama de ejemplo de sistema

El MPPT RS de 100 A combinado con un dispositivo GX, cargando una batería de 48 V con dos cadenas FV solares separadas.

Portal VRM

Cuando el MPPT RS esté conectado a un dispositivo GX con conexión a Internet, o al GlobalLink 520 con conectividad 4G integrada, podrá acceder a nuestro sitio web gratuito de seguimiento a distancia (VRM). Le mostrará todos los datos de su sistema en un completo formato gráfico. Se pueden recibir alarmas por correo electrónico.



MPPT RS SmartSolar aislado	450 100	450 200
CARGADOR		
Tensión de la batería	48 V	
Corriente de carga nominal	100 A	200 A
Potencia de carga máxima	5,8 kW a 57,6 V	11,5 kW a 57,6 V
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 57,6 V (regulable)	
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 55,2 V (regulable)	
Rango de tensión programable	Mínima: 36 V Máxima: 60 V ¹⁾	
Algoritmo de carga	Adaptativo multifase (regulable)	
Sensor de temperatura de la batería	Incluido	
Eficiencia máxima	96 %	
Autoconsumo	15 mA	
SOLAR		
Tensión FV CC máxima	450 V	
Tensión de arranque	120 V	
Rango de tensión de trabajo del MPPT	80 – 450 V ²⁾	
Número de rastreadores	2	4
Máxima corriente de entrada operativa FV	18 A por rastreador	
Máxima corriente de corto circuito FV ³⁾	20 A por rastreador	
Máxima potencia de carga de salida CC	4000 W por rastreador 5760 W total	4000 W por rastreador 11520 W total
Tamaño máximo del conjunto FV por rastreador ⁴⁾	7200 Wp (450 V x 20 A) ⁵⁾	
Nivel de fallo del aislamiento FV ⁶⁾	100 kΩ	
GENERAL		
Funcionamiento en paralelo sincronizado	Sí, hasta 25 unidades con VE.Can	
Relé programable ⁷⁾	Sí	
Protección	Polaridad inversa FV Cortocircuito de salida Sobretensión	
Comunicación de datos	Puerto VE.Direct, puerto VE.Can y Bluetooth (S)	
Frecuencia Bluetooth	2402 – 2480 MHz	
Potencia Bluetooth	4 dBm	
Puerto de entrada analógico/digital de uso general	SI, 2	
On/Off remoto	Sí	
Rango de temperatura de trabajo	-40 a +60°C (refrigerado por ventilador)	
Humedad (sin condensación)	máx. 95%	
CARCASA		
Material y color	acero, azul RAL 5012	
Grado de protección	IP21	
Conexión de la batería	Pernos M8	
Terminales de conexión entrada FV	2,5...16 mm ²	
Peso	7,9 kg	13,7 kg
Dimensiones (al x an x p) en mm	440 x 313 x 126	487 x 434 x 146
NORMAS		
Seguridad	EN-IEC 62109-1, EN-IEC 62109-2	
País de origen	Diseñado en los Países Bajos Fabricado en India	

- 1) El rango de funcionamiento del MPPT está limitado por la tensión de la batería - VOC FV no debe superar la tensión de flotación de la batería multiplicada por 1,1. Por ejemplo, para una tensión de flotación de 52,8 V, sería una VOC FV máxima de 422,4 V. Para más información, consulte el manual del producto.
- 2) Una corriente de cortocircuito más alta podría dañar el controlador en caso de que el conjunto FV se haya conectado con polaridad inversa.
- 3) Máximo de 450 VDC; resulta en 360 Vmpv aprox., por lo que el conjunto FV máximo es de aprox. 360 V x 20 A = 7200 Wp.
- 4) El MPPT RS comprobará si hay suficiente aislamiento resistivo entre PV+ y GND y PV- y GND. En caso de resistencia inferior al umbral, la unidad dejará de cargar, mostrará el error y enviará la señal de error al dispositivo GX (si está conectado) para que se envíe una notificación sonora y por correo electrónico.
- 5) Relé programable que puede configurarse como alarma general, subtensión CC o función de arranque/parada del generador. Capacidad nominal CC: 4 A hasta 35 VCC y 1 A hasta 70 VCC.
- 6) Actualmente el MPPT RS no es compatible con las redes VE.Smart.
- 7) El punto de referencia del cargador (flotación y absorción) puede fijarse en un máximo de 60 V. La tensión de salida en los terminales del cargador puede ser mayor, debido a la compensación de temperatura y a la compensación por la caída de tensión en los cables de la batería. La máxima corriente de salida se reduce de forma lineal de corriente completa a 60 V a 5 A a 62 V. La tensión de equalización puede fijarse en un máximo de 62 V y el porcentaje de corriente de equalización puede fijarse en un máximo del 6 %.

Anexo 3 Panel solar AE solar 700W

Deutsche
Qualität
Garantiert

- 132**
HALF
CELLS
- 210**
mm
CELL
SIZE
- LD**
RESISTANT
- PID**
RESISTANT
- SALT CORROSION**
RESISTANT
- SAND**
RESISTANT
- NH₃**
RESISTANT
- HEAVILY STABLE**
AND TOUGH

OMET

ENRICH YOUR
ENERGY YIELD

30
years
Performance
Guarantee

15
years
Product
Warranty

SILICON HETEROJUNCTION PV MODULES
HALF-CUT CELLS • BIFACIAL • DOUBLE-GLASS

680W-700W

AE TME-132BDS Series

IEC 61215
IEC 61730
Regular Production Surveillance
Type Tested and Monitored

IEC 62716 (Ammonia corrosion)
IEC 61701 (Salt mist corrosion)
IEC 60065 (Sand and dust)
IEC 62804 (PID resistance)

www.ae-solar.com

AE TME-132BDS Series 680W-700W

Mechanical and design specification

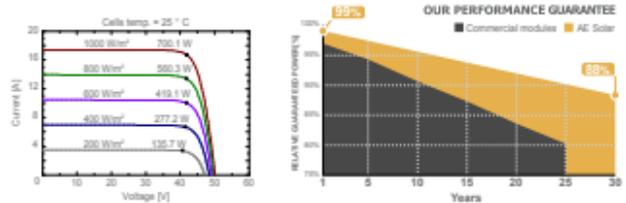
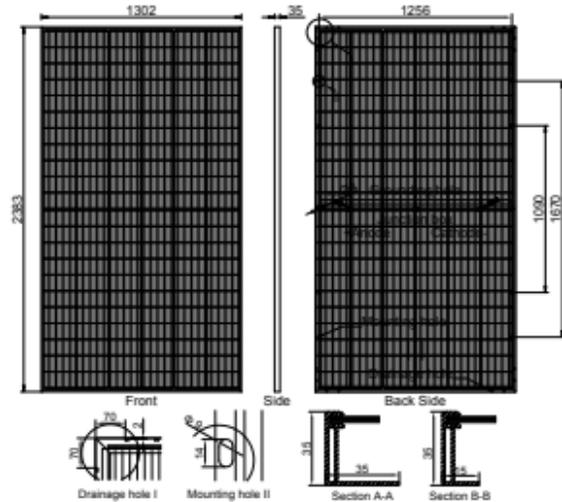
Cell type	Silicon Heterojunction Technology, Half-cut cells, 210 mm
No. of cells	132
Bifaciality	80±5%
Glass	2.0 mm, high transmission, AR coated, tempered
Encapsulation	POE
Back cover	2.0 mm white glazed glass, tempered
Junction box	IP 68 rated
Frame	35 mm anodized Aluminium alloy
Cable	1 x 4 mm ² , 200 mm length or customized
Connectors	MC 4 / MC 4 compatible
Dimension	2383 mm x 1302 mm x 35 mm
Weight	38.7 kg
Hail resistance	Max. Ø 25 mm at 23 m/s
Wind load	2400 Pa/ 244 kg/ m ²
Mechanical load	5400 Pa/ 550 kg/ m ²

Packaging information

Packaging configuration	31 pcs / pallet
Loading capacity	527 pcs / 40 HQ
Size / Pallet	1350 mm x 1145 mm x 2500 mm (upright)
Weight	1240 kg / pallet

Temperature ratings

Operating temperature (°C)	-40 to +85
Temp. coefficient of P _{max} (%/°C)	-0.26
Temp. coefficient of V _{oc} (%/°C)	-0.24
Temp. coefficient of I _{sc} (%/°C)	0.04
Nom. operating temp. NOCT (°C)	44 ± 2



Electrical specifications (STC)*: AE680TME-132BDS AE685TME-132BDS AE690TME-132BDS AE695TME-132BDS AE700TME-132BDS

		AE680TME-132BDS	AE685TME-132BDS	AE690TME-132BDS	AE695TME-132BDS	AE700TME-132BDS
Nominal Max. Power	P _{max} (Wp)	680	685	690	695	700
Maximum operating voltage	V _{MPP} (V)	41.49	41.65	41.80	41.95	42.10
Maximum operating current	I _{MPP} (A)	16.39	16.45	16.51	16.57	16.63
Open-circuit voltage	V _{oc} (V)	49.50	49.66	49.82	49.98	50.13
Short-circuit current	I _{sc} (A)	17.19	17.25	17.31	17.37	17.43
Module efficiency	η (%)	21.92	22.08	22.24	22.40	22.56
Power tolerance	(W)	0~+5				
Maximum system Voltage	(V)	1500				
Maximum series fuse rating	(A)	30				

*STC: Standard test conditions (Irradiance 1000 W/m², Cell temperature 25°C and air mass of AM1.5)

Electrical specifications (NMOT)*: AE680TME-132BDS AE685TME-132BDS AE690TME-132BDS AE695TME-132BDS AE700TME-132BDS

		AE680TME-132BDS	AE685TME-132BDS	AE690TME-132BDS	AE695TME-132BDS	AE700TME-132BDS
Nominal Max. Power	P _{max} (Wp)	510	513	517	521	525
Maximum operating voltage	V _{MPP} (V)	38.90	39.04	39.18	39.32	39.46
Maximum operating current	I _{MPP} (A)	13.11	13.16	13.21	13.26	13.30
Open-circuit voltage	V _{oc} (V)	46.36	46.54	46.71	46.89	47.06
Short-circuit current	I _{sc} (A)	13.75	13.80	13.85	13.90	13.94

*NMOT: Normal Module Operating Temperature (Irradiance 800 W/m², Ambient temperature 20°C, air mass of AM1.5 and wind speed of 1 m/s)

The specifications and characteristics contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the product developments and uncertainty of measurement devices. The specifications included in the datasheet are subject to change without prior notice.

Anexo 4 Inversor 10kW Yangtze sola.



YANGTZE SOLAR

Features

- Using the fifth efficient IPM power module from Mitsubishi.
- High conversion efficiency, Max. Efficiency≥98%.
- Perfect protection and warning functions.
- Low Frequency Transformer, which ensures that inverter has high efficiency and low no-load loss.
- Pure sine wave output, has higher efficiency and higher capability of driving load.
- LCD display, high efficiency, easy installation.
- European CE Certificate and Australian CEC listed.

SWI-10KW/SWI-15KW



Model	SWI-10KW		SWI-15KW	
Isolation	Low Frequency Transformer			
DC Input				
Input rated voltage	96V	192V	192V	220V
Input rated current	70A	31A	36.5A	31.8A
AC Output				
Rated AC output power	10KW		15KW	
AC output waveform	Pure sine wave			
Phases	Single-Phase	Three-Phase	Single-Phase	Three-Phase
Output rated voltage	220VAC ±3%	380VAC ±3%	220VAC ±3%	380VAC ±3%
Output Frequency	50Hz/60Hz±0.05Hz			
Output rated current	45.5A	26.3A	68A	39.5A
Structure				
Charging function	Charger external			
Power Factor(PF)	0.8			
Overload Ability	150%, 10s			
Efficiency	≥98%			
Total voltage waveform distortion rate	<3%(Linear load)			
Crest Factor (CF)	3:1			
Display	LCD			
Electrical insulation properties	2000Vac, 1 Minute			
Ambient temperature	-15℃ to+55℃			
Using environment humidity	0~90%, No condensation			
Protection	Input reverse polarity, under voltage, over voltage, output over current, short circuit, over-heating etc.			
Cooling method	Convection with cooling fans			
Noise	<40dB			
Degree of protection	IP20(indoor)			
Using altitude(m)	≤2000			
Certification				
CE	EN60950-1:2006+A11:2009, EN61000-6-4:2007+A1:2001, EN61000-6-2:2005, EN61000-3-12:2005, EN61000-3-11:2000			

Anexo 5 Baterías De Litio CEGASA EBick Ultra 175 48280-M.



eBick Ultra 175 es la respuesta de Cegasa a los instaladores que buscan una batería preinstalada y autogestionable, "enchufar y listo".

Es ideal para sustituir las baterías de plomo en instalaciones existentes, así como para nuevas instalaciones de autoconsumo y off-grid con necesidades entre 13 y 54 kWh.



Tecnología Litio-LFP de Cegasa



Listo para usar
Totalmente instalado de fábrica



Opción de ruedas integradas para su fácil desplazamiento



Tensión de trabajo 48V



Sistema modular
13,4 kWh kWh por módulo hasta los 54 kWh



Ampliable hasta 4 módulos en paralelo



Compatible por comunicaciones con inversores Victron, Sunny Island y Studer



Reemplazo directo de baterías de plomo



	ULTRA 175 48V_280Ah	ULTRA 175 48V_560Ah	ULTRA 175 Configuración 3 x 48V_280Ah	ULTRA 175 Configuración 2 x 48V_560Ah
Código producto Con zócalo	109639	109640		
Código producto Sin zócalo	109624	-		
Características mecánicas				
Dimensiones equipo (mm)				
Anchura		765		
Profundidad		405		
Altura		600		
Altura sin zócalo	470	-		
Peso total equipo (Kg)	105	210		
Acabado / Cierre de batería		IP30		
Características eléctricas				
Voltaje nominal (V)		48		48
Voltaje máximo		52,2		52,2
Voltaje mínimo		43		43
Capacidad nominal (Ah)	280	560	840	1120
Energía nominal (KWh)	13,5	27	40,5	54
Ciclabilidad			> 5000 (80%DOD)	
Tipo de comunicaciones	CAN Bus			
Protecciones eléctricas				
Sobrecarga	ok			
Sobredescarga	ok			
Cortocircuito	ok			
Sobrecorriente	ok			
Sobretemperatura	ok			
Equilibrado pasivo	ok			
Nivel de corrientes (A)				
Corriente máxima de carga continuo	175	320	450	500
Corriente recomendada de carga continuo	140	280	400	475
Corriente nominal de descarga continuo	140	280	400	475
Corriente máxima de descarga continuo	175; (8KW)	340; (15KW)	500 (22,5KW)	575 (26KW)
Corriente/tiempo pico de descarga (1)	225 (5 min); (10KW)	450 (5 min); (20KW)	600 (5 min); (26KW)	800 (5 min); (35KW)
Corriente/tiempo pico de descarga (2)	270 (5seg); (12KW)	540 (5seg); (24KW)	750 (5seg); (32KW)	875 (5seg); (40KW)
Corriente/tiempo pico de descarga (3)	400 (<1seg)	800 (<1seg)	1000 (<1seg)	1000 (<1seg)
Conexiones eléctricas				
Potencia	Conector Rema SR 350 Gris (Se entrega conector similar para instalación con pines para 95mm ²) Para instalaciones de más de 2 módulos Ultra se recomienda siempre uso de Busbar (no incluido)			
Comunicaciones				
Conector	RJ45			
Homologaciones				
	Marcado CE UN 38.3			
Accesorios				
109637	TCC CAN para comunicaciones con inversores Victron Sunny Island y Studer			
109642	Cable alargador RJ45 para unir en comunicaciones más de 2 módulos Ultra			





Conductor de cobre para 600 V. aislado con policloruro de vinilo (PVC) 60°C resistente a la humedad.

CONSTRUCCIÓN

Los conductores tipo TW pueden ser sólidos o cableados y están contruidos con cobre de temple suave, están además aislados con una capa uniforme de material termoplástico policloruro de vinilo (PVC) resistente a la humedad. Pueden ser suministrados en colores variados según su calibre y con distintas formas de embalaje.

APLICACIONES

Los conductores de cobre tipo TW son utilizados para circuitos de fuerza y alumbrado en edificaciones industriales, comerciales y residenciales, tal como se especifica en el National Electrical Code. Este tipo de conductor puede ser usado en lugares secos y húmedos, su temperatura máxima de operación es 60 °C y su tensión de servicio para todas las aplicaciones es 600 V.

ESPECIFICACIONES

Los conductores de cobre tipo TW fabricados por ELECTROCABLES C.A., cumplen con las siguientes especificaciones y normas:

- **ASTM B3:** Alambres de cobre recocido o suave.
- **ASTM B8:** Conductores trenzados de cobre en capas concéntricas.
- **ASTM B787:** Conductores trenzados de cobre de 19 hilos, formación unilay para ser aislados posteriormente.
- **UL 83:** Alambres y cables aislados con material termoplástico.
- **ANSI/ NEMA WC-70**
ICEA S-95-658 : Cables de potencia nominal 2000 V. o menos, para distribución de energía eléctrica.
- **NTE INEN 2 345:** Conductores y alambres aislados con material termoplástico.

Además de todos los requerimientos del National Electrical Code.

Conductor de cobre para 600 V. aislado con policloruro de vinilo (PVC) 60°C resistente a la humedad.

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Diámetro Externo Aprox. (mm)	Peso total Aprox. (kg / km)	*Capacidad de Corriente (A)
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm ²)	No. Hilos				
FORMACIÓN SÓLIDO Y CABLEADO CONCÉNTRICO						
14	2,08	1	0,76	3,15	26,30	15
12	3,31	1	0,76	3,57	38,62	20
10	5,261	1	0,76	4,11	57,72	30
8	8,367	1	1,14	5,54	95,99	40
8	8,367	7	1,14	5,98	101,89	40
6	13,3	7	1,52	7,70	164,63	55
4	21,15	7	1,52	8,92	245,90	70
FORMACIÓN UNILAY						
14	2,08	19	0,76	3,32	27,58	15
12	3,31	19	0,76	3,82	40,60	20
10	5,261	19	0,76	4,41	60,56	30
8	8,367	19	1,14	5,90	100,61	40
6	13,3	19	1,52	7,60	162,56	55
4	21,15	19	1,52	8,79	242,87	70
2	33,62	19	1,52	10,29	367,85	95
1	42,4	19	2,03	12,20	480,40	110
1/0	53,49	19	2,03	13,21	591,62	125
2/0	67,44	19	2,03	14,33	730,21	145
3/0	85,02	19	2,03	15,59	903,58	165
4/0	107,2	19	2,03	17,01	1120,73	195
FORMACIÓN CABLEADO CONCÉNTRICO						
250	126,7	37	2,41	19,44	1350,37	215
300	152	37	2,41	20,82	1599,11	240
350	177	37	2,41	22,12	1844,34	260
400	203	37	2,41	23,31	2097,39	280
500	253	37	2,41	25,48	2583,14	320
600	304	61	2,79	28,26	3117,04	355
750	380	61	2,79	30,93	3822,35	400
1000	507	61	2,79	34,84	5033,71	455

* Capacidad máxima de corriente, para no más de 3 conductores en tensión en ducto, cable o tierra (directamente enterrados), para temperatura ambiente de 30°C. Ref NEC [Tabla 310.16].



Conductor de cobre para 600 V. aislado con policloruro de vinilo (PVC) 75°C, resistente a la humedad y calor.

CONSTRUCCIÓN

Los conductores tipo THW pueden ser sólidos o cableados y están contruidos con cobre de temple suave, están además aislados con una capa uniforme de material termoplástico policloruro de vinilo (PVC) resistente a la humedad y al calor. Pueden ser suministrados en colores variados según su calibre y con distintas formas de embalaje.

APLICACIONES

Los conductores de cobre tipo THW son utilizados para circuitos de fuerza y alumbrado en edificaciones industriales, comerciales y residenciales donde se requiera de mayor seguridad, tal como se especifica en el National Electrical Code. Este tipo de conductor puede ser usado en lugares secos y húmedos, su temperatura máxima de operación es de 75°C y su tensión de servicio para todas las aplicaciones es 600 V.

ESPECIFICACIONES

Los conductores de cobre tipo THW fabricados por ELECTROCABLES C.A., cumplen con las siguientes especificaciones y normas:

- **ASTM B3:** Alambres de cobre recocido o suave.
- **ASTM B8:** Conductores trenzados de cobre en capas concéntricas.
- **ASTM B787:** Conductores trenzados de cobre de 19 hilos, formación unilay para ser aislados posteriormente.
- **UL B3:** Alambres y cables aislados con material termoplástico.
- **ANSI/ NEMA WC-70**
ICEA S-95-658 : Cables de potencia nominal 2000 V. o menos, para distribución de energía eléctrica.
- **NTE INEN 2 345:** Conductores y alambres aislados con material termoplástico.

Además de todos los requerimientos del National Electrical Code.

Conductor de cobre para 600 V. aislado con policloruro de vinilo (PVC) 75°C, resistente a la humedad y calor.

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Diámetro Externo Aprox. (mm)	Peso total Aprox. (kg / km)	*Capacidad de Corriente (A)
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm ²)	No. Hilos				
FORMACIÓN SÓLIDO Y CABLEADO CONCÉNTRICO						
14	2,08	1	0,76	3,15	26,30	20
12	3,31	1	0,76	3,57	38,62	25
10	5,261	1	0,76	4,11	57,72	35
8	8,37	1	1,14	5,54	95,99	50
8	8,37	7	1,14	5,98	102,04	50
6	13,3	7	1,52	7,70	164,86	65
4	21,15	7	1,52	8,92	246,27	85
FORMACIÓN UNILAY						
14	2,08	19	0,76	3,32	27,58	20
12	3,31	19	0,76	3,82	40,60	25
10	5,261	19	0,76	4,41	60,56	35
8	8,37	19	1,14	5,90	100,61	50
6	13,3	19	1,52	7,60	162,56	65
4	21,15	19	1,52	8,79	242,87	85
2	33,62	19	1,52	10,29	367,85	115
1	42,4	19	2,03	12,20	480,40	130
1/0	53,5	19	2,03	13,21	591,62	150
2/0	67,4	19	2,03	14,33	730,21	175
3/0	85,0	19	2,03	15,59	903,58	200
4/0	107,2	19	2,03	17,01	1120,73	230
FORMACIÓN CABLEADO CONCÉNTRICO						
250	126,7	37	2,41	19,44	1350,37	255
300	152	37	2,41	20,82	1599,11	285
350	177	37	2,41	22,12	1844,34	310
400	203	37	2,41	23,31	2097,39	335
500	253	37	2,41	25,48	2583,14	380
600	304	61	2,79	28,26	3093,36	420
750	380	61	2,79	30,93	3822,35	475
1000	507	61	2,79	34,84	5033,71	545

*Capacidad máxima de corriente, para no más de 3 conductores en tensión en ducto, cable o tierra (directamente enterrados), para temperatura ambiente de 30°C. Ref NEC (Tabla 310.16)

Anexo 7 Pliego tarifario del servicio público de energía eléctrica ARCERNNR.

5.1 Tarifa General de Medio Voltaje con demanda

Se aplica a los consumidores de la categoría general (ver numeral 3.1.2) de medio voltaje, cuyo voltaje de suministro en el punto de entrega es entre 600 voltios (V) y 40 kilovoltios (kV); y que disponen de un registrador de demanda máxima.

 <p>AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES</p>	<p>INFORME INSTITUCIONAL GGPGE.GPSCCC.02.FO.01 Acta de Aprobación N° 0011 Fecha Aprobación: 23-11-2020</p>	<p>Versión: 01</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------

El consumidor debe pagar:

- Un cargo por comercialización en USD/consumidor-mes, independiente del consumo de energía.
- Un cargo por potencia en USD/kW-mes, por cada kW de demanda mensual facturable (indicada en el numeral 8.1) como mínimo de pago, independiente del consumo de energía.
- Un cargo por energía en USD/kWh, en función de la energía consumida.

En el caso de los consumidores de asistencia social, beneficio público y culto religioso, se aplica la misma estructura tarifaria indicada anteriormente. El nivel tarifario está indicado en los Cuadros Tarifarios anexos a este Pliego Tarifario.

7.1 Consumos Estacionales

Los consumidores de la categoría general; servidos en bajo, medio y alto voltaje; con régimen de consumo estacional durante un año, pueden acogerse a dos o cuatro periodos estacionales, de acuerdo a sus características de consumo.

El régimen de consumo estacional debe evidenciar al menos una variación del 50% en la demanda de potencia entre las diferentes estaciones establecidas.

La *Estación Baja* es el periodo durante el cual se registran las demandas de potencia mínimas del usuario; y, la *Estación Alta* es el periodo durante el cual se registran las demandas de potencia máximas del usuario.

La aplicación tarifaria comprende lo siguiente:

- Los valores por energía y comercialización serán los mismos que se utilizan para clientes de consumo no estacional, de acuerdo a su tipo de tarifa, independientemente de la estacionalidad.
- Los cargos por demanda serán los mismos que se utilizan para clientes de consumo no estacional, de acuerdo a su tipo de tarifa- La demanda facturable considera lo indicado en el numeral 8.1.

8.1 Medidor que registre Demanda Máxima

La demanda facturable mensual (DF) corresponde a la máxima demanda (DM) registrada en el mes por el respectivo medidor de demanda, y no podrá ser inferior al 60% del valor de la máxima demanda de los últimos doce meses incluyendo el mes de facturación (DM_{max12}).

$$DF = \begin{cases} 60\% \times DM_{max12} & \text{si } DM < 60\% \times DM_{max12} \\ DM & \text{si } DM \geq 60\% \times DM_{max12} \end{cases}$$

Para la aplicación de los consumos estacionales (numeral 7.1), la comparación se realiza respecto del periodo de los meses correspondientes a la misma estacionalidad inmediata anterior.

Es responsabilidad de la distribuidora monitorear al consumidor para mantener la condición de la tarifa con demanda; para lo cual procederá conforme la Regulación respectiva.⁵

Para el caso de los consumidores que utilizan la energía para bombeo de agua para usos agrícolas y acuícolas, la demanda facturable mensual será igual a la demanda máxima registrada en dicho mes en el respectivo medidor.

9.1 Registrador de demanda horaria - FGD

Para aquellos consumidores que disponen de un registrador de demanda horaria, excepto consumidores industriales en medio y alto voltaje, y vehículos eléctricos, el factor de gestión de la demanda (FGD) se obtiene de la relación:

$$FGD = \begin{cases} 0.6 & \text{si } \frac{DP}{DM} < 0.6 \\ \frac{DP}{DM} & \text{si } 0.6 \leq \frac{DP}{DM} \leq 1.0 \end{cases}$$

⁵ Numeral 23.4 de la Regulación Nro. ARCONEL 001/20.

⁶ Observar lo dispuesto mediante Resolución Nro. ARCONEL 073/15 de 21 de octubre de 2015.



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Loayza Yopez Juan Carlos**, con C.C: # **0930697529** autor del trabajo de titulación: **Diseño y valoración de sistemas fotovoltaicos para el área de aulas ft 4-13 de la Facultad Técnica para el Desarrollo** previo a la obtención del título de **Ingeniero electrónico en control y automatismo** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **04 de septiembre** del año **2023**

f. _____

Nombre: **Loayza Yopez Juan Carlos**

C.C: **0930697529**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Diseño y valoración de sistemas fotovoltaicos para el área de aulas ft 4-13 de la Facultad Técnica para el Desarrollo		
AUTOR	Loayza Yopez Juan Carlos		
REVISOR/TUTOR	MsC. Suárez Murillo Efraín Oswaldo		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería electrónica en control y automatismo		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero electrónico en control y automatismo		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	04 de septiembre de 2023	No. DE PÁGINAS:	106
ÁREAS TEMÁTICAS:	Energías renovables, Electricidad, Electrónica.		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Sistema Fotovoltaico, Paneles Solares, Análisis Económico, Ahorro Energético, Energía Renovable, Consumo eléctrico, Análisis Comparativo.		

RESUMEN/ABSTRACT

El trabajo de titulación presente de tema "Diseño y valoración de sistemas fotovoltaicos para el área de aulas ft 4-13 de la facultad técnica para el desarrollo", investigara datos vinculados al tema para mejor comprensión del lector. El primer capítulo del trabajo especificara las características del trabajo, como el alcance del proyecto, su metodología y objetivos. El segundo capítulo cuenta con el marco teórico vinculado al tema propuesto basándose desde los conceptos más básicos de la energía eléctrica hasta los más necesarios para el funcionamiento y comprensión del proyecto. El tercero y último capítulo del trabajo cuenta con las ubicaciones, diseño, tipos, y cálculos del sistema fotovoltaico proyecto, incluyendo su análisis comparativo y económico para futura instalación en la facultad. Para finalizar, el proyecto tomará en cuenta los beneficios del ahorro energético en el consumo eléctrico en la planilla del edificio de la facultad contribuyendo también al medio ambiente haciendo uso de energía renovable limpia por medio del uso de paneles solares.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593982200252	E-mail: juancarlos.loayza1997@hotmail.com juan.loayza02@cu.ucsg.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Ricardo Xavier Ubilla González	
	Teléfono: +593 999528515	
	E-mail: ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec	

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

Nº. DE REGISTRO:	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL:	