



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DISEÑO Y SIMULACIÓN MEDIANTE SOFTWARE ESPECIALIZADO DE LA  
GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD CON PANELES SOLARES  
FOTOVOLTAICOS PARA LA DISTRIBUIDORA COMERCIAL PAREDES  
UBICADA EN LA PROVINCIA DE SUCUMBÍOS.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Mecánico

**AUTORES:** GILBER STALYN PALACIOS CARMONA  
CARLOS ANDRÉS PAREDES CALDERÓN

**TUTOR:** LUIS FERNANDO TOAPANTA RAMOS

**Quito – Ecuador**  
**2022**

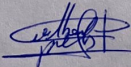
## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Gilber Stalyn Palacios Carmona con documento de identificación N° 1719818849 y Carlos Andrés Paredes Calderón con documento de identificación N° 1804733416; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 16 de septiembre de 2022

Atentamente,



---

Gilber Stalyn Palacios Carmona  
1719818849



---

Carlos Andrés Paredes Calderón  
1804733416

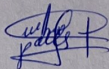
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Gilber Stalyn Palacios Carmona con documento de identificación No. 1719818849 y Carlos Andrés Paredes Calderón, y No. 1804733416, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del: Proyecto Técnico, “Diseño y simulación mediante software especializado de la generación de electricidad con paneles solares fotovoltaicos para la distribuidora comercial paredes ubicada en la provincia de Sucumbíos”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 16 de septiembre de 2022

Atentamente,



---

Gilber Stalyn Palacios Carmona

1719818849



---

Carlos Andrés Paredes Calderón

1804733416

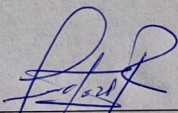


## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Luis Fernando Toapanta Ramos con documento de identificación N° 1721113759, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y SIMULACIÓN MEDIANTE SOFTWARE ESPECIALIZADO DE LA GENERACION DE ELECTRICIDAD CON PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LA DISTRIBUIDORA COMERCIAL PAREDES UBICADA EN LA PROVINCIA DE SUCUMBIOS, realizado por Gilber Stalyn Palacios Carmona con documento de identificación N° 1719818849 y Carlos Andrés Paredes Calderón con documento de identificación N° 1804733416, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 16 de septiembre del 2022

Atentamente,



---

Ing. Luis Fernando Toapanta Ramos, M.Sc.

1721113759

## DEDICATORIA

A mis padres, por haberme dado la oportunidad de prepararme, que confiaron en mí y su sacrificio que hicieron para continuar con mis metas, dándome un ejemplo de superación y entrega que ellos me inculcaron a ser la persona que soy hoy en día al ver alcanzado mi meta.

A mis abuelitos que son parte fundamental de mi crecimiento personal que se tiene, por su confianza y amor brindado en los momentos más difíciles de mi etapa universitaria.

*Andrés Paredes*

A mi padre, Edwin y mi madre Cecilia por confiar en mí y apoyarme constantemente, aconsejarme y empujarme a culminar la carrera, todo su esfuerzo se ve reflejado en este gran logro.

A mi hijo Leonardo, que sin duda es el motor de mi vida, su cariño sincero y su amor me motivan a ser una mejor persona y un buen profesional, espero que la culminación de mis estudios universitarios guíe y motiven a mi hijo a cumplir sus sueños.

A mis hermanos Jonathan y Jhoana, por brindarme su cariño y apoyo clave para poder haber terminado este objetivo académico, así como a mi cuñado Pedro por motivarme y darme la oportunidad de culminar con éxito este gran logro.

A Andrea J. por ser parte de este proceso universitario y permitirme con su gran apoyo y cariño a culminar mis estudios.

*Gilber Palacios*

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecer a nuestro Padre Celestial por habernos dado el entendimiento, la sabiduría y las fuerzas para lograr culminar la carrera por no dejar que me rindiera en ningún momento y por iluminarme en el camino.

Un reconocimiento especial al Ing. Luis Fernando Toapanta Ramos quien colaboró con nosotros en todo momento como tutor de tesis, brindándonos el asesoramiento necesario para la elaboración de nuestra tesis.

Agradecemos a la Universidad Politécnica Salesiana, en especial a todos nuestros ingenieros de la facultad de mecánica durante estos 5 años que quien nos compartieron y orientaron sus conocimientos para hoy vernos realizados profesionalmente.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiv
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
ESTADO DEL ARTE Y ASPECTOS TEÓRICOS.....	3
1.1 Estado del arte .....	3
1.2 Aspectos teóricos.....	6
1.2.1 Electricidad.....	6
1.2.2 Energía renovable o alternativa .....	7
1.3 Tipos de energía renovable.....	8
1.3.3 Energía de viento eólica .....	8
1.3.4 Energía hidráulica.....	8
1.3.5 Biogás y Biomasa .....	9
1.3.6 Energía geotérmica .....	9
1.3.7 Energía de marina.....	10
1.3.8 Energía del astro .....	10
1.4 Principal uso de energía solar .....	11
1.4.1 Análisis de la Radiación del sol en Ecuador.....	11
1.4.2 Radiación solar provincia de sucumbíos .....	12
1.4.3 Tipos de radiación solar.....	12
1.4.1 Energía fotovoltaica.....	13
1.4.1.1 Método fotovoltaico en la unión en la red pública .....	14

1.4.2	Sistema fotovoltaico aislado.....	14
1.4.2.1	Sistema con conexión en la red pública.....	15
1.4.2.2	Sistema eléctrico híbrido .....	15
1.4.2.3	La energía solar fotovoltaica .....	16
1.4.3	Tipos de panel fotovoltaico .....	16
1.5	Celda fotovoltaica.....	18
1.5.1	Placas fotovoltaicas .....	18
1.5.2	Regulador para carga.....	18
1.5.3	Ondulador o inversor.....	19
1.5.3.1	Baterías.....	19
1.6	Panel solar .....	19
1.7	Diferencia de los controladores de carga PWM y MPPT.....	20
1.7.4	Controlador MPPT .....	21
1.8	Conclusiones del capítulo I .....	22
CAPÍTULO II.....		23
CONDICIONES DE DISEÑO DE PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO.....		23
2.1	Transmisión de calor .....	23
2.2	Transmisión de calor por radiación .....	23
2.3	Radiación y absorción .....	24
2.4	Como medir la radiación del sol.....	24
2.4.1	Reflexión (Albedo).....	24
2.4.2	Características de la radiación solar .....	25
2.4.3	Irradiancia.....	25
2.4.4	Irradiación.....	25
2.5	Ubicación geográfica centro comercial Paredes.....	25
2.5.5	Tiempo de luz .....	26
2.5.6	Parámetro de diseño del sistema.....	26



2.5.7	Dimensiones de los paneles solares.....	27
2.5.8	Orientación de paneles solares .....	28
2.5.9	Orientación o acimut ( $\alpha$ ).....	29
2.5.9.1	Ángulo de inclinación o elevación ( $\beta$ ) .....	30
2.5.9.2	Inversor.....	30
2.5.10	Baterías para almacenamiento .....	31
2.6	La profundidad de descarga de una batería solar .....	32
2.6.1	Vida útil de una batería.....	32
2.7	Cable eléctrico fotovoltaico (FV/PV).....	32
2.8	Panel para conexión serie .....	33
2.8.1	Panel en paralelo.....	34
2.8.2	Capacidad eléctrica para abastecer el centro comercial Paredes.....	35
2.9	Conclusiones de capítulo .....	36
CAPÍTULO III .....		37
MODELADO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO .....		37
3.1	Análisis de la hora solar pico para el sistema fotovoltaico.....	37
3.2	Dimensionamiento teórico.....	38
3.3	Diseño fotovoltaico .....	45
3.4	Evaluación económico.....	47
3.5	Software de diseño fotovoltaico .....	48
3.5.1	PVsyst 7.2.....	48
3.5.2	Parámetros para la simulación.....	50
3.6	Conclusión capítulo III .....	60
CAPÍTULO IV .....		61
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		61
4.1	Análisis de resultados teóricos .....	61
4.2	Análisis resultados de la simulación.....	62
4.3	Conclusiones del capítulo IV.....	64

CONCLUSIONES GENERALES .....	65
RECOMENDACIONES GENERALES .....	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de energía renovable .....	7
Figura 2. Central Eólica parque Villonaco Ecuador .....	8
Figura 3. Central hidroeléctrica Coca Codo Sinclair.....	8
Figura 4. Uso de biomasa o biogás.....	9
Figura 5. Central geotérmica de Chachimbiro Ecuador .....	9
Figura 6. Energía mareomotriz Galápagos .....	10
Figura 7. Energía solar como fuente de energía eléctrica.....	11
Figura 8. Elementos de un captador solar térmico .....	11
Figura 9. Mapa solar del Ecuador 2021 .....	12
Figura 10. tipos de radiación solar.....	13
Figura 11. Energía solar fotovoltaica. ....	13
Figura 12. Sistema solar fotovoltaico sin conexión a la red.....	14
Figura 13. Sistema fotovoltaico aislado .....	14
Figura 14. Sistema conectado a la red de electricidad publica.....	15
Figura 15. Sistema fotovoltaico híbrido .....	15
Figura 16. Diagrama de flujo de paneles solares.....	17
Figura 17. Funcionamiento de la energía solar.....	18
Figura 18. Principales características del panel solar .....	20
Figura 19. Controlador MPPT .....	21
Figura 20. Controlador de carga PWM. ....	22
Figura 21. Dispersión, reflexión y absorción de la luz.....	24
Figura 22. Ubicación de la zona del proyecto. ....	26
Figura 23. Inclinación y orientación solar óptima para paneles solares.....	29
Figura 24. Angulo acimut.....	29
Figura 25. Ángulo de orientación e inclinación del panel.....	30
Figura 26. Inversor fotovoltaico .....	31
Figura 27. Ciclo de trabajo de una batería.....	32
Figura 28. Vida útil vs profundidad de descarga de baterías.....	32
Figura 29. Sistema fotovoltaico doméstico .....	33
Figura 30. Conexión serie de placas solares.....	34
Figura 31. Ejemplo de Conexión en paralelo. ....	35
Figura 32. Promedio de la radiación solar Sucumbíos .....	37

Figura 33. Características técnicas del panel seleccionado .....	40
Figura 34. Controlador de carga .....	41
Figura 35. Especificaciones técnicas de la batería .....	44
Figura 36. Panel solar 400W .....	45
Figura 37. Controlador de sistema solar TriStar.....	46
Figura 38. Inversor Phoenix 48/1200 120V .....	46
Figura 39. Batería Solar.....	47
Figura 40. Interfaz del programa de simulación PVsyst 7.2. ....	49
Figura 41. Prediseño independiente del programa de diseño. ....	49
Figura 42. Prediseño de conexión a la red.....	49
Figura 43. Prediseño bombeo. ....	50
Figura 44 Software PVsyst 7.2.....	50
Figura 45. Interfaz de software 7.2.....	51
Figura 46. Sitio geográfico en base datos.....	51
Figura 47. Sitio geográfico en mapa interactivo.....	52
Figura 48. Variante del sistema fotovoltaico.....	52
Figura 49. La variante de orientación.....	53
Figura 50. Variante de sistema. ....	54
Figura 51. Distribución por hora. ....	55
Figura 52. Pestaña del sistema PVSYST.....	55
Figura 53. El redimensionamiento del sistema FV.....	56
Figura 54. Especificación de almacenamiento. ....	56
Figura 55. Selección de módulo FV. ....	56
Figura 56. Selección de controlador en PVsyst7.2.....	57
Figura 57. Número de módulos y cadenas. ....	57
Figura 58. Esquema del sistema autónomo. ....	57
Figura 59. Información generada por PVSYST. ....	58
Figura 60. Variante de horizonte. ....	58
Figura 61. Interfaz del PVsyst 7.2 con sus respectivos datos.....	59
Figura 62. Simulación PVsyst 7.2. ....	59
Figura 63. Proporción de rendimiento.....	62
Figura 64. Energía dereferenci en el plano colector.....	62
Figura 65. Distribución de irradiación.....	63
Figura 66. Producciones normalizadas.....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipo de células solares [34].	20
Tabla 2. Consumo promedio de varios artefactos eléctricos [24]	27
Tabla 3. Gasto promedio de energía en el centro comercial Paredes.	36
Tabla 4. Costo de materiales fotovoltaico	47



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datasheet Panel.....	72
Anexo 2. Datasheet controlador .....	74
Anexo 3. Datasheet Batería .....	76
Anexo 4. Inversor .....	77
Anexo 5. Cotización inversora .....	78
Anexo 6. Ubicación de la zona de proyecto. ....	79

## RESUMEN

Las fuentes de energía sustentable que ha ido ganando espacio con el tiempo convirtiéndose en la energía primordial en el mundo, este caso se hablará de la energía solar fotovoltaica, que nos permite electrificar zonas rurales o urbanas para poder electrificar cualquier edificación, contribuir con el medio ambiente y reducir loa CO<sub>2</sub>.

La investigación plantea diseñar y simular los paneles solares off-grid para Sucumbíos, cuidad “Lago Agrio” proyectado a una edificación de distribución de maquinarias agrícolas, la simulación se la realizó en el software PVsyst 7.2, ya que, tiene una gran base de datos para los componentes del sistema fotovoltaicos y meteorológico. La irradiación del sol que tiene este sector permite el desarrollo del proyecto porque los rayos solares son más perpendiculares los rayos solares con ángulo de inclinación de cada panel de 10° siendo su ángulo con mayor eficiencia para su funcionamiento.

El diseño del sistema fotovoltaicos aislado con la utilización de PVsyst 7.2 determina cuantos paneles solares, inversor y baterías deben instalar. Con ayuda del proveedor en el país se utilizó componentes que se logra adquirir en el mercado ecuatoriano.

**Palabras claves:** sistema fotovoltaico, inversor, irradiación

## ABSTRACT

The sources of sustainable energy that has been gaining space over time becoming the primary energy in the world, this case will talk about photovoltaic solar energy, which allows us to electrify rural or urban areas to electrify any building, contribute to the environment and reduce CO<sub>2</sub>.

The research proposes to design and simulate off-grid solar panels for Sucumbíos, city “Lago Agrio” projected to a building for the distribution of agricultural machinery, the simulation was performed in the Pvsyst 7.2 software because it has a large database for the photovoltaic and meteorological components of the system. The irradiation of the sun that has this sector allows the development of the project because the solar rays are more perpendicular to the sun rays with an angle of inclination of each panel of 10 ° being its angle with greater efficiency for its operation.

Design and use of isolated photovoltaic systems Pvsyst 7.2 determines how many solar panels, inverter and batteries should be installed. With the help of the supplier in the country, components that can be acquired in the Ecuadorian market were used.

**Keywords:** photovoltaic system, inverter, irradiation

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso de paneles solares fotovoltaicos es una herramienta esencial para disminuir la combustión de combustible para la generar eléctrica de esta forma contribuir con el calentamiento global. Con este reto empresarial, se pretende eliminar el consumo de dichas energías que generan gastos a las empresas y reemplazarlas por energías limpias (fotovoltaicas), ya que, son energías que reducen la huella de carbono, estas energías son energías constantes y limpias y no generan gastos empresariales de operación. Pretendemos incentivar a las empresas no solo a realizar inversiones que disminuyan los gastos de las empresas sino también incentivarlos a generar conciencia del cuidado del planeta y reducir su huella y monóxido de carbono [1].

El mal uso de combustibles fósiles está llegando a su extensión, de manera progresiva que las reservas no habrá un abastecimiento, ha sido uno de varios, el causante del recalentamiento total afecta las permutaciones meteorológicas. La totalidad estados reconocen el grado de importancia de manejar conocimientos avanzadas hacia producir energía alternativa. Entre estas tecnologías, los sistemas fotovoltaicos como alternativa se han potenciado en los últimos años, y los desarrollos tecnológicos han aumentado la eficiencia de sus componentes [2].

El presente proyecto está dividido en cuatro secciones, en el capítulo I, se recopila la información de proyectos anteriores sobre paneles solares fotovoltaicos, para entrar en contexto sobre el tema propuesto, posteriormente, en el capítulo II se desarrolla una investigación teórica que respalda el dimensionamiento del arreglo fotovoltaico que se va diseñar y simular, por lo que se abordará todo el marco teórico en lo referente a la generación de electricidad aprovechando el calor del sol, así como los parámetros y condiciones de diseño para el arreglo fotovoltaico aislado, también se especifica la ubicación geográfica del punto donde se llevará a cabo la simulación así como el tiempo de luz solar del lugar, se conoce todos los componentes que conforman el sistema aislado. En el capítulo III se realiza un bosquejo de un modelo del sistema y se seleccionan los materiales necesarios para la generación de electricidad para el comercial Paredes, teniendo en cuenta la disponibilidad de estos en el mercado ecuatoriano.

El desarrollo del capítulo IV permite un análisis de resultados tanto del dimensionamiento teórico como los datos obtenidos en la simulación, dando así datos relevantes como la temperatura máxima incidente en el lugar del proyecto y la capacidad del sistema fotovoltaico aislado.

El diseño y simulación estará dirigido a todas las empresas que operan en el oriente ecuatoriano, zonas rurales o urbanas, para suministrar la producción eléctrica de manera sustentable, aprovechando el sol.

### **Objetivo general**

Diseñar y simular mediante software especializado la producción de electricidad mediante panel solar fotovoltaico del comercial Paredes que se encuentra localizado en la jurisdicción de Sucumbíos.

### **Objetivos específicos**

- Determinar la disposición actual para generación de fuente de electricidad del comercial Paredes ubicado en la provincia de Sucumbíos.
- Seleccionar el panel solar fotovoltaico necesarios para la producción de electricidad que el comercial paredes requiere.
- Simular mediante software especializado la generación eléctrica que producen los paneles solares.
- Evaluar si es factible económica la aplicación de panel solar en la elaboración de energía eléctrica para el comercial Paredes.



# CAPÍTULO I

## ESTADO DEL ARTE Y ASPECTOS TEÓRICOS

Este capítulo tiene como objetivo resaltar las investigaciones que abarcan la energía renovable que se enfocó en la energía solar aprovechada mediante paneles fotovoltaicos convirtiéndolo en electricidad para el centro comercial “Paredes” ubicado en la provincia de Sucumbíos, por lo tanto, la recopilación de documentos como revistas científicas, tesis, libros aportarán en el desarrollo de la investigación planteada. A continuación, se detallará las ventajas energéticas, los sistemas para generar electricidad y que tipos de paneles fotovoltaicos y ventajas tienen.

### 1.1 Estado del arte

Las condiciones en el mundo están en constante cambio, el mundo es consciente del problema del medio ambiente en la actualidad y se ha realizado una serie de propuestas para minimizar los contaminantes y mitigar los factores de producción, entre los que más contaminan el medio ambiente va relacionada con la producción de electricidad, acordada en la Cumbre del Clima en París en el año 2015. Además, para 2024 y 2030, el 35% y 43% provendrán de energías renovables en el país, respectivamente.

El obtener energía del sol es importante porque es la puerta de entrada a las energías alternativas en este sector, ya que la generación eléctrica de Ecuador representa más del 20% de las emisiones contaminantes totales. [3].

Hernández [4], en la investigación analizó la disposición de un procedimiento de energía renovable por medio del sol y que se conecte para el gasto de energía en la Academia Técnico de la Venta, identificando los logros teóricos y el impacto de convertir la radiación solar en energía. Además, se ha estimado el costo de instalación de celdas fotovoltaicas. Así se obtuvo un voltaje de 117 kW con 4 paneles monocristalinos con una capacidad de 320 W obteniendo alta eficiencia y eficiencia registrándose en la muestra un consumo máximo al 70%, se han identificado 781 kW con 498 compartimientos solares.

López [5], realizó su trabajo de investigación donde implementó un sistema para producir energía por medio de panel solar en el departamento de Guajira la idea principal fue aumentar el nivel vida de la población con energía renovable eficiente que brindó una ventaja de instalación en zonas urbanas y rurales que están alejadas de la red de interconexión nacional. Por lo tanto, el desarrollo y aplicación de energías alternativas

deben ser tomadas en cuenta por el Gobierno Nacional porque esto permite la menorar los altos rangos de contaminación mundial que ahondan la crisis de energía.

Quintana [6], en su investigación tuvo como objetivo principal calcular y dimensionar el Sistemas fotovoltaicos para operar viviendas unifamiliares obteniendo 10 paneles solares que se conectan en paralelo y alcanzando la capacidad de 350 vatios y consta de 8 baterías que se conectaron en paralelo alcanzando 150 amperios y una corriente de 89,75 amperios con un inverso de potencia continua de 1500 vatios esta investigación busca incentivar al mundo a tener confianza en las energías limpias que aporten a mitigar el problema de contaminación del ambiental a causa del uso y abuso de la energía tradicionales.

Aulestia et al. [7], en su estudio implementaron paneles solares fotovoltaicos alcanzando una potencia de 20 kW/mes que benefician a varias instalaciones industriales. Para el desarrollo de las investigaciones se realizaron cálculos para dimensionar los componentes del sistema y garantizar la potencia necesaria que es de menos de 50 voltios en corriente directa y se utiliza 2 baterías de 12 voltios y 100 amperios/h por lo tanto la implementación de este proyecto cumple requisitos ambientales y beneficia en la reactivación matriz productiva del Ecuador.

Como sostienen González et al. [8] en su estudio para el diseñar e implementación del sistema de energía por medio del sol para la ciudad de Puerto Roma se calcula el mejor método para generar luz eléctrica renovable utilizando el sistema de paneles solares que ayudaron a eliminar el problema de la energía parala ciudad porque antes no gozaban de energía eléctrica pero no se aplicó a todo el sistema debido a los costos y requerimientos de operación.

Para López [9] se explica el progreso tecnológico en la actualidad abarca varios campos donde se puede agregar campos de producción de energía eléctrica, las mismas que han sido categorizadas en sus ventajas por el escaso impacto en el medio ambiente. Sin embargo, su aplicación es cuestionable por su alto costo inicial y temor en la comunidad por no lograr la confiabilidad esperada por lo que en el presente trabajo de analizo la posibilidad y viabilidad económica para la instalación de paneles solares aplicados a viviendas unifamiliares.

Ramos et al. [10] explica la generación de la electricidad tiene un costo elevado, y que está acabando con los recursos de la naturaleza por lo que el mundo ha puesto los ojos en buscar soluciones y alternativas para obtener los recursos de manera más limpia sin costo alguno y sobre todo, aprovechando y cuidado los recursos amenazados, la Universidad Salamanca los cortes electricidad y escasez energética son inevitables, por lo que

decidimos diseñar una instalación fotovoltaica para suministrar electricidad al edificio educativo y administrativo, que se instalará en la estructura de estacionamiento del edificio edificios administrativos del personal en la Universidad de Salamanca, con un sistemas que permite conectar en la red con esta técnica los costos de fabricación se reducen y la investigación no tiene un costo elevado.

Villegas y Alcivar [11], explican que el software PVsyst 7.2 es el software que ayuda a modelar de manera eficiente, óptima y confiable sistemas fotovoltaicos fuera de la red con una amplia gama de características y capacidades, proporcionando información detallada sobre radiación, trabajo, pérdidas y más. El programa ofrece un diseño del sistema de acuerdo con la capacidad deseada o espacio disponible ingresando datos sobre el número de elementos, unidades de eficiencia, horas de operación, para determinar la carga aplicada, así como la fecha de operación del sistema. También puede colocar los módulos fotovoltaicos en la orientación óptima y en el ángulo de generación óptimo, se debe analizar la capacidad de energía para simular de acuerdo con las inclemencias climáticas para establecer parámetros de control.

Para Guamán [12] la distribución de las celdas solares dependen del tiempo de carga de cada celda que busca mejor la eficiencia de la energía obtenida por el sol y convertida en electricidad se realizaron pruebas de laboratorio y mediciones de temperatura, irradiación, humedad relativa y velocidad del viento durante 10 días con intervalos de 30 minutos tomando en cuenta que desde las 9:30 a 14:00 son las horas de mayor irradiación de este estudio se evaluaron las configuraciones trapezoidal, cóncava, convexa, triangular, zigzag, dando como resultado la configuración zigzag porque los rayos solares impactaron en su área proyectada acumulando mayor energía en un menor tiempo comparado con las demás configuraciones.

Carballo, [13] manifiesta en estos tiempos críticos, cuando se necesita ahorrar tanto como sea posible ahorrar combustible y generar energía, considerar soluciones y alternativas para mejorar y reducir la contaminación por ejemplo con tecnologías de paneles solares, que permite obtener energía electricidad limpia. La electricidad obtenida del sol (ESFV) existe como fuente de energía natural y se utiliza en la generación eléctrica gracias a que procesan el calor en electricidad y se puede utilizar en muchos campos de la vida. Por tanto, el sol es primordial para los seres vivos, porque la tierra utiliza los recursos naturales; entre ellos, la energía del sol para las industrias del mundo, las soluciones mediante paneles solares incluyen procesos que convierten el calor generado por el sol en electricidad.

Preet [14], en los últimos años, se implementó en la creación de corriente la radiación del astro por intermedio del panel fotovoltaico, en todo el mundo por su carácter ecológico. Las células fotovoltaicas están compuestas por semiconductores con una eficiencia eléctrica que oscila entre el 4 % y el 47 %, según las propiedades y la disposición de las células solares. La electricidad es esencialmente necesaria para el desarrollo general de la sociedad. Sin embargo, su alta demanda lastró las fuentes convencionales de energía y provocó el calentamiento global y el cambio climático. La energía del sol es limpia no contamina y satisface las necesidades energéticas de la sociedad. Los módulos fotovoltaicos se utilizan en el mundo para generar electricidad y cumplir con las necesidades del consumo energético.

## **1.2 Aspectos teóricos**

Los aspectos teóricos es un conjunto de introducciones, investigaciones, tesis, revistas científicas previas y consideraciones teóricas sobre las cuales se basa la investigación, análisis, del proyecto de investigación.

### **1.2.1 Electricidad**

La obtención de electricidad se debe a varios métodos y técnicas avanzadas disponible en la actualidad y permite transportarla de manera económica y eficiente entre ubicaciones remotas. Si le preguntaras a alguien en el mundo desarrollado si pudiera imaginar un mundo sin electricidad, la respuesta probablemente sería no. No hay nada mejor que mirar alrededor y ver cómo vivimos y trabajamos [15].

La sociedad actual se basa en la electricidad, porque perfeccionar la vida de la población brindando comodidad ya que se utiliza en muchas funciones que realizan los electrodomésticos, desde lavar ropa en una lavadora hasta almacenar información en computadoras y almacenamiento de alimentos en el frigorífico, enfriando o calentando en casa, y hoy cocinamos y secamos nuestra ropa. La alta necesidad de electricidad para el mundo moderna conduce a un aumento del consumo, que causa problemas y afectaciones al ecosistema y la salud de la ciudad, utilizando principalmente fuentes para energía no alternativa (carbón, gas, petróleo o uranio) [15].

### 1.2.2 Energía renovable o alternativa

Se conocen como renovable porque son de origen natural no se agotan con el uso o consumo entre las que se han venido utilizando están la energía del sol, la energía del viento, y la generada por las olas conocida como mareomotriz y finalmente la energía de la biomasa. También se consideran renovables si provienen de fuentes que se regeneran naturalmente con el tiempo, como los bosques de serpientes. Uno de los principales beneficios de la energía renovable es que no solo no genera estrés, porque no es perjudicial en el ecosistema del planeta, y es considerada una energía alternativa [16].



**Figura 1.** Ejemplo de energía renovable [16].

Actualmente, la energía alternativa se convirtió en el pilar de la sociedad por sus ventajas ambientales son cada vez más evidentes. Todas las sociedades del mundo utilizan más o menos energía, pero gran cantidad de energía utilizada proviene de combustibles fósiles y nuclear que han generado un nivel de contaminación alto en el medio ambiente [16].

En cambio, la energía renovable destaca porque puede usarse y aprovecharse localmente, ayudando a reducir la sumisión de la población para quienes producen energía, promoviendo el avance de energía sustentable y el progreso económico porque se genera fuentes de trabajo locales [16].

Las fuentes de energía son interminables y se precisan en todo procedimiento que no trastorne la temperatura del planeta, que no produzca residuos irreversibles y cuya tasa de consumo no supere fuente de energía renovable o materias primas utilizadas en ella [16].



### 1.3 Tipos de energía renovable

Se derivan del medio ambiente de recursos naturales, no contaminan el medio ambiente, no se agotan; porque recursos como el sol abundan, o porque son recursos que se pueden encontrar en cualquier parte del mundo.

#### 1.3.3 Energía de viento eólica

Utiliza el viento, que empuja las palas o molinos conectados a un generador. La energía eólica se usa para mover grandes reservas de energía, pero también se pueden usar pequeñas aplicaciones de energía eólica para mover grupos electrógenos con una capacidad de menos de 100 kW, lo que permite que el consumo específico del sitio se ajuste a la demanda del consumidor sin necesidad de un uso intensivo o áreas segregadas[18].



Figura 2. Central Eólica parque Villonaco Ecuador [19].

#### 1.3.4 Energía hidráulica

Se utiliza el agua de los ríos, también llamada hidroeléctrica. Por lo general, se fabrican en represas, donde la energía cinética proviene del movimiento de turbinas hidráulicas para generar electricidad. Es una de las formas más antiguas de electricidad utilizada para generar electricidad. [18].



Figura 3. Central hidroeléctrica Coca Codo Sinclair [19].

### 1.3.5 Biogás y Biomasa

La biomasa aprovecha materia orgánica. Se produce quemando desechos orgánicos de origen animal o vegetal, método ecológico y económico de producir el movimiento de un motor de combustión interna. Como energía, también produce electricidad, agua caliente y calefacción. [20].

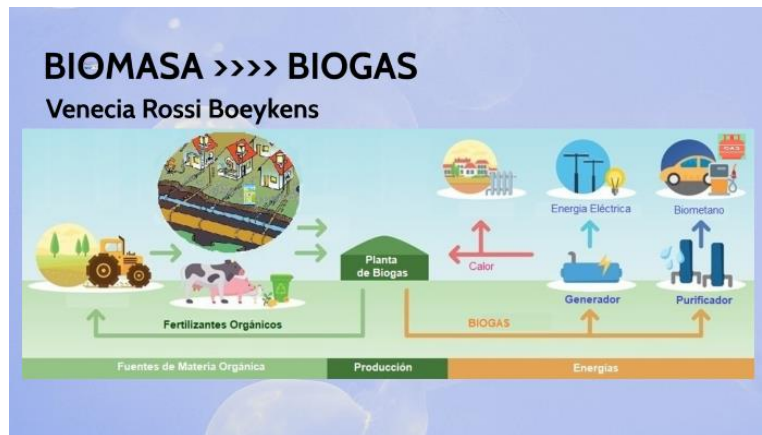


Figura 4. Uso de biomasa o biogás [20].

### 1.3.6 Energía geotérmica

Es energía depositada como calor dentro de la tierra, y se puede utilizar para producir calor y energía eléctrica. Está disponible las 24 horas del día en depósitos ubicados dentro de la superficie terrestre, generalmente en volcanes [18].

Se perforó el primer pozo de exploración geotérmica en Chachimbiro (Imbabura). Estos estudios fueron financiados con fondos proporcionados por el estado japonés. Actualmente, el nivel de energía es mínimo para y el estado no satisface las necesidades eléctricas, pero la necesidad de energía progresa a 4,9% por año, lo que se requiere una adecuada planificación para evitar futuros desabastecimientos. [21].

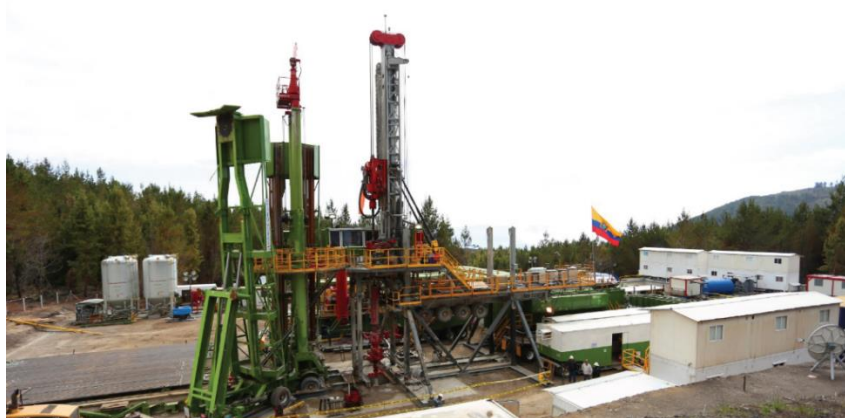


Figura 5. Central geotérmica de Chachimbiro Ecuador [21].

### 1.3.7 Energía de marina

Esta energía marina se derivada por la fuerza de las mareas o de olas y se puede obtener electricidad. La energía del mar puede ser calor, luz o termoelectricidad de acuerdo con la necesidad de la población [18].

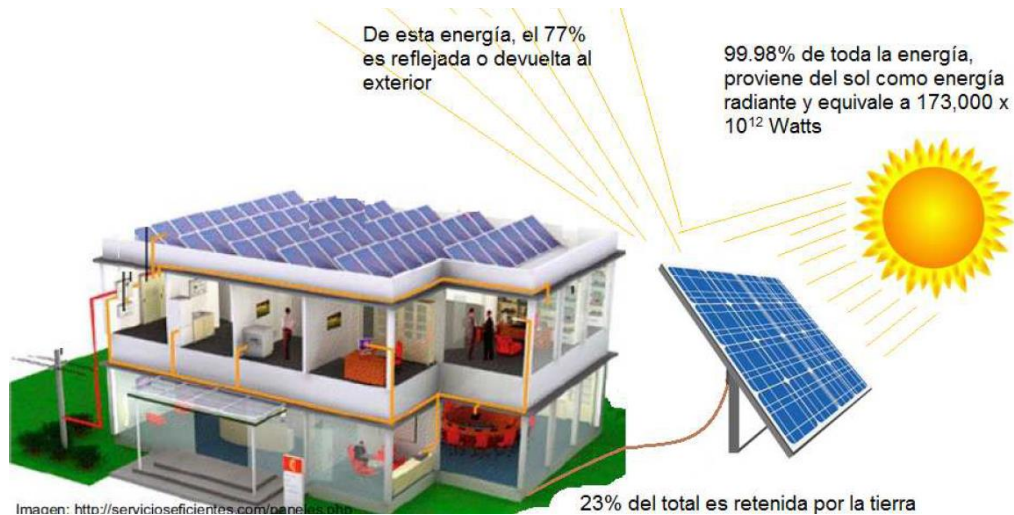


Figura 6. Energía mareomotriz Galápagos [22].

La energía marina es obtenida por el aprovechamiento de la marea por medio de un generador, el sistema puede ser utilizado para generar electricidad, convirtiendo así la energía de las mareas en electricidad más segura y fácil de usar [22].

### 1.3.8 Energía del astro

La energía del astro llega a la tierra a través de la fusión nuclear en el espacio como rayos de energía conocidos como fotones que están en el ambiente. Sin el sol, no existiera vida en la tierra, fuera un planeta frío, ningún tipo de planta crecería excepto las bacterias. Toda nuestra energía proviene indirectamente del sol en forma de petróleo, que fue generado por árboles antiguos y han crecido bajo el sol y se han transformado durante miles de años además La energía hidroeléctrica y eólica también son producidas por medio del sol [23].



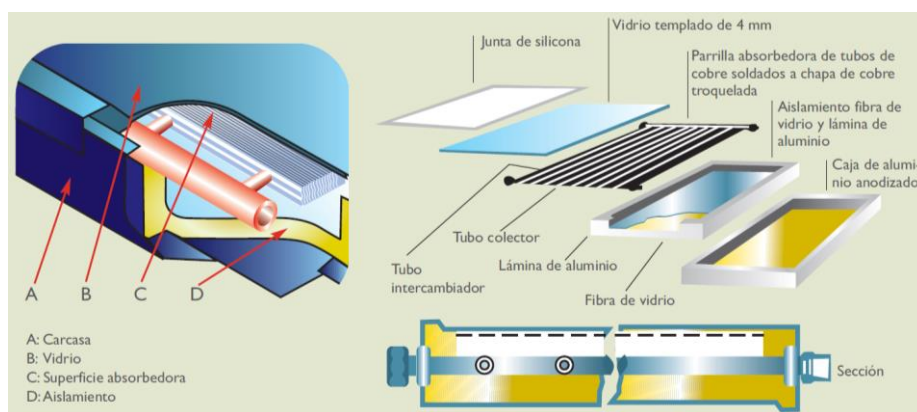
**Figura 7.** Energía solar como fuente de energía eléctrica [13].

#### 1.4 Principal uso de energía solar

Durante siglos, el sol es el origen de toda ser vivo en el planeta y se ha utilizado para muchos campos de actividad: industrial, construcción y agricultura, etc.

El sol se utiliza como energía en dos formas:

- Calor de baja y media temperatura.
- Energía térmica y fotovoltaica [15].



**Figura 8.** Elementos de un captador solar térmico [15].

##### 1.4.1 Análisis de la Radiación del sol en Ecuador

El valor promedio de la irradiancia solar total en Ecuador es 4200 kWh/año que es mucho más alto que en España que tiene un valor de 1400 kWh/año  $m^2$ , los diferentes tipos de condiciones atmosféricas y topográficas del Ecuador va de las Galápagos hasta el Oriente ecuatoriano, esto permite tener diversos valores de radiación y permite calcular el tipo de



instalación para cubrir las necesidades de energía para la provincia de Sucumbíos en el centro comercial Paredes [24].

#### 1.4.2 Radiación solar provincia de sucumbíos

La ubicación de la provincia nos brinda una mayor radiación solar durante el año lo que ayuda para el rendimiento de cada panel solar fotovoltaico de acuerdo con los siguientes valores de radiación: la irradiación normal directa es  $1005.7 \text{ kWh/m}^2$ , la radiación horizontal es  $1656.1 \text{ kWh/m}^2$ , y la difusa es  $927.2$ , e irradiación inclinada global en ángulo óptimo es  $1661.3 \text{ kWh/m}^2$  [24].

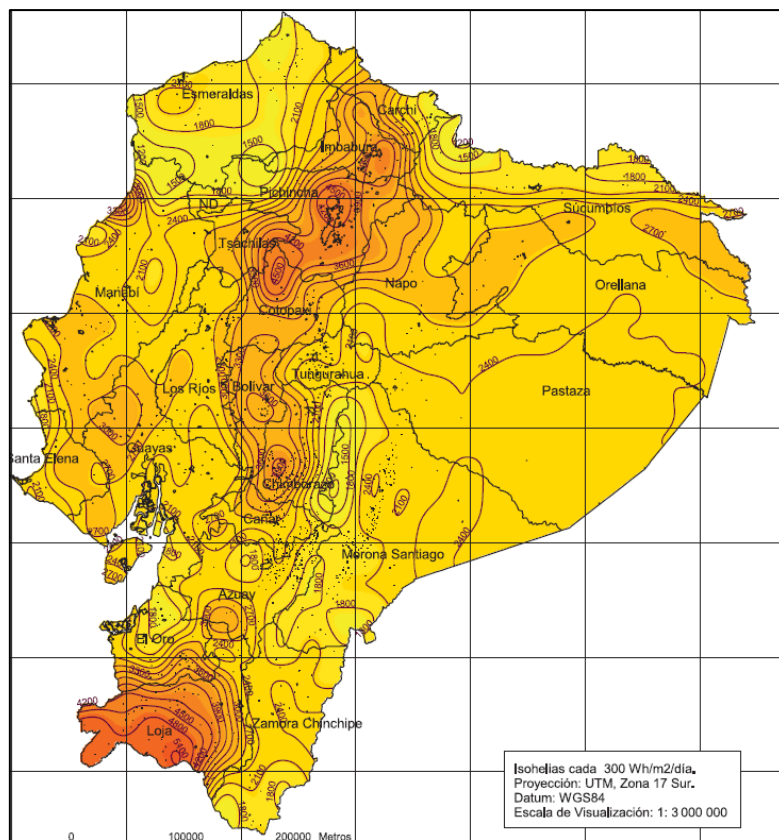


Figura 9. Mapa solar del Ecuador 2021[24].

#### 1.4.3 Tipos de radiación solar

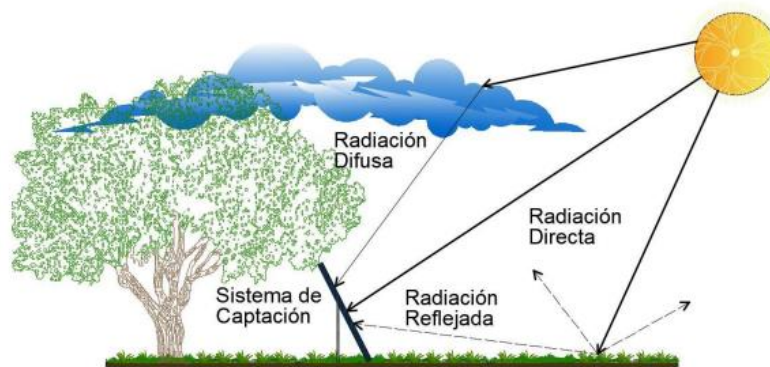
La energía o luz solar se considera continua cuando llega en forma directamente en la superficie de la tierra y tiene un ángulo en línea recta precisa.

La radiación difusa toma este nombre porque va en diferentes posiciones por la reflexión y dispersión sobre la atmósfera.

Esta combina la radiación difusa y directa obtenida por la reflexión del suelo u otras áreas adyacentes. superficie con un ángulo único.



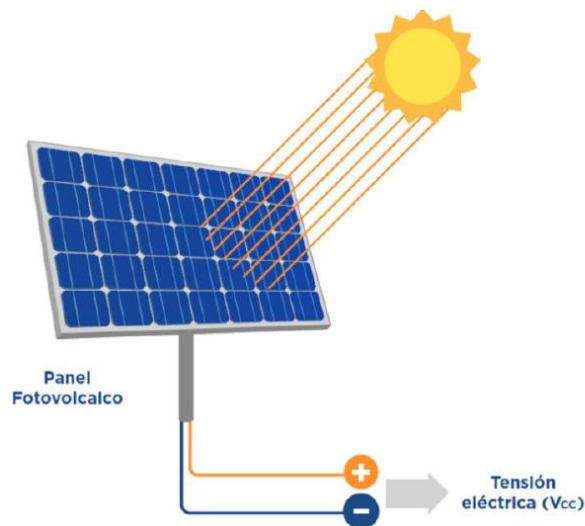
Luminiscencia irradiada: es la coalición de la radiación inmediatamente e imprecisa que absorbe el piso y en varias superficies cercanas.



**Figura 10.** tipos de radiación solar [25].

### 1.4.1 Energía fotovoltaica

Está diseñada para convertir la luz solar en electricidad, tomando como base fundamental el efecto fotoeléctrico, se utiliza un dispositivo llamado celda fotovoltaica, que es un semiconductor frágil para la energía solar y al exponerse a ella, la corriente fluye a través de la celda. y los elementos del sistema van a depender del tipo de aplicación para la generación eléctrica que puede ir conectado en la red pública y de los cuantificaciones necesarias hacia la instalación de los dispositivos.



**Figura 11.** Energía solar fotovoltaica.

Las instalaciones fotovoltaicas aisladas incluyen equipos para la producción, regulación, almacenado y conversión de electricidad para convertir la energía solar se utilizan los siguientes elementos [25].

### 1.4.1.1 Método fotovoltaico en la unión en la red pública

Este método es autónomo aislado de la red porque almacena la electricidad generada en la batería y el sistema se usa comúnmente en lugares donde no hay red de distribución pública y en algunos casos se usa como fuente secundaria usando baterías para almacenar la energía generada. garantizar la independencia de estos sistemas a lo largo del tiempo sin luz solar [26].



Figura 12. Sistema solar fotovoltaico sin conexión a la red.

### 1.4.2 Sistema fotovoltaico aislado

El sistema fotovoltaico autónomo proporciona electricidad a través de un sistema fotovoltaico formado por paneles para proporcionar energía eléctrica en lugares donde no existe electricidad gracias al grupo de baterías que guardan o almacenan la eléctrica obtenida por medio del sol. [11].

Este sistema fuera de la red tiene una amplia gama de aplicaciones que incluyen electricidad en viviendas, sistemas para iluminación, agrícolas, tratamiento y bombeo de agua, señalización, comunicaciones y muchas más [11].

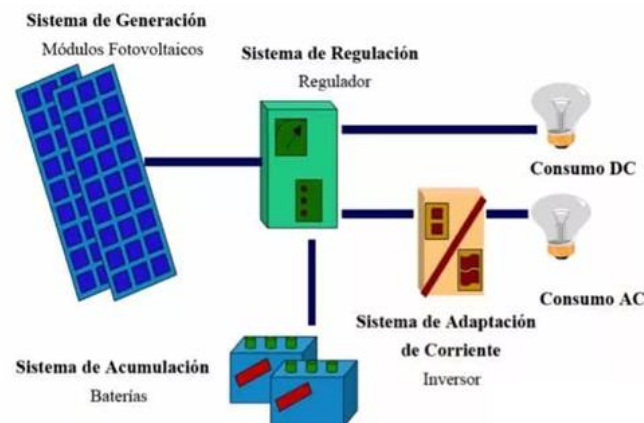


Figura 13. Sistema fotovoltaico aislado [27].

Instalar electricidad a nivel rural mediante el sistema fotovoltaico fuera de la red en hogares y edificios que necesitan electricidad, o simplemente como energía de respaldo

cuando existe un corte de energía. Este tipo de sistema depende del clima y la geografía y debe instalarse para que sea efectivo y funciona.

#### 1.4.2.1 Sistema con conexión en la red pública

Tiene objetivo principal conectarse en la red pública para aumentar los niveles de producción de electricidad transferida en la red mensual o anual. Existen muchas aplicaciones en viviendas o edificios donde se prefiere utilizar energías más limpias, así como reducir costes de consumo de red [11].

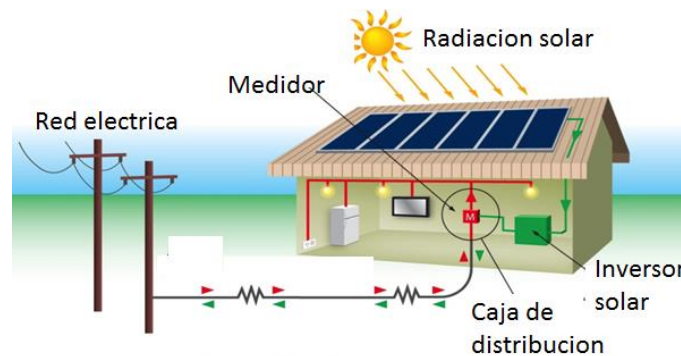


Figura 14. Sistema conectado a la red de electricidad publica [28].

#### 1.4.2.2 Sistema eléctrico híbrido

Es el sistema con apoyo adicional de la energía, obtenida por los combustibles generados del petróleo y de un generador de electricidad renovable, con o sin conexión a la red. El sistema híbrido duplica o aumenta la producción de energía este método permite conectarse y desconectarse de acuerdo con las necesidades de la población [29].

Hay sistemas conectados con dos inversores bidireccionales donde el inversor cambia la corriente en alterna y está integrado como sistema de refuerzo, y generador de electricidad de combustible fósil, convierte la corriente continua para producir CA para alimentar la colección del sistema [29].

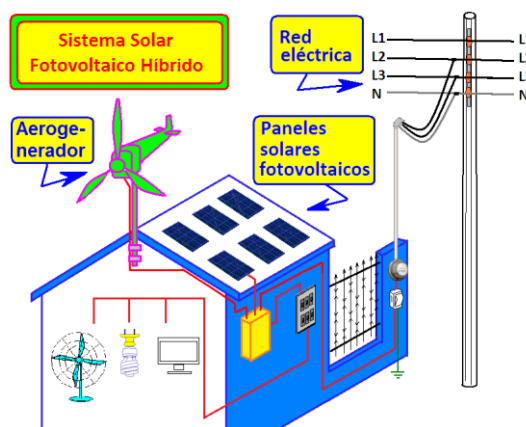


Figura 15. Sistema fotovoltaico híbrido [30].

### ***1.4.2.3 La energía solar fotovoltaica y sus ventajas***

En general, simplemente vincular la generación de energía solar con energía limpia e ilimitada puede tener un efecto positivo en el cambio gradual de las actitudes y hábitos de los consumidores para reducir los costos innecesarios de energía y evaluar los esfuerzos colectivos para rebajar los altos índices de contaminación ambiental [31].

- Energía limpia, ahorro económico.
- Reduce el mantenimiento de instalaciones eléctricas.
- El sistema fotovoltaico se caracteriza por su sencillez y vida útil.
- Es una buena opción para instalar en sectores aislados sin acceso a la energía eléctrica pública.
- Las instalaciones fotovoltaicas reducen los niveles de contaminación.

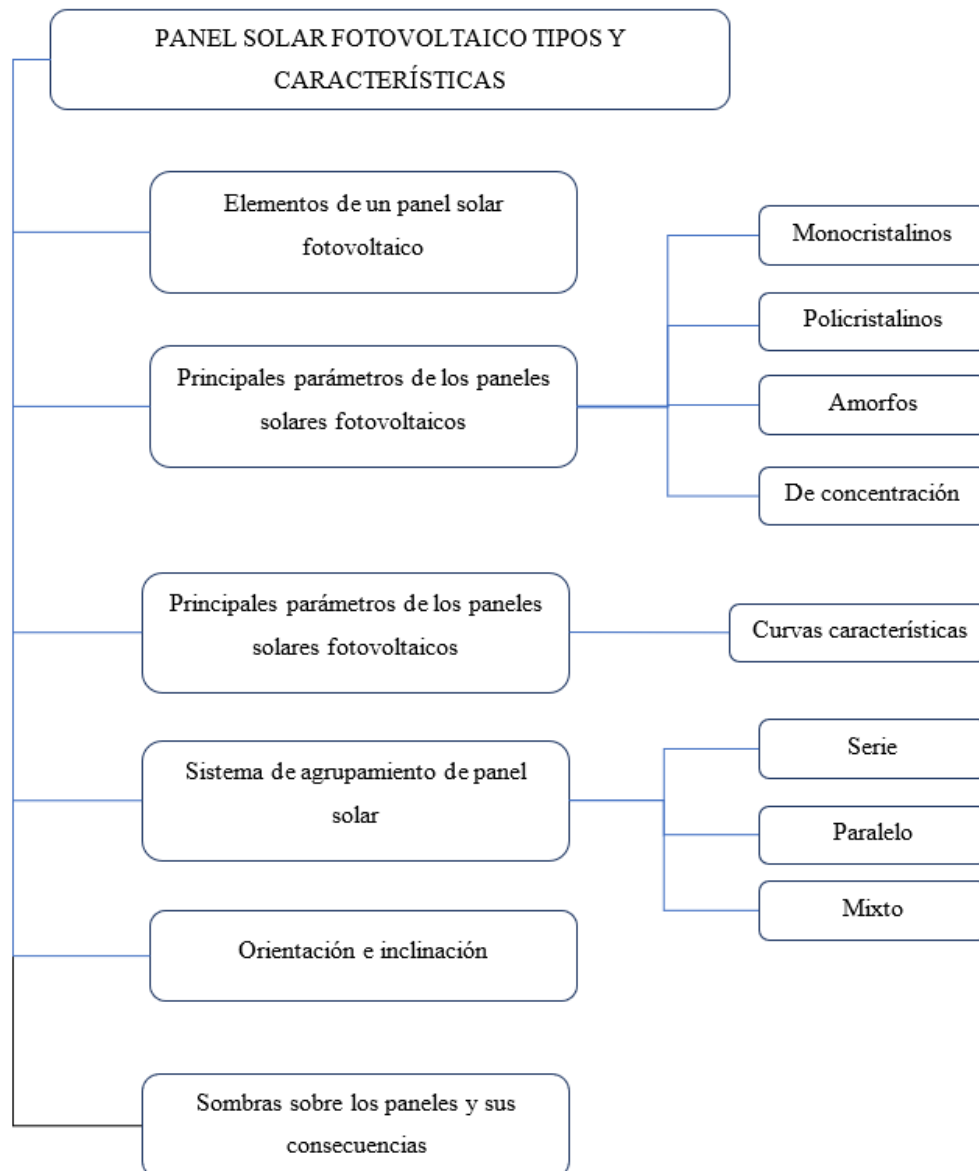
### **1.4.3 Tipos de panel fotovoltaico**

Los tipos de paneles igualmente captan la energía térmica para procesar y convertirla en energía sostenible. El material funciona como un circuito integrado, generalmente revestido con silicio, el mecanismo clave de todas las células solares, es sensible a la luz y genera electricidad cuando está expuesto al sol a través de del fenómeno físico llamado efecto fotoeléctrico.

El módulo fotovoltaico consta de células fotovoltaicas individuales interconectadas para garantizar la correcta inclinación y dirección de los rayos solares, los bloques se agrupan sobre los soportes de estructuras metálicas y las estaciones en salida por bloque reciben y transmiten la energía generada [32].

Es un panel rectangular conformado de un grupo de celdas solares instaladas en un marco de aluminio y vidrio que protege las celdas. La función transcendental del panel solar es soportar mecánicamente las celdillas solares y protegerlas contra los efectos nocivos del mal tiempo. La subsistencia de los paneles fotovoltaicos alcanza los 30 años, aunque los fabricantes ofrecen una garantía de 20 años. El mantenimiento regular incluye la limpieza del vidrio para evitar que la radiación llegue a la fotocélula [32].

Los paneles fotovoltaicos proporcionan voltajes de salida de 12V, 20V, 24V y 30V en función de la cantidad de celdas fotovoltaicas [6]. Las 24 celdas deben conectarse en serie para obtener un voltaje de salida nominal de 12V. La mayoría de los paneles solares comerciales contienen alrededor de 36 células solares [32].



**Figura 16.** Diagrama de flujo de paneles solares.

La eficiencia fotovoltaica se mide entre potencia suministrada por la estación con la potencia radiante solar que llega al área del módulo. El valor promedio utilizado como punto de referencia de radiación es de  $1000 \text{ W/m}^2$ : si reduce 1000 Watts de energía solar por metro cuadrado, su porcentaje de energía realmente convertido en electricidad se convertirá en fabricación. La vida promedio de un módulo solar es 30 años. Los tipos y especificaciones de los paneles solares se enumeran a continuación.

## 1.5 Celda fotovoltaica

Aquí es donde tiene lugar la conversión fotoeléctrica, más comúnmente las hechas de silicio cristalino. La disminución en la irradiación de luz a través de la celda que produce la diferencia útil en corriente y voltaje [25].

Con células fotovoltaicas de silicio se hicieron populares en la década de 1950 cuando se utilizaron para alimentar satélites porque transforman la energía solar en corriente continua [33].

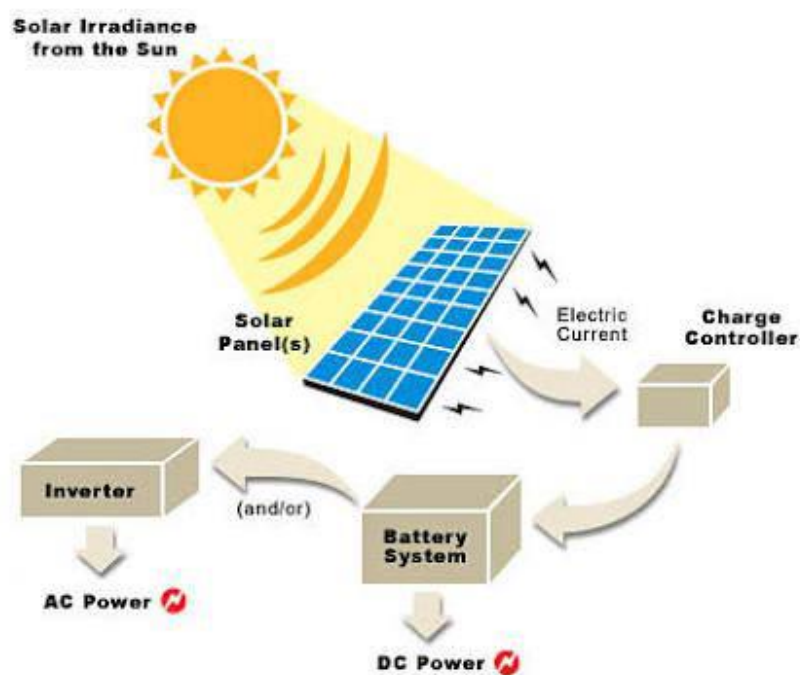


Figura 17. Funcionamiento de la energía solar [33].

### 1.5.1 Placas fotovoltaicas

Son un grupo de células fotovoltaicas que se unen para generar una corriente continua. Para aprovecharlos al máximo, intentamos orientarlos (según la ubicación y la latitud) para obtener el mejor rendimiento.

### 1.5.2 Regulador para carga eléctrica

Su función es proteger la batería de sobrecargas y descargas. De esta manera, se utiliza en la detiene de cargas en circunstancias severas de trabajo brindando datos que servirán para dar mantenimiento a los equipos [25].

### **1.5.3 Ondulador o inversor.**

Convierte la energía continua de 12, 24 y 48V producida por el panel fotovoltaico y almacenada en baterías de energía alterna de 230 V y 50 Hz.

#### **1.5.3.1 Baterías.**

Sirven como almacenamiento de electricidad producida. Las aplicaciones de este tipo suelen utilizar baterías estacionarias cuya característica de rendimiento más importante son los ciclos; en un día la batería puede cargarse descarga durante la noche; el ciclo estacional se superpone al ciclo diario, que se relaciona con períodos de disponibilidad reducida radiación [25].

El cálculo de las instalaciones de aislamiento requiere información sobre el voltaje de energía requerido en el sitio electrificado con disponibilidad de energía solar promedio anual [25].

Debido a los gastos que soporta actualmente esta tecnología, es preferible utilizar dispositivos de bajo consumo, el costo adicional que en ocasiones pueden tener que soportar se compensa con el coste reducido de la instalación fotovoltaica. En cuanto a los componentes del sistema conectado en la red, para el módulo fotovoltaico se utiliza el mismo sistema de aislamiento porque la energía generada se suministra de forma directa en la red pública, el problema vital en este tipo de instalación fue la escasez de baterías el tipo de inversor utilizado, a menudo se utilizan dispositivos más potentes que contienen un regulador de fase para adaptarse a la corriente [25].

### **1.6 Panel solar**

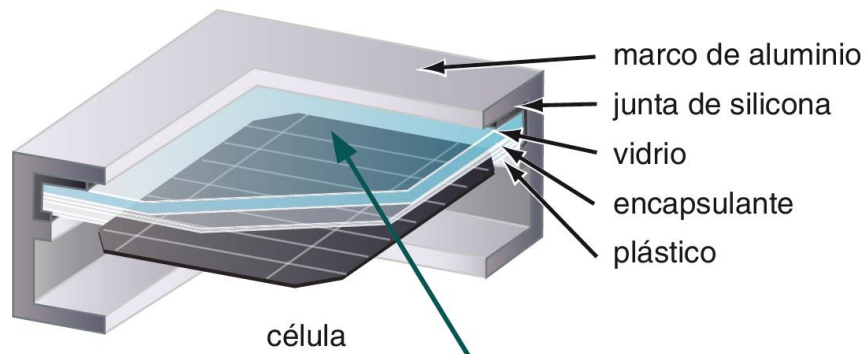
Un módulo fotovoltaico permite agrupar celdas que se conectan por medio de la electricidad y que pueden cerrar y unir a una estructura o marco que sirve de base. Está diseñado para voltajes específicos (6V, 12V, 24V) que suministran un voltaje constante a la salida del inversor que da el voltaje de operación del sistema fotovoltaico [34].

El vidrio sirve para cubrir el panel solar y proteger las celdas solares ante de las inclemencias climáticas.

Es importante proteger el dispositivo de encapsulación del desgaste, humedad y de rayos solares. El marco cuida y alarga la vida útil de la celda, también la conexión evita las vibraciones excesivas.

El panel solar es fácil de instalarse y las celdas solares están conectadas en paralelo o en serie dependiendo de la necesidad de la electricidad. La agrupación de las celdas




suministra un nivel de voltaje preciso e intensidad para el que están diseñados los paneles solares.



**Figura 18.** Principales características del panel solar [34].

El tipo de panel solar está regulado por el fabricante de celdas y la tecnología que ha utilizado en su construcción [34].

**Tabla 1.** Tipo de células solares [34].

Células	Silicio	Rendimiento experimental	Rendimiento real	Característica	Fabricación
	Mono cristalino	24%	15-18%	Es típica y de color azul homogéneos de forma individual entre sí.	Son de silicio y se utiliza el boro.
	Poli cristalino	19-20%	12-14%	Su superficie está conformada por cristales de distintos colores	Como un solo cristal Sin embargo, el número de fases cristalizadas disminuye.
	Amorfo	16%	<10%	es un color uniforme (Marrón), pero no hay una relación obvia entre las células	Son en forma de lámina delgada de vidrio, plástico

### 1.7 Diferencia de los controladores de carga PWM y MPPT

Cuando se trata de configuraciones aisladas, uno de los factores más diferenciadores es posiblemente el controlador de carga que es el encargado de manejar el flujo de energía fotovoltaico (panel) y la batería y coordinar su carga. A partir de ahí, se pueden distinguir diferentes tecnologías nominales porque el voltaje de funcionamiento y el tiempo en el que el panel produce la máxima potencia son diferentes, PWM y MPPT [35].



#### 1.7.4 Controlador MPPT

El regulador MPPT, en contraste del ordenador PWM, consta de un convertidor de tensión DC-DC y tiene un diodo de protección sintonizado sobre sitio de máxima fuerza. Esto permite que la energía fotovoltaica junto con baterías (convertidor voltaje DC-DC) operen con diferentes capacidades (voltaje y corriente). El rastreador MPPT luego ajusta el voltaje operativo del campo fotoeléctrico al voltaje máximo [35].

La principal diferencia entre MPPT y PWM tienen diferentes voltajes, corrientes de entrada y salida. En comparación con el controlador PWM, puede aumentar el voltaje en el panel solar hasta el 30 % de producción generada [35].

La principal ventaja es la gran diferencia de potencial en el campo fotoeléctrico puede reducir la pérdida de energía debido al bajo voltaje. Esto permite que el controlador MPPT sea muy útil y versátil e imprescindible en presencia de campos fotovoltaicos de media y alta potencia donde el objetivo es generar la máxima potencia posible de esta forma.



Figura 19. Controlador MPPT [35].

El controlador de carga PWM es la tecnología más antigua y apareció por primera vez en el mercado. Solo hay un diodo dentro del controlador de carga PWM (modulación de ancho de pulso), que impulsa la placa con el mismo voltaje que la batería. Esto significa que las potencias de entrada y salida del controlador son las mismas (voltaje y corriente). También significa la energía que puede proporcionar la batería, ya que el panel no funciona a su máxima capacidad. El rendimiento depende de la prestación de ese estado. Esto generalmente resulta en un corte de energía del 25-30%. [35].

El controlador PWM permite gradualmente cargar la batería de acuerdo con el pulso de voltaje. De esta manera, la corriente se introduce gradualmente hasta que la batería se carga completamente de manera continua. Resumiendo, el controlador de carga con PWM de 12V se usa con la placa "12V" y si es un PWM de 24V se debe usar una placa "24V" [35].



**Figura 20.** Controlador de carga PWM.

### **1.8 Conclusiones del capítulo I**

De la investigación teórica se recopiló la información necesaria que servirá como base principal en el desarrollo de la investigación permitiendo aplicar formulas, métodos y diseños planteados en varios proyectos realizados en el país como tesis, artículos científicos donde evidencian los procesos a seguir para transformar la energía solar y de esta forma obtener energía limpia que disminuye el impacto ambiental.

## CAPÍTULO II

### CONDICIONES DE DISEÑO DE PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO

El dimensionamiento para los paneles solares es una presentación teoría de trabajo mediante investigaciones como tesis, libros y artículos científicos que, con exactitud, claridad brindará soluciones a los problemas planteados y por lo tanto proponer, a partir de los cuales es posible evaluar el nuevo aporte que traerá la investigación propuesta.

#### 2.1 Transmisión de calor

La transmisión calorífica se transfiere al cuerpo con mayor temperatura a otro, como en el sólido o líquido, a una temperatura diferente de la temperatura ambiente a diferente temperatura corporal, transferencia de calor, también conocida como intercambiadores de calor[36].

El calor o el calor se transfiere al cuerpo y su entorno consigue equilibrar la temperatura y se transfiere del cuerpo caliente a un cuerpo frío de acuerdo con la ley de la termodinámica que indica cuando existe diferencia de temperatura entre dos cuerpos que están cerca, de lo contrario, la transmisión de calor no se puede detener solo se ralentiza [36].

#### 2.2 Transmisión de calor por radiación

La radiación es la transferencia de calor a través de ondas electromagnéticas como la radiación visible, infrarroja y ultravioleta. La tasa de energía radiante en una superficie es proporcional a su área superficial, A, y aumenta rápidamente con la temperatura T a la cuarta potencia de la temperatura absoluta. (Kelvin). El flujo de calor del cuerpo caliente a la temperatura T se define como: [37].

$$H = eA\sigma(T_s^4 - T_\infty^4) \quad (1)$$

Por lo cual e, es la emisión del material y a es adimensional entre 0 a 1 y relaciona la intensidad de calor de la superficie. La emisividad de e es generalmente más alta para superficies negras que para superficies transparentes. Por ejemplo, un radiador, tiene el problema de la emisión 1 [37]. También  $\sigma$  es constante física fundamental se llama la Stefan Boltzmann:

$$\sigma = 5,670 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4 \quad (1)$$

## 2.3 Radiación y absorción

El objeto genera la radiación en temperatura  $T_s$  además absorbe radiación del ambiente a la temperatura  $T_s$  [37]. El cuerpo radiante y absorbente tiene un flujo de calor neto definido por:

$$H_{neto} = eA\sigma(T^4 - T_s^4) \quad (2)$$

La fórmula  $H$  tiene un valor positivo de salida neta.

## 2.4 Como medir la radiación del sol

Los científicos comprobaron el aumento de calor a causa de los rayos del sol recibida por terrenos delimitados en varias fases del año e inmediatamente compararon con el aumento de energía del sol recibida por climas de la misma latitud. Las mediciones solares generalmente se formulan a manera de irradiancia en el plano horizontal irradiado sobre un área adyacente al sol mediante antecedentes de luminiscencia de sistemas de energía solar generalmente se expresan en ( $\text{kWh}/\text{m}^2$ ) kilovatios/hora por metro cuadrado. Los promedios de calor solar se formulan en ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) vatios por metro cuadrado [37].



Figura 21. Dispersión, reflexión y absorción de la luz [38].

### 2.4.1 Reflexión (Albedo)

La reflectancia o relación de la radiación reflejada desde el suelo se llama albedo y tiene un valor promedio del planeta del 30% porque el calor se disipa causando impacto sobre el recalentamiento del ambiente [38].

La correlación del albedo, relación se ve reflejada en la siguiente ecuación

$$A\% = \frac{R}{H} \cdot 100$$

Donde:

A% = Albedo

R = radiación reflejada

H = incidente de la radiación

Por lo tanto, varía en el lugar y tiempo, según la cobertura de nubes, las propiedades de la superficie, la inclinación de la luz solar. La luna también tiene albedo en un valor 12% porque carece de la capa atmosférica además es muy brillante durante la luna llena [38].

#### **2.4.2 Características de la radiación solar**

Se extraen parámetros que son los más relevantes en el momento de calcular el potencial eléctrico de la radiación solar siendo los siguientes

#### **2.4.3 Irradiancia**

Descrito como la viscosidad de fuerza en irradiación solar que llega al plano y expresado como ( $W/m^2$ ).

#### **2.4.4 Irradiación**

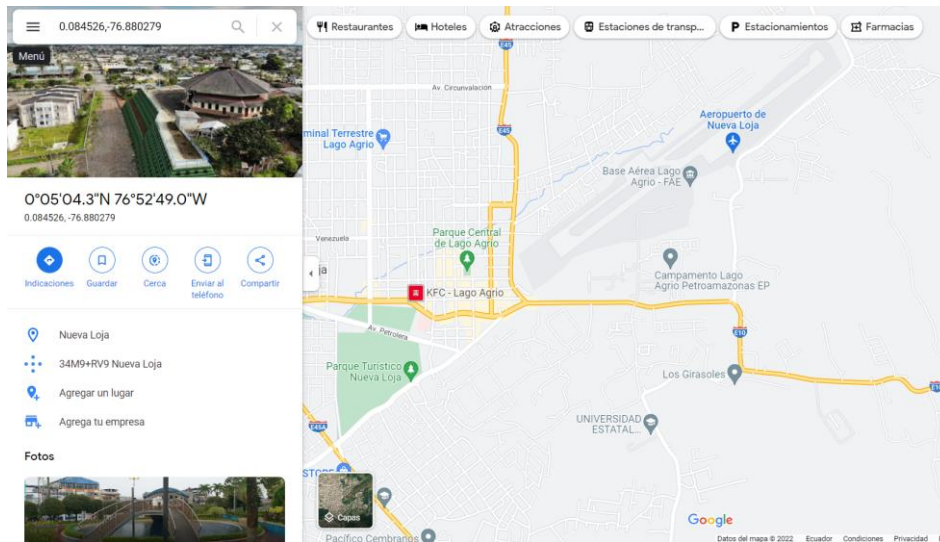
Describe la capacidad en densidad en la radiación solar que incide en un área específica y se expresa en unidades de ( $Wh/m^2$ ). Las constantes para los cálculos son las siguientes:

- Radiación solar: ( $63450720 W/m^2$ ).
- Invariable solar ( $1353 W/m^2$ ).

### **2.5 Ubicación geográfica centro comercial Paredes**

El presente estudio se realizará en Ecuador en la provincia de Sucumbíos situado al norte del país, conocida también como región amazónica donde está ubicada el cantón Lago Agrio, aquel cantón cuenta con una población mayor de 110000 habitantes siendo el cantón más poblado de la provincia de Sucumbíos.

La energía eléctrica de la zona es generada por los combustibles fósiles, lo que no ayuda de ninguna manera al calentamiento global que está viviendo el planeta. Por lo tanto, algunos habitantes han hecho conciencia sobre el uso de energía renovables que se pretende implementar mediante un sistema fotovoltaico para este negocio comercial ubicado en el centro de la ciudad, Nueva Loja, como un servicio básico para desarrollo en la presente ubicación se implementara los paneles solares fotovoltaicos para la generación eléctrica.



**Figura 22.** Ubicación de la zona del proyecto.

### 2.5.5 Tiempo de luz

Está establecido en el movimiento oblicuo supuesto del sol a través de la atmosfera, al mediodía, el sol está en la parte más alta y se cruza con el meridiano del observador, su ecuación calculada se expresa:

$$T_{\text{luz}} = T_{\text{estandar}} + 4 (L_{\text{st}} - L_{\text{loc}} + E) \quad (3)$$

Donde:

$L_{\text{st}}$  = tiempo local

$L_{\text{loc}}$  = localización en grados

$E$  = formula del tiempo

$$E = [229,2(0,000075 + 0,001868 (\cos B)) - 0,032077(\sin B) - 0,014615(\cos 2B) - 0,04089(\sin 2B)] \quad (4)$$

Por lo tanto, el valor de B es el siguiente:

$$B = \left[ (n - 1) * \frac{360}{365} \right] \quad (5)$$

### 2.5.6 Parámetro de diseño del sistema

Esto se conoce como dimensionamiento o diseño de sistemas solares fotovoltaicos para varias empresas que optimizan la producción de energía por medio del sol manteniendo un buen equilibrio de economía y técnicas entre ellos [24].

El primer aspecto al que debemos prestar atención al implementar un proyecto es el consumo de energía razonable para saber cuánta potencia se necesita.

En el caso de electrificación, se toma los parámetros y características eléctricas de los equipos, así como la vida útil del sistema eléctrico, es necesario evaluar y estudiar la capacidad de la corriente y voltaje de operación del equipo y las horas de operación se debe diseñar a futuro para ampliar el campo eléctrico. Los sistemas fotovoltaicos pueden alimentar cualquier dispositivo eléctrico. La tabla 2 muestra la potencia y el consumo promedio de algunos de los dispositivos [24].

**Tabla 2.** Consumo promedio de varios artefactos eléctricos [24]

<b>ARTEFACTO</b>	<b>REQUERIMIENTO DE POTENCIA</b>
Lampara fluorescentes	8-23
Focos	15-40
Minicomponente y radio	25-1000
Televisión pequeña plasma	12-30
Televisor grande plasma	15
Portátil pequeña	40
Refrigeradores	150
Microonda	100-400
Calentador eléctrico	1000
Aire acondicionado	1500

### 2.5.7 Dimensiones de los paneles solares

Finalmente, se debe evaluar el dimensionamiento la disponibilidad de lugar donde se va a implementar los paneles solares por lo tanto el sistema solar fotovoltaico se calcula mediante la ecuación que mide.

- Consumo promedio diario.

$$W_{hd} = W \cdot h \quad (6)$$

Donde:

$W_{hd}$  = Consumo de energía diario (W/h)

W=Potencia del equipo (W)

h= horas diarias de uso

- Cálculo del número de paneles solares

$$n_{\text{panel}} = \frac{W_{hd}}{(P_{PMM} * HSP * PR)} \quad (7)$$

Donde:

$n_{\text{panel}}$  = cantidad de panel solar

$W_{hd}$  = Consumo de energía diario (W/h)

$P_{PMM}$  = Potencia pico estándar de medida STC

HSP = hora pico de sol

PR = Factor de funcionamiento entre 0,65 a 0,90

- Capacidad de banco de baterías

$$cnd \text{ (Ah)} = \frac{cmd * (Wh)}{V_{bat}} \quad (8)$$

Por lo tanto:

cnd (Ah) = batería en amperios

cmd = gasto medio de energía

Wh = Watios

Vbat = Voltaje total

### 2.5.8 Orientación de paneles solares

La cantidad de radiación incidente sobre el módulo fotovoltaico y depende de la inclinación de la placa con el ángulo que índice en el plano uniforme de la faceta de la sección del panel al coincidir con la irradiación del sol [39].

La pendiente óptima de los paneles durante la instalación, durante los meses de verano, será la latitud de su ubicación menos 10 grados, y en los meses de invierno la latitud de su ubicación será más 10 grados. Uso en verano inclinación óptima = latitud de la casa - 10° Uso en invierno inclinación óptima = latitud de la vivienda 10° [40].



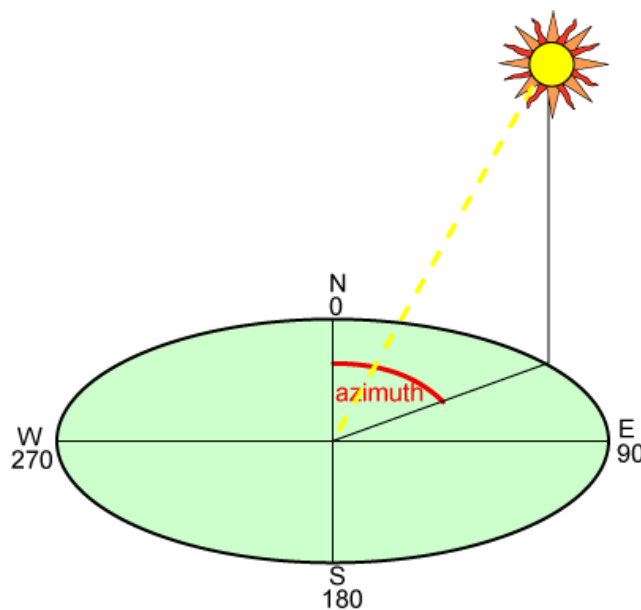


**Figura 23.** Inclinación y orientación solar óptima para paneles solares [40].

### 2.5.9 Orientación o acimut ( $\alpha$ )

Es la proyección en el plano horizontal formando un ángulo perpendicular del módulo y el meridiano local con la dirección sur ubicado el panel fotovoltaico pertenece al origen de  $0^\circ$ , el oeste es  $90^\circ$ , el norte es  $180^\circ$  y el este es  $270^\circ$  [39].

Cuando el sol está en un eje perpendicular a la tierra sale al este y se coloca al oeste sin tomar en cuenta la latitud, el acimut al empezar el día es de  $90$  grados y en la noche llega a  $270$  grados. Sin embargo, por regla general, el azimut depende de la latitud y la estación, mediante las fórmulas se calcula la ubicación del sol en el día [41].



**Figura 24.** Angulo acimut [41].

### 2.5.9.1 Ángulo de inclinación o elevación ( $\beta$ )

Este es el ángulo a partir del cual se forman en el área del panel fotovoltaico en un plano horizontal de cero grados y de 90 grados en posición vertical.

En un entorno fijo, este ángulo es relativo en la latitud donde se instala el panel solar y el aumento de energía se almacena en el panel cuando estos son perpendiculares a la luz del sol en algunos proyectos el panel solar es inestable, en aquellas aplicaciones donde el panel se coloca fijo, es necesario encontrar la posición óptima del panel [39].

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69|\varphi| \quad (9)$$

Por lo tanto:

$B_{opt}$  = Tendencia máxima anual de energía

$|\varphi|$  = Latitud de instalación en grados sexagesimales.

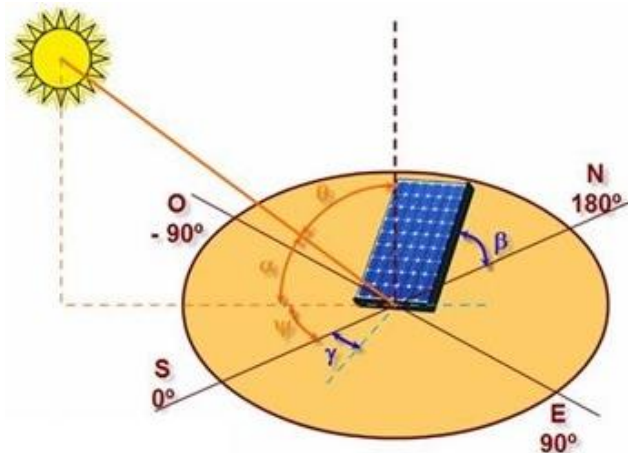


Figura 25. Ángulo de orientación e inclinación del panel [42].

### 2.5.9.2 Inversor

Los inversores son circuitos electrónicos alimentados, hechos de transistores o tiristores, y el objetivo es transformar energía generada en el panel solar en energía eléctrica, es decir, la corriente es convertida en una función senoidal, permitiendo que los equipos eléctricos funcionen sin problemas cuando a la red de debe suministrarle corriente alterna a 120 voltios o 220 voltios [43].

El objetivo característico del inversor es cambiar la energía continua en alterna con una periodicidad de 50 o 60 Hz. Este es un componente importante de las subestructuras

fotovoltaicas y en su totalidad las fuerzas a las que están expuestas son de corriente alterna [43].

El inversor es la fuente de alimentación conocido como inversor reactivo es el mismo tipo de inversores de las centrales generadoras de electricidad en los hogares y residencias.

El principio del método de derivación se realiza por el hecho de que el transistor base cambia la polaridad de CC de positiva a negativa en sesenta veces por cada segundo, simulando una onda sinusoidal de tipo cuadrada después el transformador aumenta o disminuye el voltaje, con la cantidad de giros de cable utilizado para obtener el voltaje de CA necesario para el proyecto de investigación [43].

Para el inversor, debe saber la fuente de alimentación que se utilizará, en términos de capacidad, voltaje y corriente, la cantidad de salidas MPPT, debe saber si se conectará en serie o en paralelo [43].



Figura 26. Inversor fotovoltaico [44].

Por lo tanto, para la potencia del inversor se debe utilizar la ecuación

$$P_{instalada} = n_{paneles} \cdot P_{panel} \quad (10)$$

Donde la potencia del inversor toma como referencia la potencia a instalarse con el factor de seguridad promedio de 10 %.

### 2.5.10 Baterías para almacenamiento

La batería almacena energía para transformar energía química en eléctrica. El proceso en la planta fotovoltaica y el propósito de la batería en el sistema es el siguiente:

- Reserva de marcha para determinados días [45]
- Potencia elevada en instantes.
- Tensión fija de trabajo.

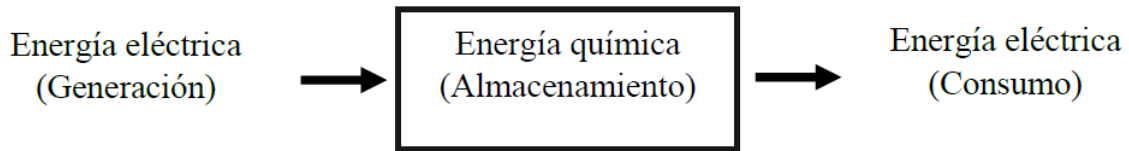


Figura 27. Ciclo de trabajo de una batería [45].

## 2.6 La profundidad de descarga de una batería solar

Es la relación de la carga extraída con la capacidad nominal de la batería, expresada por porcentajes. Como ejemplo una batería cargada a 250 Ah se ha descargado en 100 Ah, lo que significa que la profundidad de descarga ha estado expuesta al 40 % de la carga total de la batería [46].

### 2.6.1 Vida útil de una batería

Hablando del tiempo de carga de la batería, se toma los ciclos de carga y descarga que soporta la batería desde el inicio de su trabajo hay que tomar en cuenta que la duración del acumulador es igual a la profundidad típica de descarga. Si la vida de una batería es de 180 ciclos al 80 % de DOD, y si la descarga se reduce en un 30 %, la vida de la batería será más de 1000 ciclos. [46].

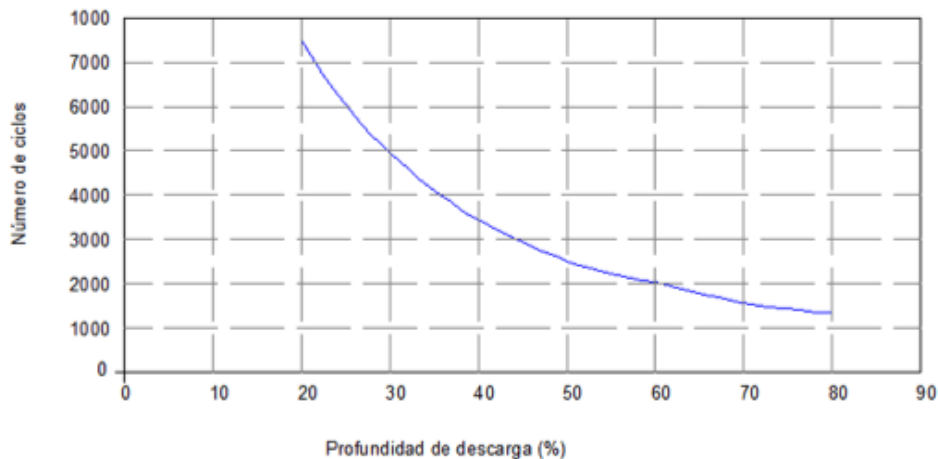


Figura 28. Vida útil vs profundidad de descarga de baterías [46].

## 2.7 Cable eléctrico fotovoltaico (FV/PV)

También se llama cable fotovoltaico, tiene un único núcleo que se utiliza para conectar paneles de sistemas de energía fotovoltaica. Un sistema fotovoltaico o paneles solares es un método de generación eléctrica mediante la captación de luz solar para producir electricidad mediante conversión del calor del sol. La electricidad se genera a nivel de

placa requiere un cable para alimentar y almacenar la energía estos cables tienen un diseño especial de acuerdo con el tipo de aplicación que requiere la investigación [47].

Los requerimientos para la construcción son:

- Cable 18 AWG, aluminio o cobre.
- Aislante
- Voltaje entre 600 V a 1000 V -2000 V.
- Resistente a la luz solar.
- Temperatura a 90°C dependiendo del ambiente húmedo o seco.

El esquema de la figura 29 presenta el tipo de cable y conexión es obligatorio en la instalación de panel sola de una casa o residencia.

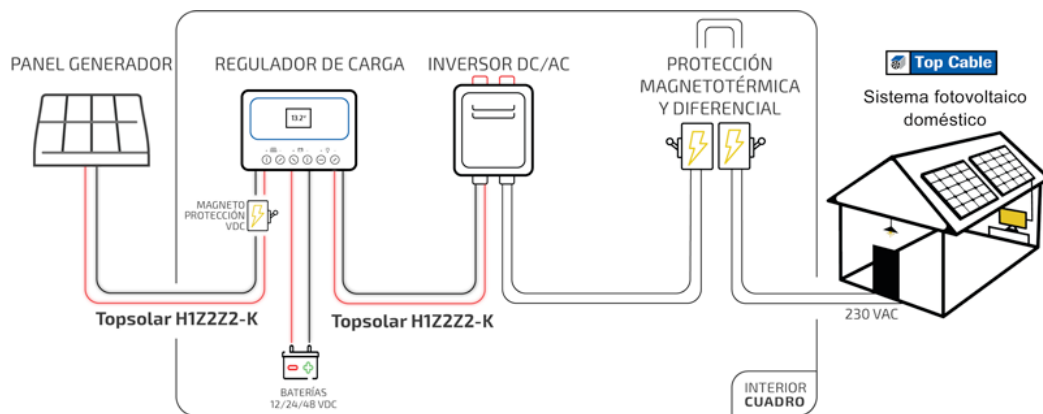


Figura 29. Sistema fotovoltaico doméstico [47].

## 2.8 Panel para conexión serie

El determinar la máxima potencia del panel a ser conectados en serie para el convertidor se utiliza la “división entre la tensión máxima del inverso y el voltaje sin carga” del  $V_{oc}$ , para ver cuántos paneles se puede instalar.

$$N_{serie,max} = \frac{V_{inv,max}}{V_{oc}} \quad (11)$$

Cabe señalar que el inversor también tiene el rango de operación que se muestra en la hoja de datos y, por lo tanto, debe tener un voltaje y un número mínimos de paneles solares para poder operar.

$$N_{serie,mx} = \frac{V_{inv,max}}{V_{mp}} \quad (12)$$

Para conectar en serie un panel solar la capacidad de trabajo mínima es de 200 W y alcanza un valor de 260 W, consta de sesenta celdas diseñadas para un voltaje de 24 o 48 voltios. En el caso del tendido, los paneles solares se conectan directamente el ánodo con el cátodo, para la unión en paralelo es diferente porque en paralelo la corriente se almacena y el voltaje aumenta [48].

Tomando como ejemplo, 4 paneles de 260 watts 8,34 amperios y 31 voltios como voltaje de pico se obtiene 260 watts o de voltaje de 124 con amperaje de 8,34 para el panel solar, fue obligatorio utilizar un MPPT de alto voltaje, que aumenta la generación. Por medio de MPPT aumenta la capacidad al 25% de producción por lo tanto este modelo de panel sirve para instalaciones domesticas porque tienen la capacidad de catar energía necesaria para la generación eléctrica. En caso de que los paneles solo estén conectados en serie, se recomienda utilizar el controlador MPPT: Damia 40A o 20 Solar MPPT Controller [48].

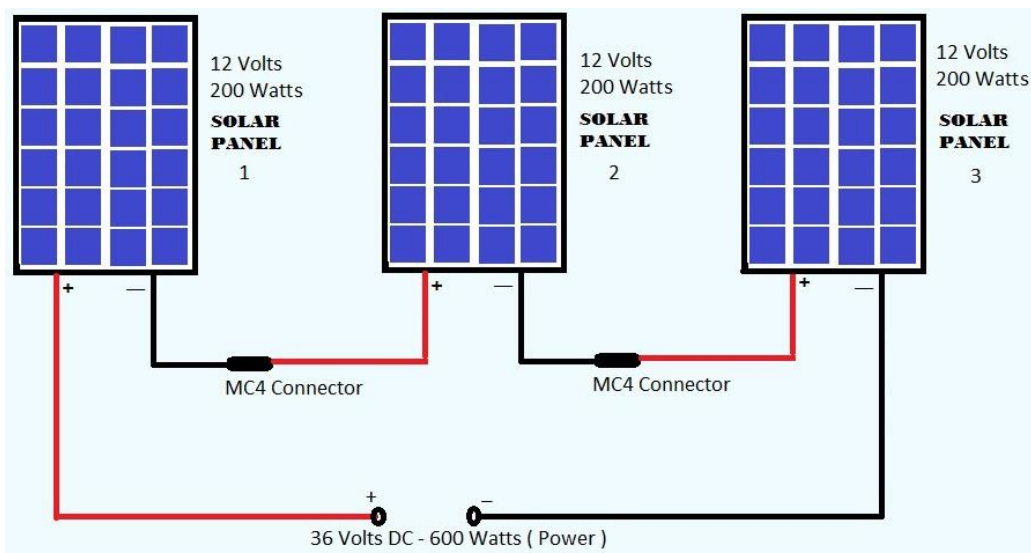


Figura 30. Conexión serie de placas solares [48].

### 2.8.1 Panel en paralelo

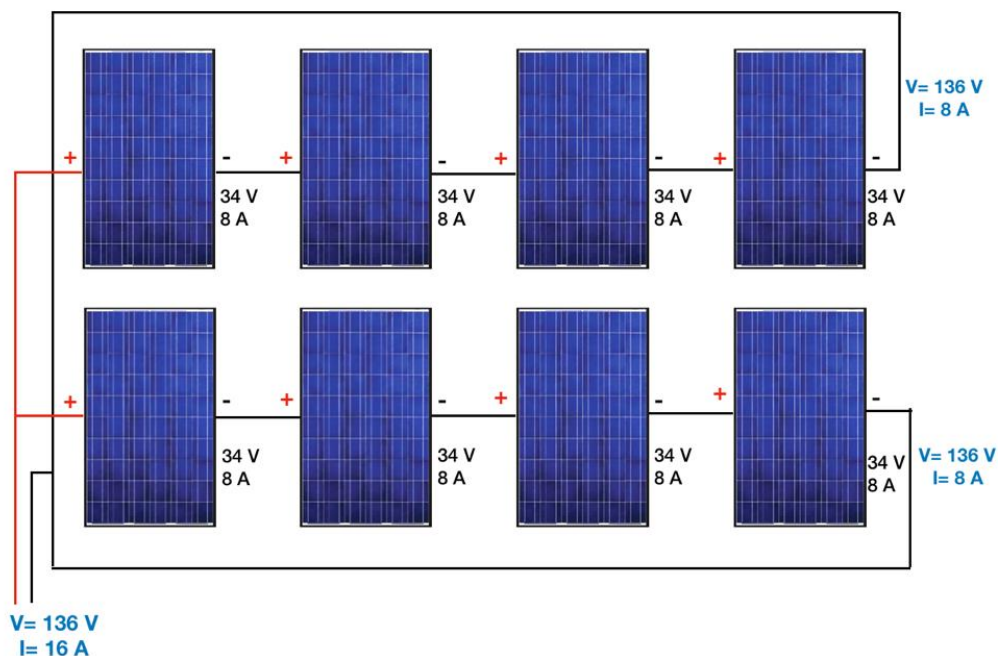
Al igual para la unión en serie se toman la corriente máxima por MPPT trazada por el cortocircuito  $L_{sc}$  y calculándola mediante la siguiente formula.

$$N_{\text{parelo.max}} = \frac{I_{\text{inv,max}}}{L_{sc}} \quad (13)$$

La conexión en paralelo conecta los polos positivos del panel solar a ser montado con el panel solar de un lado conectando extremos negativos con el otro extremo de esta forma se conserva la tensión (voltios) del panel solar que agrega corriente (amperios). Si se conectan cuatro unidades en paralelo se obtiene el voltaje de 140 vatios, 7,9 amperios y

12 voltios, obtendrá 560 vatios y 31,6 amperios a 12 voltios se recomienda que se utilice conectores dúplex MC4 para conectar dos paneles en paralelo, porque forman una segura conexión resistente al agua y a la intemperie y fallan los relés [48].

En caso de que los controladores de los paneles estén conectados en paralelo, utilice siempre un controlador PWM convencional, por ejemplo, ecosolar Led 20 A, ecosolar 30 A con pantalla o ecosolar 80 A, controlador de energía solar con pantalla. Se utilizará siempre la unión en paralelo en paneles solares de 12 y 36 celdas que fabrica Ecosolar en potencia de 130W y 140W, además el panel tiene un voltaje de 24V y 72 celdas de 180W y 190W. Los paneles de 36 y 72 se conocen frecuentemente como paneles aislados y demandan un controlador solar básico (PWM) [48].



**Figura 31.** Ejemplo de Conexión en paralelo [49].

En este tipo de conexión, al enlazar en serie y en paralelo, sumamos tensión si se vinculan en serie y corriente si se conectan en paralelo [49].

### 2.8.2 Capacidad eléctrica para abastecer el centro comercial Paredes

Es importante determinar el consumo de energía de los artefactos eléctricos fijos existentes en el centro comercial paredes esto indica en la tabla 3.

**Tabla 3.** Gasto promedio de energía en el centro comercial Paredes.

<b>N.º</b>	<b>Artefacto</b>	<b>Potencia unitaria (W)</b>	<b>Potencia total</b>	<b>Uso horas/día</b>	<b>Energía Wh/d</b>
1	Vitrina	95	95	6	570
2	Ventilador	80	160	7	1120
3	Computadora	65	130	5	650
4	Dispensador de agua	50	50	8	400
5	Compresor	210	210	2	420
6	Pistola de calor	140	140	2	280
7	Focos	20	120	8	960
8	Televisor Led 32"	65	65	6	390
9	Parlante	70	70	4	280
<b>Total</b>					<b>5070</b>

## **2.9 Conclusiones de capítulo**

En este capítulo se realizó el estudio de cada componente necesario para implementar los paneles solares, por ejemplo, el cálculo de la capacidad de energía para la selección de los elementos, así como la ubicación, tamaño y capacidad de trabajo de los equipos mediante ecuaciones se calculó las conexiones necesarias para la simulación de funcionamiento.



## CAPÍTULO III

### MODELADO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

El presente capítulo se realiza cálculos necesarios para obtener la energía eléctrica para el centro comercial Paredes por lo que se analiza los parámetros para el diseño de todos los elementos se ha tomado en cuenta, 2 ejemplos de cálculos para el sistema fotovoltaico que están basados en el manual de Atlas solar del Ecuador creado el año 2009 y el otro modelo es la Norma Técnica Ecuatoriana de la Construcción de energías renovables con esta información se valida el diseño y dimensionamiento de paneles solares.

De esta manera, el consumo de energía diario es de  $ED = 37.3034$  kWh/día a este valor se agrega un 5% de energía por pérdidas que pueden aparecer por el autoconsumo del inversor esto lo recomienda el capítulo 14 de la norma de construcción (NEC).

#### 3.1 Análisis de la hora solar pico para el sistema fotovoltaico

Para comprobar la radiación solar en el sector Sucumbíos se tomó los antecedentes del año 2019 que se encuentra en la página de la NREL mostrados en la figura 32 donde se detalla por meses el valor de la energía alterna obtenida.



Figura 32. Promedio de la radiación solar Sucumbíos [50].

Como se verifica en la figura 16 el mes que menos radiación refleja es marzo con el rango medio de “radiación solar de 4,04 kWh/m<sup>2</sup>” diario en Lago Agrio, localidad donde se simulará la producción eléctrica, este dato servirá para realizar los cálculos necesarios para el proyecto de investigación.

$$\text{HPS} = \frac{\text{radiación solar}}{1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}$$

Donde:

HPS = Hora pico solar

Radiación solar Sucumbíos

$$\text{HPS} = \frac{4040 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}}{1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}$$

$$\text{HPS} = 4.04 \text{ h}$$

De esta manera se obtiene que las horas pico son más de 4 horas en el día para aprovechar el valor de 1000 W/m<sup>2</sup> de irradiación sobre la superficie inclinada.

### 3.2 Dimensionamiento teórico

- Máximo consumo de energía del sistema

Para calcular el consumo diario total del sistema se aplicará un factor de protección del 20% en caso de que se aumente la carga levemente, no afectara a la producción.

$$E_{mc} = \text{consumo total} \cdot 1.2$$

Donde:

$E_{mc}$  = Consumo total

Consumo total = 5070 Wh/d

$$E_{mc} = 5070 \text{ Wh} \cdot 1.2$$

$$E_{mc} = 6084 \text{ Wh}$$

- Potencia nominal

Es la potencia nominal que debe abastecer el arreglo fotovoltaico.

$$P_n = \frac{E_{mc}}{HPS}$$
$$P_n = \frac{6084 \text{ Wh}}{4.04 \text{ h}}$$
$$P_n = 1505.94 \text{ W}$$

- Potencia pico del sistema

$$P_{\text{pico}} = P_n \cdot 1.2$$
$$P_{\text{pico}} = 1505.94 \cdot 1.2$$
$$P_{\text{pico}} = 1807.13 \text{ W}$$

- Cálculo panel solar requerido

Se dimensionará la cantidad de paneles considerando los dispositivos disponibles en el mercado nacional, por lo que para esta investigación se seleccionó un panel de 400W AS-6M-HCB.

$$n_{\text{panel}} = \frac{6084 \text{ Wh}}{400\text{Wp} \cdot 4.04 \text{ h}}$$
$$n_{\text{panel}} = 3.765$$

Se comprueba con la potencia necesaria de consumo y la potencia de los paneles obteniendo así los paneles solares que se requieren en el abastecimiento de energía del centro comercial Paredes:

$$n_{\text{panel}} = \frac{P_{\text{pico}}}{P_{\text{panel}}}$$
$$n_{\text{panel}} = \frac{1505,94 \text{ W}}{400 \text{ W}}$$
$$n_{\text{panel}} = 3.76$$
$$n_{\text{panel}} = 4$$

Por medio del análisis se calculó cuantos paneles solares son necesarios para este estudio es de 4 módulos fotovoltaicos de 400W.

- Cálculo conexión en serie

Voltaje necesario para el sistema: 48 V

Máximo voltaje: 40.7 V

$$N_{\text{serie,max}} = \frac{V_s}{V_{\text{mp}}}$$

$$N_{\text{serie,max}} = \frac{48 \text{ V}}{40.7 \text{ V}}$$

$$N_{\text{serie,max}} = 1.17$$

$$N_{\text{serie,max}} = 2$$

De esta manera se entiende que se debe considerar un panel solar como mínimo en el número de módulos que se conecten en paralelo esto muestra en la figura 33 donde se especifica los valores tomados para los cálculos de los paneles solares.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC			
Maximum Power (P <sub>max</sub> )	400W	405W	410W
Open Circuit Voltage (V <sub>OC</sub> )	48.7V	49.0V	49.1V
Short Circuit Current (I <sub>SC</sub> )	10.79A	10.83A	10.87A
Voltage at Maximum Power (V <sub>mp</sub> )	40.7V	41.0V	41.3V
Current at Maximum Power (I <sub>mp</sub> )	9.84A	9.88A	9.93A
Module Efficiency (%)	19.9	20.1	20.4
Operating Temperature	-40°C to +85°C		
Maximum System Voltage	1000V DC/1500V DC		
Fire Resistance Rating	Type 1 (in accordance with UL1703)/Class C (IEC61730)		
Maximum Series Fuse Rating	15A		

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell temperature 25°C, AM1.5

**Figura 33.** Características técnicas del panel seleccionado [51].

- Cálculo de módulos fotovoltaicos en paralelo

$$N_{\text{paralelo}} = \frac{4}{2} = 2 \text{ módulos en paralelo}$$

- **Cálculo del inversor**

Para este estudio el inversor que se utilizará debe ser mayor a la potencia de demanda máxima de los dispositivos conectados al sistema, en cambio el sistema conectado por red, que se calcula de acuerdo con el número de paneles y potencia de estos.

$$P_{\text{inversor}} \geq P_{\text{demanda mx}}$$

$$P_{\text{demanda mx}} = 795 \text{ W}$$

$$P_{\text{inversor}} = 1000 \text{ W}$$

Inversor Phoenix	12 voltios 24 voltios 48 voltios	12/250 24/250 48/250	12/375 24/375 48/375	12/500 24/500 48/500	12/800 24/800 48/800	12/1200 24/1200 48/1200
Potencia cont a 25°C (1)	250VA    375VA    500VA    800VA    1200VA					
Potencia cont. a 25°C / 40°C	200 / 175W    300 / 260W    400 / 350W    650 / 560W    1000 / 850W					
Pico de potencia	400W    700W    900W    1500W    2200W					
Tensión / frecuencia CA de salida (ajustable)	230VCA o 120VCA +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1%					
Rango de tensión de entrada	9,2 - 17 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 62,0V					
Desconexión por CC baja (ajustable)	9,3 / 18,6 / 37,2V					
Dinámica (dependiente de la carga)	Desconexión dinámica, ver					
Desconexión por CC baja (totalmente ajustable)	<a href="https://www.victronenergy.com/live/ve.direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff">https://www.victronenergy.com/live/ve.direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff</a>					
Reinicio y alarma por CC baja (ajustable)	10,9 / 21,8 / 43,6V					
Detector de batería cargada (ajustable)	14,0 / 28,0 / 56,0V					
Eficacia máx.	87 / 88 / 88%	89 / 89 / 90%	90 / 90 / 91%	90 / 90 / 91%	91 / 91 / 92%	
Consumo en vacío	4,2 / 5,2 / 7,9W	5,6 / 6,1 / 8,5W	6 / 6,5 / 9W	6,5 / 7 / 9,5W	7 / 8 / 10W	
Consumo en vacío predeterminado en modo ECO (Intervalo de reintento: 2,5 s, ajustable)	0,8 / 1,3 / 2,5W	0,9 / 1,4 / 2,6W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0	
Ajuste de potencia de parada y arranque en modo ECO	Ajustable					
Protección (2)	a - f					
Rango de temperatura de trabajo	-40 to +65°C (refrigerado por ventilador) (reducción de potencia del 1,25% por cada °C por encima de 25°C)					
Humedad (sin condensación)	máx. 95%					
<b>CARCASA</b>						
Material y color	Chasis de acero y carcasa de plástico (azul RAL 5012)					
Conexión de la batería	Bornes de tornillo					
Sección de cable máxima:	10mm <sup>2</sup> / AWG8	10mm <sup>2</sup> / AWG8	10mm <sup>2</sup> / AWG8	25/10/10mm <sup>2</sup> / AWG4/8/8	35/25/25 mm <sup>2</sup> / AWG 2/4/4	
Tomas de corriente CA estándar	230V: Schuko (CEE 7/4), IEC-320 (enchufe macho incluido) UK (BS 1363), AU/NZ (AS/NZS 3112) 120V: Nema 5-15R					
Tipo de protección	IP 21					
Peso	2,4kg / 5,3lbs	3,0kg / 6,6lbs	3,9kg / 8,5lbs	5,5kg / 12lbs	7,4kg / 16,3lbs	
Dimensiones (al x an x p en mm.) (al x an x p, pulgadas)	86 x 165 x 260 3.4 x 6.5 x 10.2	86 x 165 x 260 3.4 x 6.5 x 10.2	86 x 172 x 275 3,4 x 6,8 x 10,8	105 x 216 x 305 4.1 x 8.5 x 12.1 (12V modelo: 105 x 230 x 325)	117 x 232 x 327 4.6 x 9.1 x 12.9 (12V modelo: 117 x 232 x 362)	
<b>ACCESORIOS</b>						
On/Off remoto	Sí					
Conmutador de transferencia automático	Filax					
<b>ESTÁNDARES</b>						
Seguridad	EN-IEC 60335-1 / EN-IEC 62109-1					
EMC	EN 55014-1 / EN 55014-2 / IEC 61000-6-1 / IEC 61000-6-2 / IEC 61000-6-3					
Directiva de automoción	ECE R10-4					

**Figura 34.** Controlador de carga [52].

- **Cálculo del regulador - controlador**

Es necesario calcular el regulador para determinar la potencia máxima que soporta en la entrada y salida por lo que se manipula la corriente de corto circuito del panel solar ( $I_{sc}$ ) y se multiplica por el número de ramas ( $N_p$ ) con el factor de seguridad del 25% que previene de daños o recalentamientos en el equipo.

- Corriente de entrada al regulador

$$I_n = 1.25 \cdot I_{sc} \cdot N_p$$

Donde:

$I_n$  = entrada en el regulador

$I_{sc}$  = cortocircuito del módulo = 10.79 A

$N_p$  = número de panel solar

$$I_n = 1.25 \cdot 10.79 \text{ V} \cdot 4$$

$$I_n = 53.95 \text{ V}$$

- Salida del regulador de corriente

$$I_{out} = 1,25 \cdot \frac{\left(\frac{P_{inv}}{n_{inv}}\right)}{V_{sB}}$$

$I_{out}$  = Salida de corriente del regulador

$P_{inv}$  = potencia

$n_{inv}$  = Eficiencia

$V_{sB}$  = Voltaje

$$I_{out} = 1.25 \cdot \frac{\frac{1200 \text{ W}}{92\%}}{48 \text{ V}}$$

$$I_{out} = 31.88 \text{ A}$$

Versions	TS-MPPT-30	TS-MPPT-45	TS-MPPT-60	TS-MPPT-60M
<b>Meter</b>				
TS-M2	Optional	Optional	Optional	Included
TS-RM2	Optional	Optional	Optional	Optional
<b>Electrical</b>				
Maximum Battery Current	30 amps	45 amps	60 amps	
Nominal Maximum Output Power*			Max Output	Max PV Input*
12 Volt	400 Watts	600 Watts	800 Watts	1100 Watts
24 Volt	800 Watts	1200 Watts	1600 Watts	2100 Watts
48 Volt	1600 Watts	2400 Watts	3200 Watts	4200 Watts
Max Recommended Solar PV Input*	~ 130% of Nominal Max Output Power (60 Amp models shown above)			
Peak Efficiency	99%			
Nominal System Voltage	12, 24, or 48 volts DC			
Maximum PV Open Circuit Voltage**	150 volts DC (without damage to unit)			
Battery Operating Voltage Range	8-72 volts DC			
Maximum Self-consumption	2.7 Watts			
Transient Surge Protection	4500 Watts/port			
<b>Battery Charging</b>				
Charging Algorithm	4-stage			
Charging Stages	Bulk, Absorption, Float, Equalize			
Temperature Compensation:	Coefficient Range Set Points	-5mV/°C/cell (25° ref) -30°C to +80°C Absorption, Float, Equalize, HVD		
Remote Temperature Sensor (RTS)	Included			

Figura 35. Especificaciones técnicas controlador de carga seleccionado [53].

- Cálculo del acumulador

En el cálculo para establecer el tipo de batería se manipula la siguiente ecuación:

$$C_{SB} = \frac{E_{mc}}{V_{SB} \cdot E_{IV}}$$

$C_{SB}$  = Capacidad del sistema

$E_{mc}$  = Consumo máximo

$D_{AUT}$  = días de autonomía

$E_{IV}$  = Eficiencia inversor

$V_{SB}$  = Voltaje del sistema de baterías

$$C_{SB} = \frac{5070 \text{ Wh}}{48V \cdot 0.92}$$

$$C_{SB} = 114.8 \text{ Ah}$$

Además, se calculó cuantas baterías a ser instaladas en paralelo

$$B_P = \frac{C_{sb} \cdot D_{AUT}}{C_B \cdot M_{PD}}$$

Donde:

$C_{SB}$  = Capacidad del sistema de baterías

$D_{AUT}$  = Dias de autonomía

$M_{PD}$  = Profundidad descarga (%)

$C_B$  = Capacidad batería

$$B_P = \frac{C_{sb} \cdot D_{AUT}}{C_B \cdot M_{PD}}$$

$$B_P = \frac{11,8 \text{ Ah} \cdot 1}{100 \text{ Ah} \cdot 50\%}$$

$$B_P = 2,29 = 3$$

- Número de baterías necesarias mediante la ecuación

$$V_{SB} = N_S \cdot V_B$$

Donde:

$V_{SB}$  = Voltaje del sistema de baterías

$N_S$  = Número de baterías en serie

$V_B$  = Voltaje de batería

$$N_S = \frac{V_{SB}}{V_B} = \frac{48 \text{ V}}{12 \text{ V}} = 4$$

<b>Model</b>	Nominal Voltage	12V		
	Rated Capacity (10Hr rate)	100Ah		
<b>Dimensions</b>	Length	Width	Height	Total Height
	329mm	172mm	214mm	243mm
<b>Weight</b>	Approx. 31.3kgs (+/-3%)			
<b>Capacity @25°C (77°F)</b>	10 Hour (10A,10.8V)	5 Hour (17A,10.8V)	3 Hour (25A,10.5V)	1 Hour (55A,9.6V)
	100Ah	85Ah	75Ah	55Ah
<b>Internal Resistance</b>	Fully charged at 25°C, approx. 4.2mΩ			
<b>Max. Discharge current</b>	1000A (5 Sec.)			
<b>Capacity Affected by Temp. (20Hr)</b>	40°C (104°F)	25°C (77°F)	0°C (32°F)	-15°C (5°F)
	112%	100%	80%	68%
<b>Self Discharge Rate @25°C (77°F)</b>	After 3 months Storage	After 6 months Storage	After 12 months Storage	
	91%	82%	64%	
<b>Charge Method</b>	Cycle Use		Float Charging	
	14.1-14.4V (Initial current less than 30A) @25°C (77°F)		13.5-13.8V@25°C (77°F)	

**Figura 35.** Especificaciones técnicas de la batería [54].



### 3.3 Diseño fotovoltaico

El arreglo fotovoltaico aislado diseñado a partir de los fundamentos teóricos que rigen el dimensionamiento de instalaciones solares dio como resultado:

-Paneles fotovoltaicos

“Se requiere 4 paneles solares de 400 W de potencia, como características importantes para la validación de diseño, el voltaje para circuito es de  $V_{oc}=48,7\text{ V}$ , y la intensidad por corto circuito  $I_{sc}=10,79\text{ A}$  y voltaje a máxima potencia  $V_{mp}=40,7\text{ V}$ ”.

Estos módulos quedarán conectados 2 en serie y formando un paralelo con los otros dos paneles en serie, obteniendo un circuito con un voltaje en la salida para circuito abierto de  $97,4\text{ V}$  y una corriente de  $21,58\text{ A}$ .

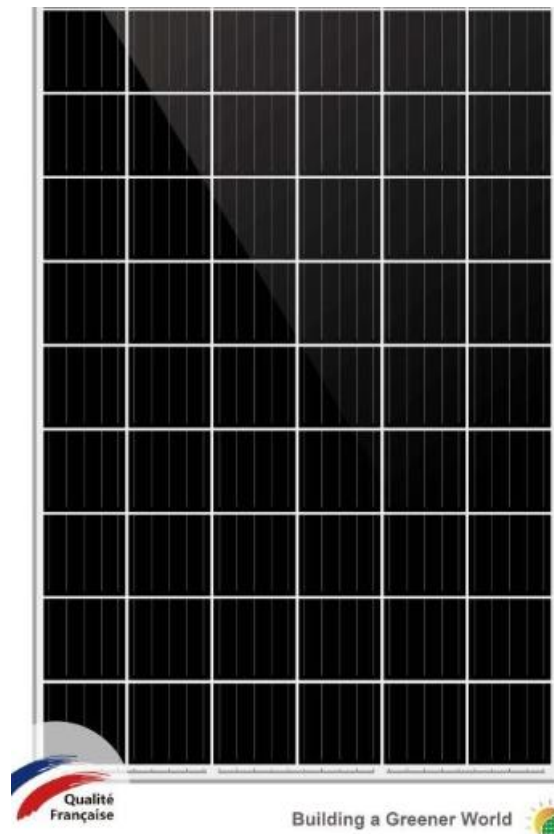


Figura 36. Panel solar 400W [51].

- Controlador

El siguiente componente fundamental en este estudio es el controlador de carga, este dispositivo debe admitir el valor de voltaje y corriente arrojado por el circuito del panel solar, por lo tanto, se seleccionó un controlador TS-MPPT-60.



**Figura 37.** Controlador de sistema solar TriStar [53]

- Inversor

El inversor se seleccionó de acuerdo con la solicitud máxima de potencia tiene en lista de dispositivos conectados al servicio eléctrico en el comercial Paredes, por lo que se optó por el inversor Phoenix 48/1200 ya que este admite una corriente de entrada desde las baterías de 48 V<sub>dc</sub> y ofrece una salida de 120 V<sub>ac</sub> con una eficiencia del 92%.



**Figura 38.** Inversor Phoenix 48/1200 120V [52].

- Baterías

Para la selección de la batería apropiada se tomó en cuenta el consumo diario que se obtuvo en el estudio de cargas previo al dimensionamiento del sistema, para satisfacer el consumo de 114,8 Ah / día se optó por la batería solar ProViento S.A HTB-12-100 con el voltaje típico de 12 V y capacidad de 100 Ah , para satisfacer la demanda diaria se calculó un sistema de baterías con una conexión mixta, 4 baterías conectadas tipo serie y con tres ramificaciones de conexión en paralelo, teniendo en total un conjunto de 12 baterías.



**Figura 39.** Batería Solar.

### 3.4 Evaluación económica

El proyecto realizó un estudio de mercado comparando varios proveedores que participan en el mercado fotovoltaico. De esta forma, se seleccionó el equipo más adecuado y el valor de mercado de los materiales necesarios a ser instalados se detalla en la siguiente tabla 4.

**Tabla 4.** Costo de materiales fotovoltaico

Elemento	Nº elementos	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Modulo FV	4	240	960
Controlador	1	392	392
Inversor	1	879.28	879.28
Batería	12	291.2	3494.4
Accesorios	1	1	100
			5825.68

El costo de los materiales para la instalación corresponde a \$ 5825.68, mientras que el costo de la instalación representa el 20% del valor de los materiales, lo cual la cifra total para llevar a cabo este proyecto asciende hasta los \$ 6990.81 dólares americanos.

- PayBack Period

Es un método que permite evaluar el riesgo de una inversión es analizando el tiempo de recuperación de esta, para eso se utilizó uno de los métodos más eficaz para este propósito, el payback [55].

$P_B = \text{PayBack}$

$L_0 = \text{Inversión inicial}$

$F = \text{Flujo de caja anual}$

$$P_B = \frac{L_0}{F} \quad (15)$$
$$C_{SB} = \frac{6990.81 \$}{180 \$/\text{año}}$$
$$P_B = 38.83 \text{ año}$$

### 3.5 Software de diseño fotovoltaico

El modelado y diseño mediante simulación del sistema fotovoltaico se ha seleccionado un programa que es muy utilizado para este tipo de estudios a continuación se detalla las principales funciones del programa en cuanto a diseño y simulación.

#### 3.5.1 PVsyst 7.2

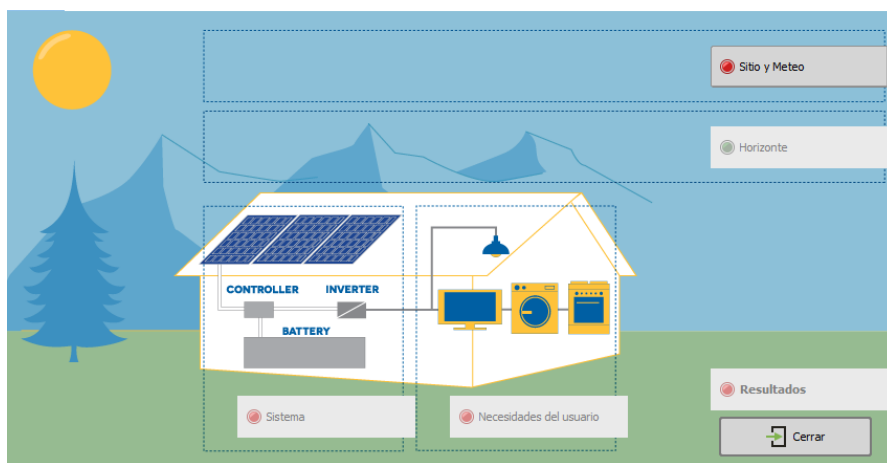
PVsyst 7.2 es un paquete de software para fuentes de energía fotovoltaica. Fue elaborado en la Universidad de Ginebra. Es una utilidad que requiere una licencia paga y funciona solo con el sistema operativo Windows. PVsyst 7.2 es un programa rico en funciones, pero su interfaz de consumidor lo hace cómodo de utilizar. Además, tiene varias herramientas, que contiene el catálogo de dispositivos de la empresa comercial, y su base de datos se actualiza de acuerdo con la actualización del software que está diseñado para ingenieros y científicos en el campo de las energías renovables.

PVsyst 7.2 contiene el diseño del sistema, el dimensionamiento del sistema, la escena de sombreado, resultados de la simulación, análisis económico y base de datos meteorológicos.



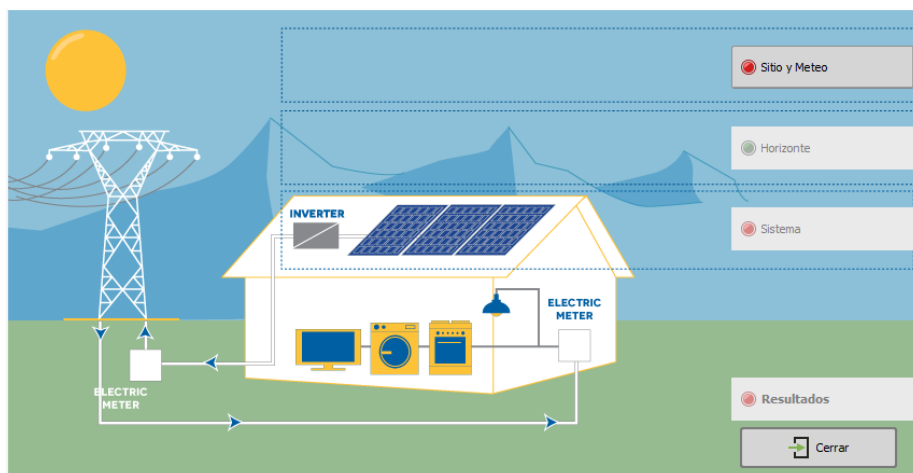
**Figura 40.** Interfaz del programa de simulación PVsyst 7.2.

El software también tiene el prediseño que puede dar para una proforma rápida para el usuario.



**Figura 41.** Prediseño independiente del programa de diseño.

En la figura 42 el prediseño del sistema fotovoltaico que conecta a la red donde se ingresar los parámetros necesarios para comprobar el diseño propuesto en este estudio



**Figura 42.** Prediseño de conexión a la red.

La figura 43 presenta el prediseño de un sistema de bombeo utilizando paneles solares y aprovechando la energía proveniente del sol.

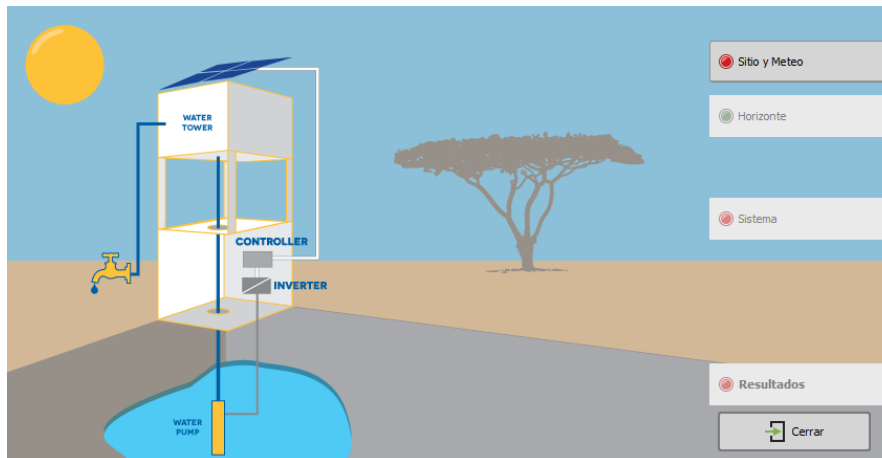


Figura 43. Prediseño bombeo.

### 3.5.2 Parámetros para la simulación

Se cálculo la cantidad de paneles solares para conectar en serie, el modelo puede simular un arreglo de paneles en serie, este parámetro permite especificar cuantos paneles en serie se deben colocar la entrada y salida de cada uno. Para realizar la simulación en el software se debe tener claro los parámetros del consumidor, tales como, su objetivo, las horas solar pico disponibles en la ubicación geográfica del proyecto y cuál es la demanda energética que se requiere. Se ingresa al software el tipo de diseño se va a dar: puede conectarse a la red, de forma independiente (aislado) o de bombeo solar.

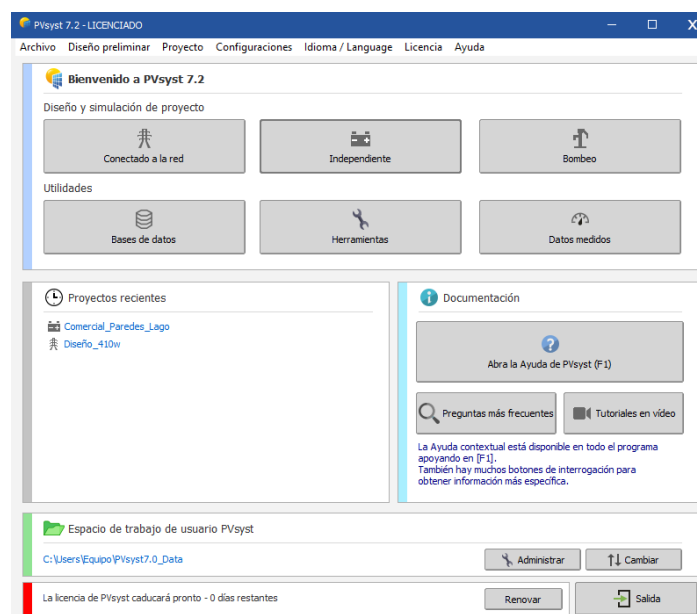


Figura 44 Software PVsyst 7.2.

El proyecto es de independiente o sistema aislado, para su diseño y simulación del software.

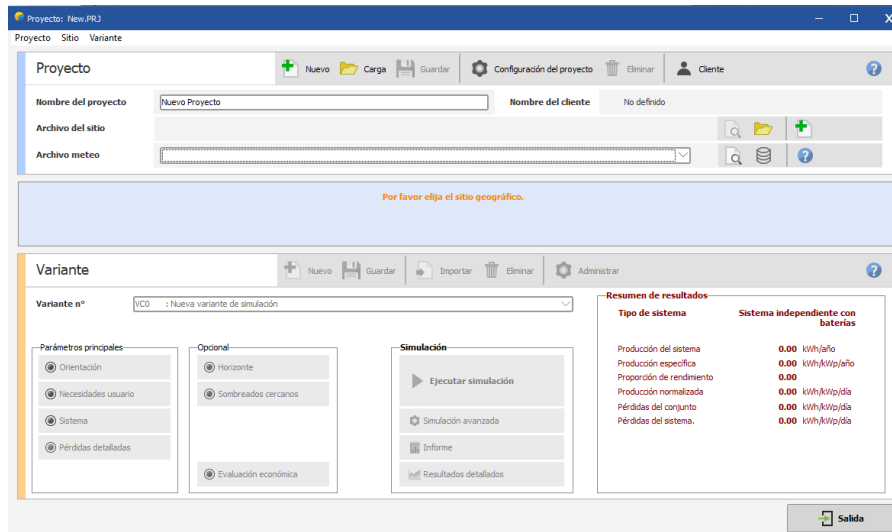


Figura 45. Interfaz de software 7.2.

Se guarda el archivo con su respectivo nombre y se importa lo datos de meteorológicos de la zona a trabajar en este caso se hará de la ciudad, Lago Agrio.

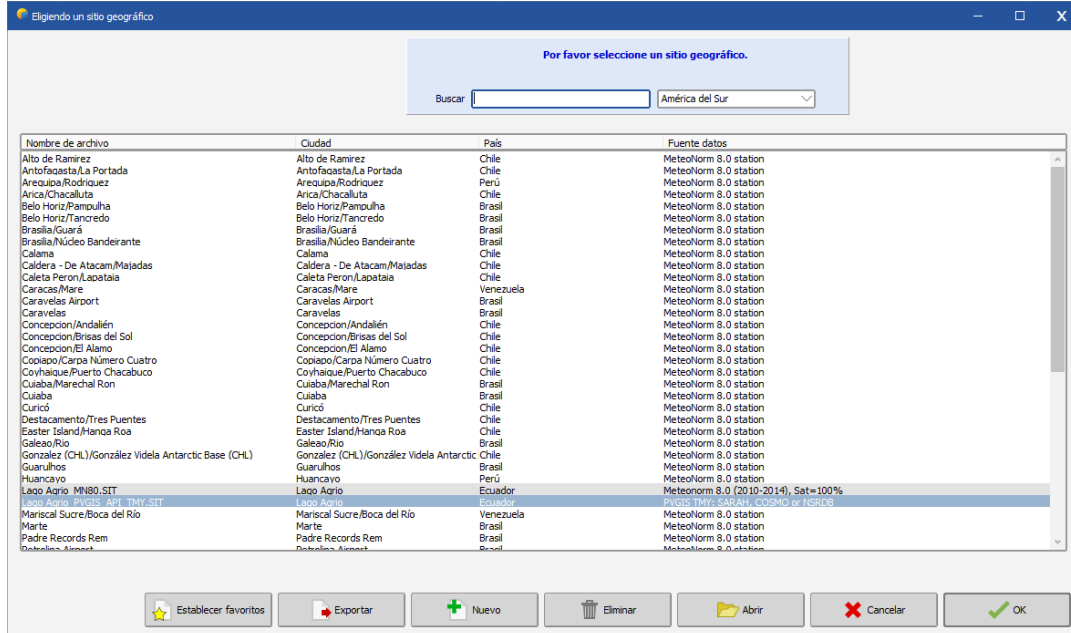
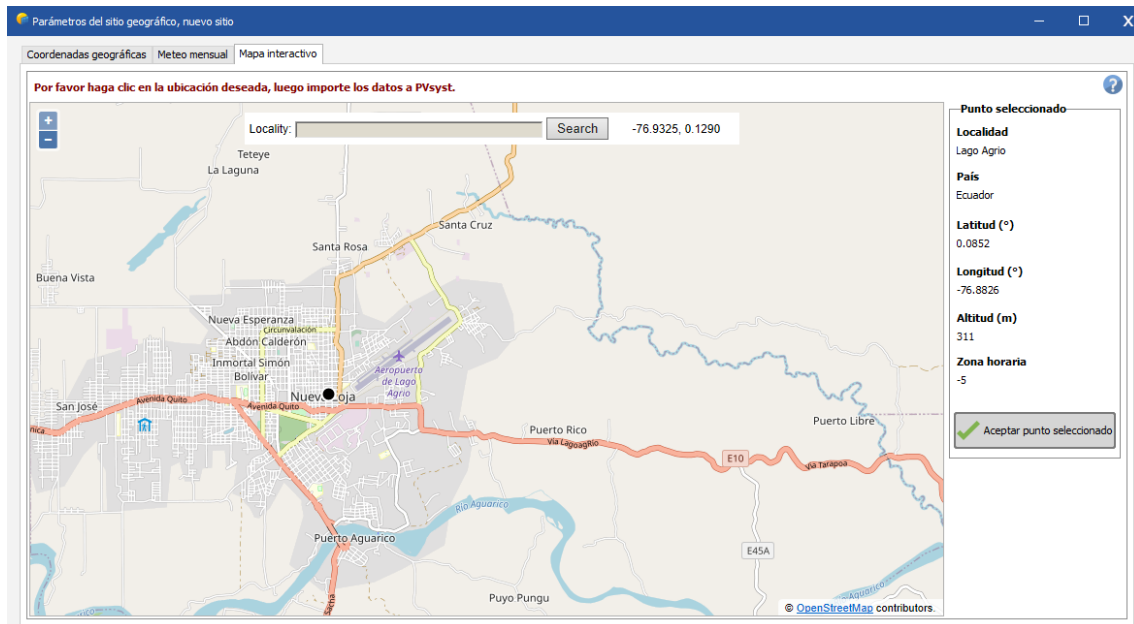


Figura 46. Sitio geográfico en base datos.

En caso de que no se encuentre la zona del proyecto se toca ingresar de manera manual el lugar de la zona del proyecto.



**Figura 47.** Sitio geográfico en mapa interactivo.

Una vez ya seleccionado lo que es la zona del proyecto se continua con los parámetros de diseño de los sistemas fotovoltaicos con la ayuda de los cálculos teóricos, seleccionar el tipo de dispositivo de acuerdo con su diseño. Se debe cumplir con las variantes que pide el software.



**Figura 48.** Variante del sistema fotovoltaico.

Los parámetros principales que pide el software para su diseño fotovoltaico, y también los opcionales que tiene. Además, brinda con una pestaña que da el resumen de resultados como la producción específica, y es en proporción de rendimiento, a pérdidas del sistema.



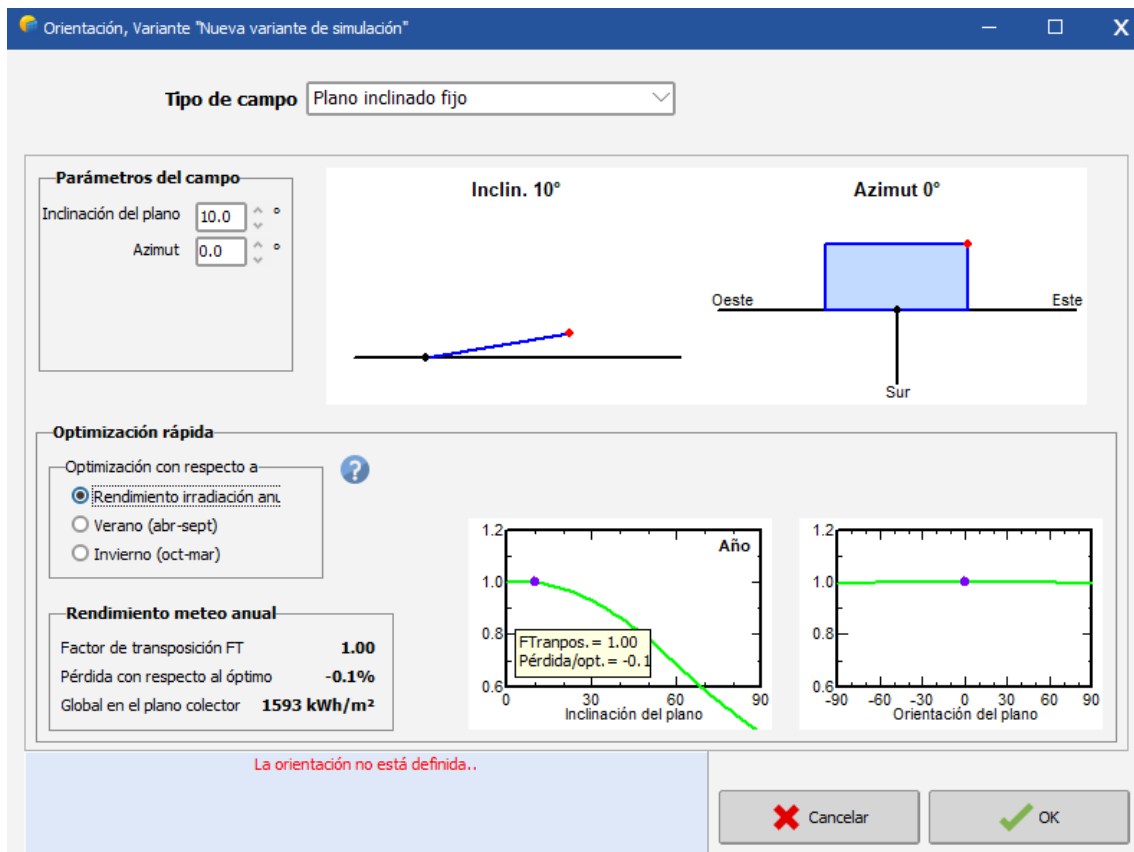


Figura 49. La variante de orientación.

En la pestaña de parámetro de orientación pide el ángulo que va a estar instalado el panel solar. Breda el tipo de campo de superficie que estará el panel solar. Lo otro que ayuda el software es que es muy amigable con el usuario, para su diseño se puede tener la máxima eficiencia de la absorción de energía solar.

Esta pestaña cambia sus parámetros dependiendo la zona o latitud que este el proyecto. Ya que de eso depende el ángulo de inclinación para la eficiencia del panel. Como el proyecto será “en la provincia de Sucumbíos”, específicamente en “la ciudad de Lago Agrio” y sabiendo que esta zona se encuentra en latitud 0, de acuerdo con el software el ángulo óptimo de los paneles es de 10° tomando en cuenta su eficiencia y también dando un espacio para que el panel tenga un enfriamiento optimo y no pierda su rendimiento.

Uso diario de energía, variante "Nueva variante de simulación"

### Definición de consumos domésticos diarios para el año.

Consumo Distribución por hora

**Consumos diarios**

Número	Aparato	Potencia	Uso diario	Distrib. por hora	Daily energy
15	Lámparas (LED o fluo)	25 W/lámpara	8.0 h/día	OK	3000 Wh
2	TV / PC / móvil	65 W/apar.	6.0 h/día	OK	780 Wh
1	Parlante	70 W/apar.	4.0 h/día	OK	280 Wh
0	Nevera / congelación profunda	0.00 kWh/día	0.0		0 Wh
1	Compresor	210.0 W prom	2.0 h/día	OK	420 Wh
1	Pistola Calor	140 W/apar.	2.0 h/día	OK	280 Wh
1	Ventilador	50 W/apar.	6.0 h/día	OK	300 Wh
Consumidores en espera		1 W tot	24 h/día		24 Wh
<b>Energía diaria total</b>					<b>5084 Wh/día</b>
<b>Energía mensual</b>					<b>152.5 kWh/mes</b>

Info aparatos Energía diaria total: 5084 Wh/día  
Energía mensual: 152.5 kWh/mes

**Definición de consumo por:**  
 Años ?  
 Estaciones  
 Meses

**Fin de semana o uso semanal:**  
 Usar solo durante  
 días en una semana

**Modelo**

Carga Guardar Otro perfil Cancelar OK

**Figura 50.** Variante de sistema.

La pestaña de necesidades del usuario se refiere al consumo que va a tener el proyecto. El proporciona una tabla de los elementos que se vaya a utilizar. En la tabla pide el número de aparato, la potencia de cada y el uso diario del aparato. Se puede definir el consumo por años, estaciones o meses como el usuario requiera.

Una vez este la tabla llena, se necesita dar la distribución por hora de cada aparato para seguir con el diseño del proyecto. Además, se tiene la gráfica del consumo global diario.

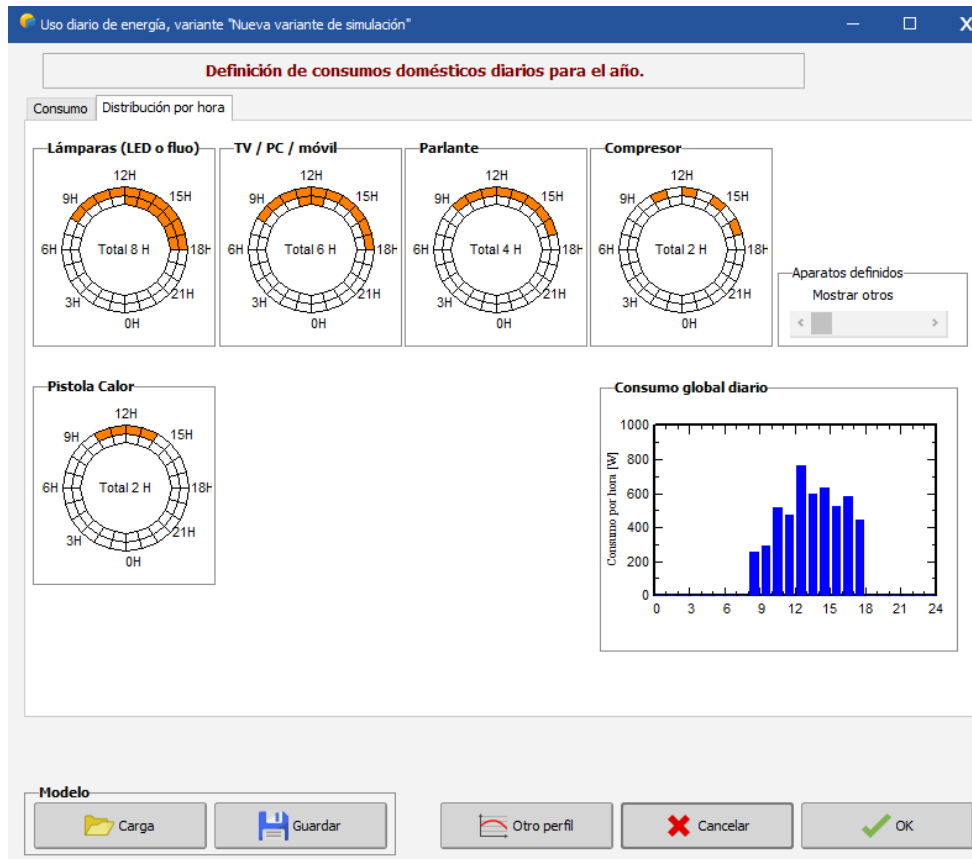


Figura 51. Distribución por hora.

Al momento de tener la distribución, el siguiente parámetro será el sistema fotovoltaico de los componentes a utilizar.

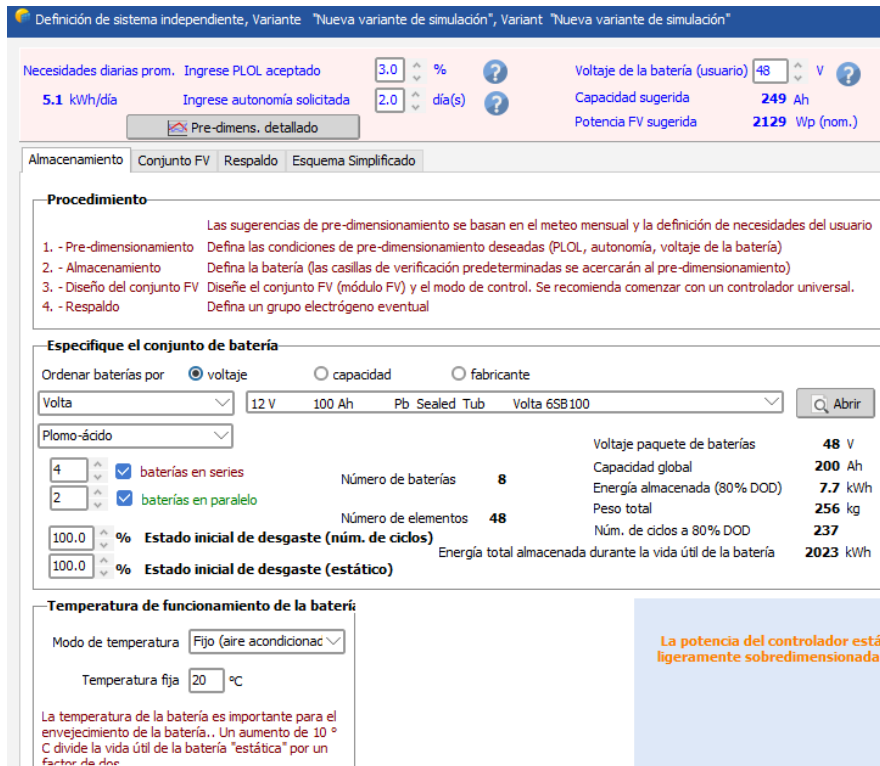


Figura 52. Pestaña del sistema PVSYS.

Se tiene el redimensionamiento que pide el porcentaje de tiempo que el sistema estará fuera de servicio, en el proyecto se utilizará un 3%, ya que la distribuidora opera durante 355 días al año. El voltaje de la batería que se va a utilizar es de 12 V, pero como se conectan 4 baterías en serie resulta un voltaje del sistema de 48 V.

**Figura 53.** El redimensionamiento del sistema FV.

Ya que se tiene los parámetros de redimensionamiento, se diseña el almacenamiento lo cual es el banco de baterías del sistema. El software proporciona el procedimiento a seguir con el diseño.

Al momento de seleccionar en el software se debe realizar los cálculos teóricos para poder seleccionar el dispositivo de la batería en este caso los parámetros.

**Figura 54.** Especificación de almacenamiento.

El siguiente dispositivo para seleccionar es el módulo FV para el proyecto en este caso se tomó en cuenta los paneles que se encuentra en el mercado.

**Figura 55.** Selección de módulo FV.

Después de seleccionar el módulo FV, será el controlador del sistema el tipo que se utilizó de convertidor MPPT, los cálculos teóricos nos dan que el controlador debe ser de 48 V y de 60 A, este caso se seleccionó el de marca Dictaron modelo MPPT 2600w.

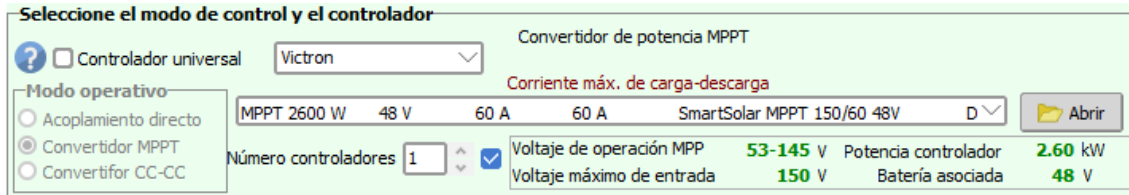


Figura 56. Selección de controlador en PVsyst7.2.

El diseño del conjunto FV también otorga el número de paneles y cadenas que existe para el proyecto y también tiene una ventana de información sobre el diseño, si cumple su funcionamiento o si tiene algún error el diseño.

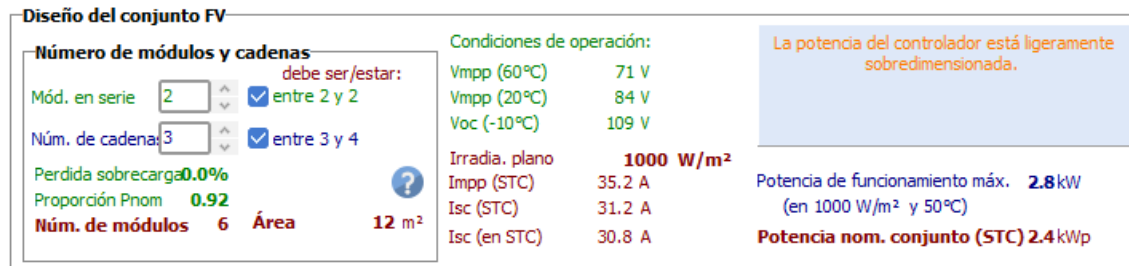


Figura 57. Número de módulos y cadenas.

El software PVsyst 7.2 brinda el diseño típico de un sistema autónomo, del diseño al realizar.

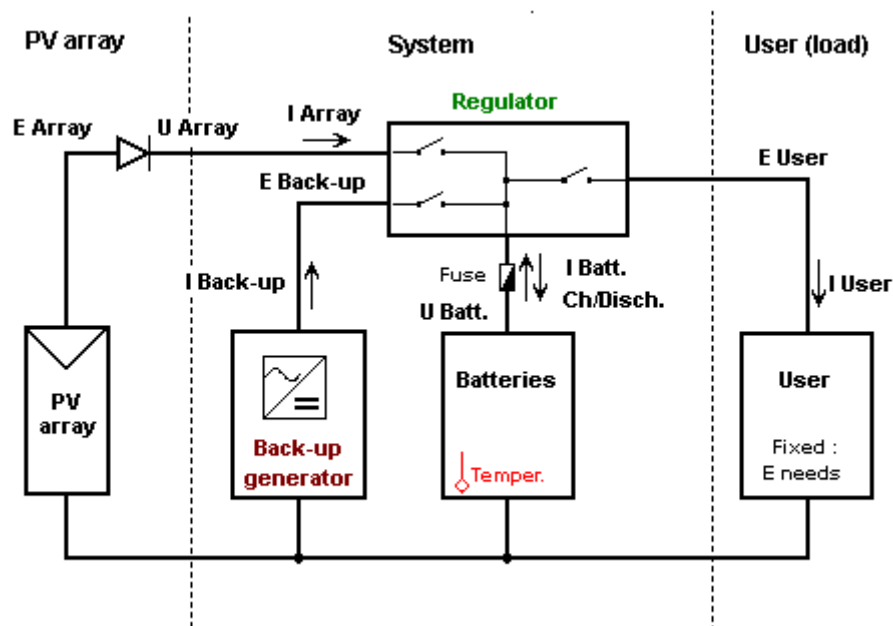


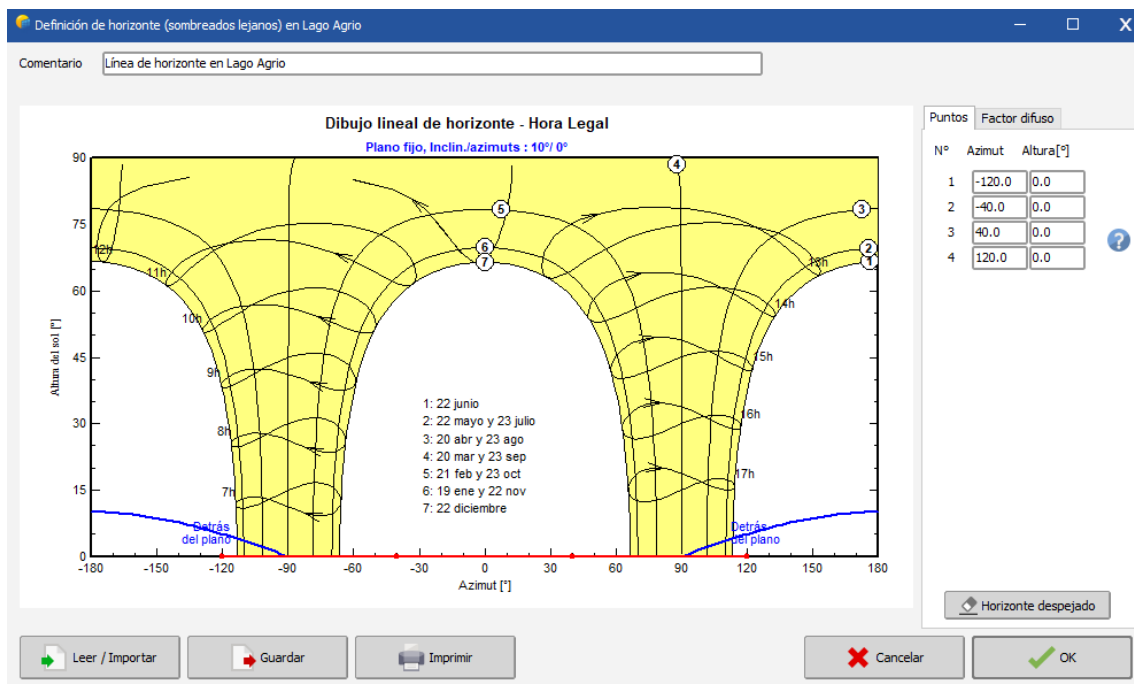
Figura 58. Esquema del sistema autónomo.

En esta pestaña del esquema simplificado da una pestaña de información del diseño tanto la necesidad del usuario, los paquetes de batería, el conjunto FV y el controlador. Lo que PVsyst 7.2 resulta un software amigable.

<b>Necesid. usuario</b>	Hogar	Potencia prom.	212 W
	Proporción nocturna 50.0%	Energía día	5.1 kWh
<b>Paquete de baterías</b>	2 en paralelo, 48 V	Capacidad	200 Ah
	Autonomía 1.5 día	Energía almacenada	7.7 kWh
<b>Conjunto FV</b>	3 cadena(s) de 2 módulos	Potencia nom.	2.40 kWp
	PV/PLoad 11.3	Energía prom. día	7.2 kWh
<b>Controlador</b>	Convertidor MPPT	Potencia nom.	2.60 kW
	PV/PConv 0.92	Umbrales	según los vol

**Figura 59.** Información generada por PVSYST.

Los parámetros opcionales son exigentes para la simulación, pero su uso más exacto del sitio geográfico que está el proyecto, como las sombras que pueden obstruir la radiación hacia los módulos fotovoltaicos.



**Figura 60.** Variante de horizonte.

Si los parámetros de la simulación cumplen con su funcionamiento se puede simular el diseño que se realizó, en caso contrario se tiene que corregir o cambiar algún dispositivo que no cumple su funcionamiento.

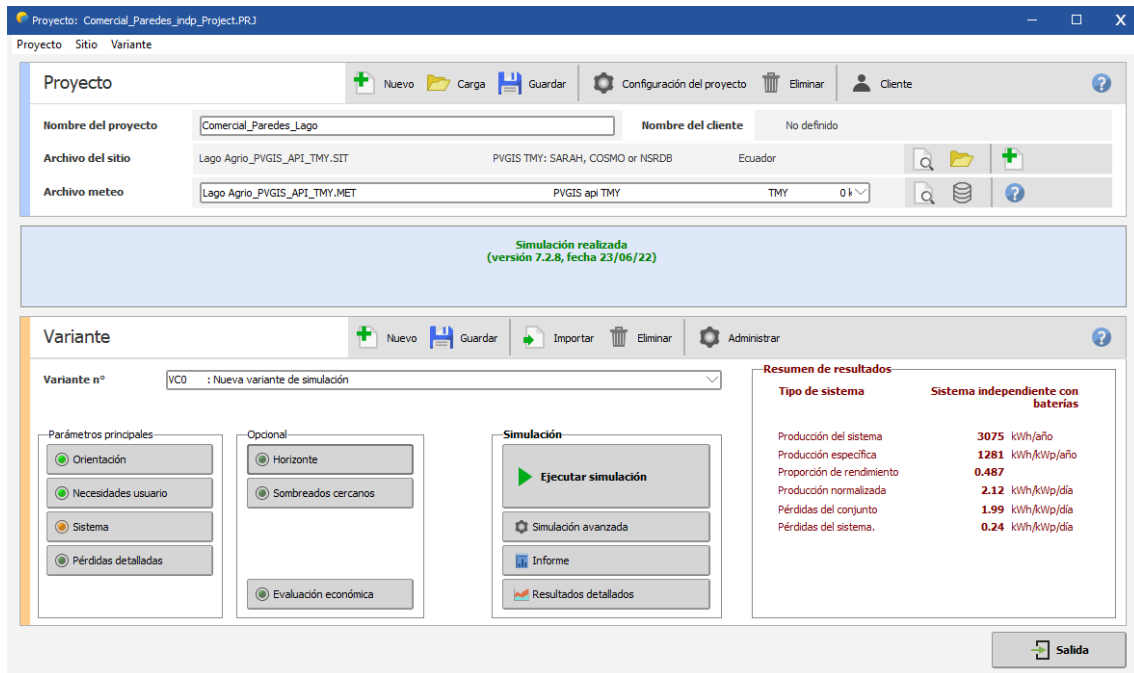


Figura 61. Interfaz del PVsyst 7.2 con sus respectivos datos.

Una vez dada la simulación el PVsyst 7.2 entrega un informe, con gráficas para el análisis del sistema.

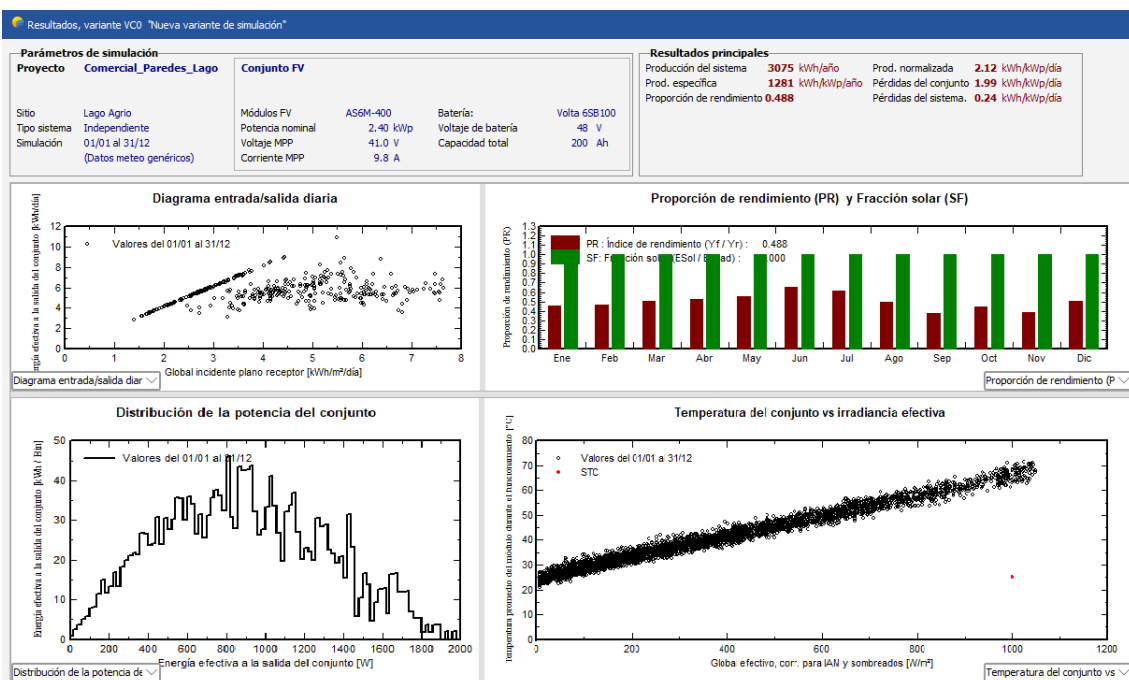


Figura 62. Simulación PVsyst 7.2.

### **3.6 Conclusión capítulo III**

El capítulo III se desarrolló la simulación del sistema fotovoltaico que permite incluir características de todos los elementos obteniendo datos que permiten rediseñar y sintetizar los elementos en escenario 3D, además proporciona información para un análisis económico donde se evalúa el costo beneficio de la investigación porque se determina costos reales, este tipo de programas son muy importantes y se recomienda para entender el funcionamiento del sistema fotovoltaico.



## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

El apartado permite dar a estar al tanto de los resultados de la investigación tanto en el dimensionamiento teórico como en el dimensionamiento y simulación mediante software especializado, a partir de esto, con la demanda máxima del sistema 5060 Wh/día se propuso un voltaje de sistema de 48 V ya que el consumo diario es superior a 4000 Wh.

#### **4.1 Análisis de resultados teóricos**

Como componente principal para el dimensionamiento del arreglo fotovoltaico es el módulo fotovoltaico, que son quienes reciben la energía que llega por medio del sol, por lo cual, se seleccionó un panel de 400 W de potencia, de acuerdo al cálculo previo de las horas solar pico sol  $HPS=4,04 \text{ kWh/m}^2$ , mediante el consumo diario y la potencia del panel se determinó cuantos paneles solares son necesarios para abastecer el consumo del comercial Paredes es de 4 módulos, los cuales abastecerán de una potencia total de 1600 W.

El siguiente componente fundamental del sistema es el controlador de carga, se optó por un controlador TS-MPPT-60 el cual admite 150 V en la entrada y un voltaje de sistema de 48 V. El arreglo fotovoltaico se dimensiona a partir de estos parámetros del controlador, ya que circuito entre paneles no debe superar el voltaje de 150 V y 60 A, por lo que se obtuvo un sistema doble de conexión paralelo y en serie, teniendo un arreglo de 4 paneles solares teniendo un voltaje de 97.4 V y 21.58 A

Para la selección del inversor de la misma manera se seleccionó uno que suministre la demanda máxima en potencia de los dispositivos conectados, por lo que se escogió un inversor de 1200 W con una entrada desde las baterías de 48 V, una salida de 120 V y una eficiencia del 93%.

Finalmente, de acuerdo con la existencia de baterías en el mercado nacional, se escogió una batería de 12 V a 100 Ah, para este análisis se dimensionó con una capacidad de descarga del 50% y un día de autonomía, para satisfacer la demanda en la distribuidora comercial Paredes y para tener un voltaje de sistema de 48 V se tiene una configuración de 4 baterías en serie y 3 ramas en paralelo, obteniendo como resultado un total de 12 baterías.

Una vez dimensionado el arreglo fotovoltaico con los dispositivos necesarios para el análisis, además se evalúa la necesidad económica para la instalación alcanzado un costo total de 6990.81 \$, valor que en principio puede resultar elevado, pero tomando en cuenta

el cambio de matriz productiva a producción eléctrica limpia y renovable a partir de la radiación solar, resulta económico a largo plazo, por todos los beneficios que aporta en el crecimiento de este tipo de energía eléctrica a partir de energía renovable.

#### 4.2 Análisis resultados de la simulación

Con la simulación del software PVsyst 7.2 y teniendo en cuenta los cálculos teóricos previos del dimensionamiento se obtuvo la figura 63 que indica la fracción solar y el índice de rendimiento del arreglo fotovoltaico.

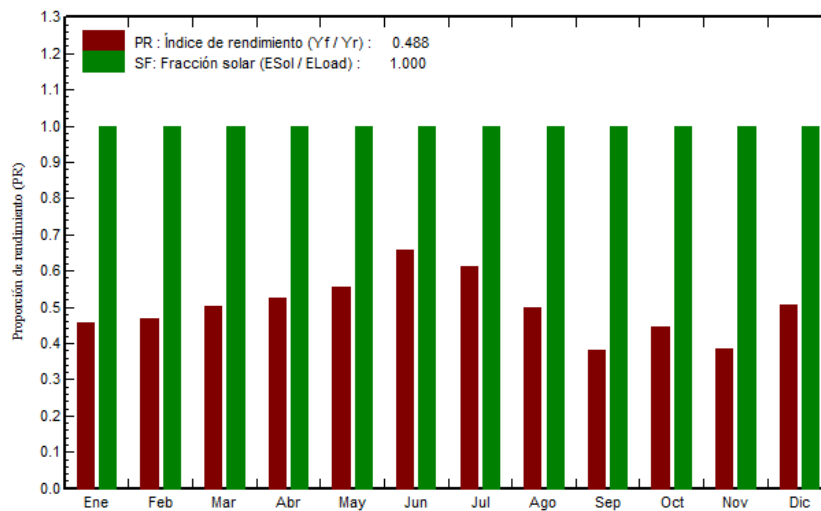


Figura 63. Proporción de rendimiento.

Lo meses que tienen mayor rendimiento en el diseño serán mayo, junio y julio donde su radiación solar es máxima en la zona del proyecto, en esos meses el sistema tendrá un rendimiento del 70%. La proporción de rendimiento (PR) que se tiene es de 0.488.

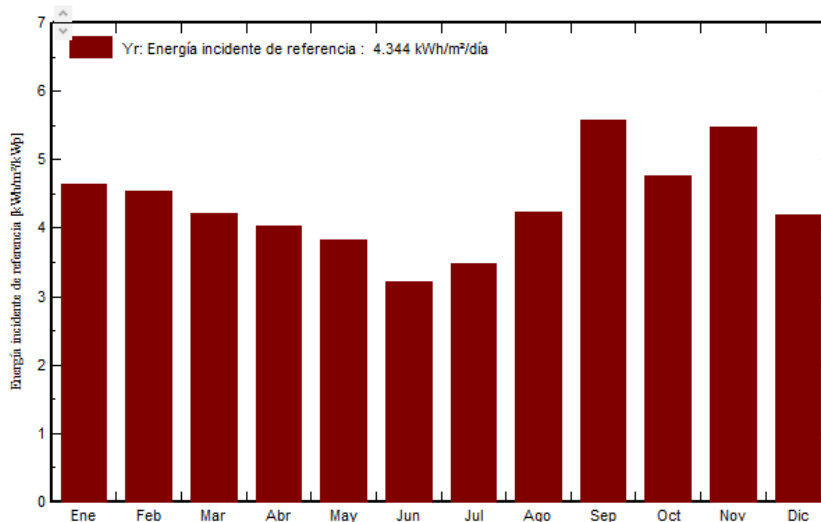
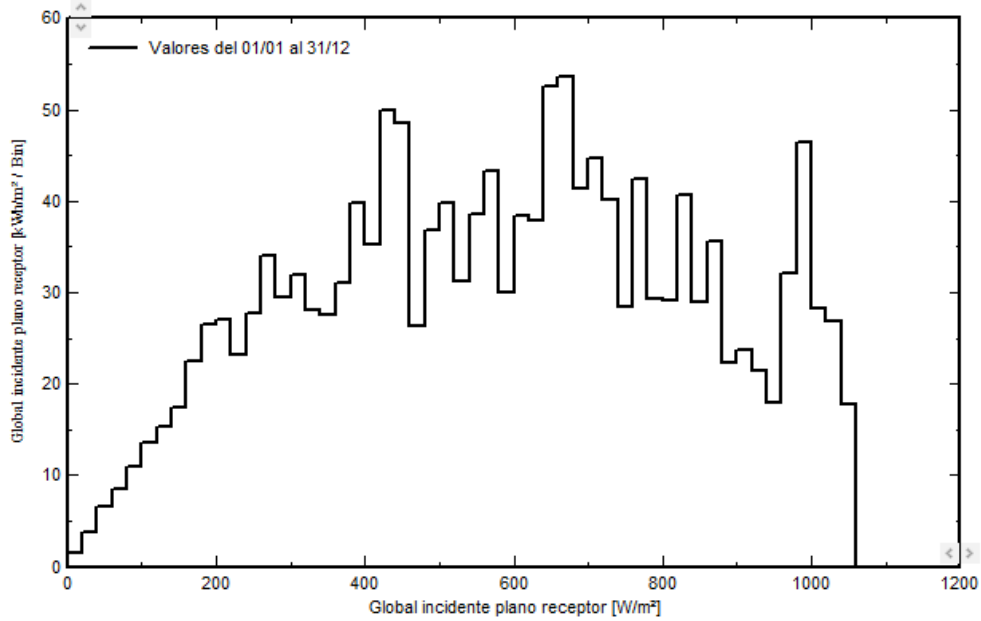


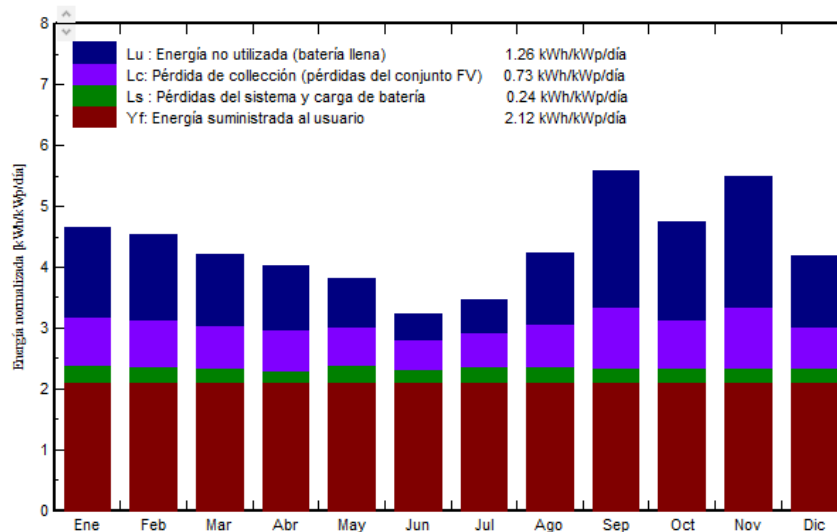
Figura 64. Energía incidente en el plano colector.

La energía que mayor incidencia tiene durante el mes de septiembre y noviembre son las más destacadas. Pero la energía incidente de referencia es de 4.344 kWh/m<sup>2</sup>/día. Es una gran cantidad que recolecta el FV.



**Figura 65.** Distribución de irradiación.

La figura 65 de irradiación incidente nos brinda la información sobre incide la energía solar en el plano receptor de que tiene el diseño de este. Con el transcurso del día va surgiendo los cambios de energía con el tiempo va cambiando.



**Figura 66.** Producciones normalizadas.

En la figura 66 la información la franja azul de la energía no utilizada lo que es la batería llena para el mes de septiembre y noviembre se observa lo que la batería no tendrá una mayor de descarga, en cambio en el mes de junio y julio tendrá una mayor descarga por el invierno que llega a la zona. Las pérdidas por del conjunto FV será en los mismos meses ya que la radiación disminuye por la zona de invierno nos refleja la franja violenta. La franja verde da la pérdida del sistema y carga de batería lo que se da en el mes de mayo. La franja coche vino nos da la energía suministrada del usuario será constante por la zona del proyecto.

### **4.3 Conclusiones del capítulo IV**

Tras analizar los resultados teóricos con respecto a los resultados de la simulación con el programa PVsyst 7.2 se puede concluir que el diseño fotovoltaico operará con un rendimiento del 70%, la gráfica 4 indica que durante los 12 meses del año tendremos pérdidas por batería plena, sumando un total de 1.26 kWh/kWp/día, esto indica que el banco de baterías siempre tendrá la suficiente energía para abastecer el consumo diario en el comercial paredes sin inconvenientes.

## CONCLUSIONES GENERALES

- En la actualidad, el suministro de electricidad del Comercial Paredes está dado por la red pública, el consumo que se tiene es de 5.070 kW en su uso diario, al implantar un sistema solar fotovoltaico aislado es una inversión a largo plazo así, contribuyendo al medio ambiente con el uso de energía solar y obteniendo un ahorro de 15 dólares mensuales.
- Se seleccionaron 4 paneles fotovoltaicos de 400W de potencia, arreglados en un circuito mixto de dos ramas en paralelo con dos paneles conectados en serie, lo cual genera una potencia de 1600 W, voltaje del circuito abierto es de 97.4V con la corriente de corto circuito de 21.58A.
- El software seleccionado PVsyst 7.2, creado para el dimensionamiento de producción de energía alternativa, para lo cual la energía solar mediante paneles solares de un sistema aislado para el Comercial Paredes, tomando en cuenta los productos que se encuentran en el país con sus proveedores, la simulación del software se realizó con los valores teóricos de referencia lo cual se tuvo rendimiento (PR) de 0.70 en el mes Junio, siendo uno de los mejores meses del año pero su rendimiento (PR) anual es de 0.488 lo cual tiene una excelente eficiencia, el ángulo de inclinación seleccionado fue de 10° tendiendo un mayor rendimiento para la absorción de la energía solar.
- El análisis económico del costo para llevar a cabo este proyecto, se obtuvo una cotización primeramente de los componentes del arreglo fotovoltaico, el valor de todos los materiales necesarios llega hasta \$ 5825.68, añadiendo el costo de instalación el valor asciende hasta \$ 6990.81. Tomando en cuenta el valor mensual que se paga en el comercial, el tiempo para recuperar de la inversión es de 38.3 años, el valor agregado de contribuir en el cuidado del planeta y su entorno mediante la utilización de energías renovables hace que se pueda llevar a cabo este proyecto.

## **RECOMENDACIONES GENERALES**

- Verificar con un estudio de producción apoyándose en la red pública, es decir, un arreglo fotovoltaico on-grid con conexión a la red pública, para ajustar la posibilidad del sistema aislado respecto a otro conectado a la red, verificar su eficiencia en zona urbana para el uso de la sociedad, reducir el uso de combustible fósiles con energía renovable así aprovechando la zona geográfica que brinda la provincia de Sucumbíos.
- Se recomienda realizar cálculos con paneles FV de diferente potencia, ya sea aumentar el número de paneles con menor potencia o, al contrario, aumentando la potencia de los módulos, teniendo en cuenta el área disponible de instalación que nos toque realizar, verificando su rendimiento con la variación de potencia y cantidad de módulos FV y el consumo abastecer.
- El software PVsyst 7.2, tener en cuenta la geografía que se va a realizar ya que de eso depende el rendimiento de los modulo fotovoltaico, con un ángulo de inclinación se debe tomar en cuenta la latitud, ya que las condiciones operación cambia. Para tener mayor confianza del diseño se puede realizar otra simulación apoyándose de otro software como puede ser PV-sol para validar el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

## LISTA DE REFERENCIAS

- [1] J. Hormaeche, Á. Laborda, and T. Sáenz, *Petróleo y energía*. 2008.
- [2] “View of Solar Radiation Prediction on Photovoltaic Systems Using Machine Learning Techniques.”  
<https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/11751/9617>  
(accessed Apr. 14, 2022).
- [3] C. Grijalva and F. Vélez, “Estudio e implementación de un sistema fotovoltaico aplicado a luminarias: caso de estudio Unidad educativa Dr. Francisco Falquéz Ampuero,” 2020.
- [4] R. Hernández, “análisis de factibilidad para la instalación de un sistema de energía limpia mediante celdas fotovoltaicas para la alimentación eléctrica del edificio 4 en el ITSLV.,” 2017.
- [5] J. López, “propuesta para la distribución de sistemas de generación de electricidad por medio de paneles solares en los distintos pueblos del departamento de la Guajira,” 2015.
- [6] R. Quintana, diseño de un sistema de abastecimiento de energía eléctrica con el uso de energías renovables como la solar en viviendas unifamiliares en la parroquia Atahualpa, cantón Ambato, provincia Tungurahua” 2020.
- [7] L. Aulestia and M. Celi, “implementación de un sistema de paneles solares fotovoltaicos con capacidad de 20 kw/mes para ser utilizados en instalaciones industriales” 2017.
- [8] G. González, J. Zambrano, and E. Estrada, “estudio, diseño e implementación de un sistema de energía solar en la comuna puerto roma de la isla Mondragón del golfo de Guayaquil, provincia del Guayas.,” 2014.
- [9] W. Mogrovejo and J. Sarmiento, “Análisis de factibilidad técnica y económica en la implementación de energía fotovoltaica y termo solar para generación de electricidad y calentamiento de agua mediante paneles solares fijos y con un seguidor de sol de construcción casera, para una vivienda unifamiliar,” 2011.
- [10] H. Ramos and R. Luna, “diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el área de estacionamiento de la universidad tecnológica de salamanca,” 2014.

- [11] E. Villegas and L. Alcivar, “diseño de un sistema fotovoltaico para la escuela de educación básica simón bolívar en la comunidad masa 2, golfo de Guayaquil,” 2020.
- [12] G. Guamán, “estudio de la disposición de celdas solares en paneles fotovoltaicos de 10w para analizar su eficiencia de conversión de energía,” 2014.
- [13] A. Carballo, “La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica,” *REDVET*, vol. 17, no. 9, pp. 1–5, 2016.
- [14] S. Preet, “A review on the outlook of thermal management of photovoltaic panel using phase change material,” *Energy and Climate Change*, vol. 2, p. 100033, Dec. 2021, doi: 10.1016/J.EGYCC.2021.100033.
- [15] J. C. Schallenberg Rodríguez, *Energías renovables y eficiencia energética*. Instituto Tecnológico de Canarias, 2008.
- [16] Línea verde, “energías renovables ¿Qué son las energías renovables?,” 2018.
- [17] W. Villegas, “estudio para el suministro de energía eléctrica mediante un sistema fotovoltaico para el ‘mercado san Roque’,” escuela politécnica nacional del ecuador, Quito, 2021.
- [18] M. Quiroa, “Energía renovable - Qué es, definición y concepto | 2022 | Economipedia,” Jun. 21, 2022. <https://economipedia.com/definiciones/energia-renovable.html> (accessed Jun. 20, 2022).
- [19] C. Campoverde, G. Carrión, M. Carrión, P. Díaz, F. Jiménez, and S. Medina, “Parque Eólico Villonaco y su acción ante el cambio climático • SMARTGRIDSINFO,” Mar. 18, 2020. <https://www.smartgridsinfo.es/comunicaciones/comunicacion-parque-eolico-villonaco-accion-cambio-climatico> (accessed Jun. 20, 2022).
- [20] E. Rossi, “BIOGAS,” Accessed: Jun. 20, 2022. [Online]. Available: <https://prezi.com/p/lv9als9jbxcq/biogas/>
- [21] Ministerio de energía y minas, “Chachimbiro, Imbabura, tendrá la primera central de generación eléctrica con energía geotérmica – Ministerio de Energía y Minas,” Oct. 01, 2019. <https://www.recursosyenergia.gob.ec/chachimbiro-imbabura-tendra-la-primera-central-de-generacion-electrica-con-energia-geotermica/> (accessed Jun. 20, 2022).
- [22] CIER Galápagos, “energía mareomotriz,” Jun. 21, 2022. <https://ciergalapagos.wordpress.com/renovables/energia-mareomotriz/> (accessed Jun. 20, 2022).

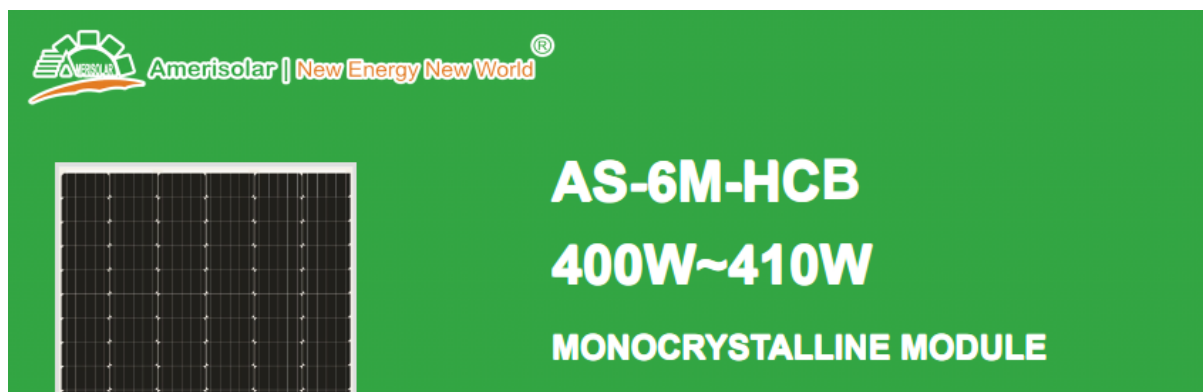


- [23] C. Orbezo and R. Arivilca, *libro\_de\_Energia-Solar-Fotovoltaica-Carlos-Orbezo-Roberto-Arivilca-with-cover-page-v2*. 2010.
- [24] CONELEC, “atlas solar del ecuador con fines de generación eléctrica Corporación para la Investigación Energética,” 2021.
- [25] Coordinación de energías renovables, “Energías Renovables,” 2008.
- [26] N. Garzón, “Análisis de uso y aprovechamiento de energía solar para la operación de infraestructuras de transporte urbano,” 2017.
- [27] J. Alonso, “Instalación Fotovoltaica Aislada - ¿Cómo se calcula paso a paso?,” Oct. 20, 2010. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/calculo-sistema-fotovoltaico-aislado/> (accessed Apr. 01, 2022).
- [28] SOPELIA, “dimensionado de un sistema fotovoltaico conectado a red,” Oct. 11, 2020. <https://www.energiasolar.lat/dimensionado-de-un-sistema-fv-conectado-a-red/> (accessed Apr. 01, 2022).
- [29] I. Candial, “análisis de un sistema fotovoltaico híbrido doméstico,” 2015.
- [30] Coparoman, “coparoman: Sistema fotovoltaico solar híbrido,” Jul. 03, 2017. <https://coparoman.blogspot.com/2017/07/sistema-fotovoltaico-solar-hibrido.html> (accessed Apr. 01, 2022).
- [31] G. Velasco and E. Cabrera, “Generación solar fotovoltaica dentro del esquema de generación distribuida para la provincia de Imbabura,” 2010.
- [32] D. Pilco and J. Jaramillo, “Sistemas fotovoltaicos para iluminación: paneles fotovoltaicos,” 2008.
- [33] M. Sirajuddin, “A Review Paper on Electricity Generation from Solar Energy,” *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, vol. V, no. IX, pp. 1884–1889, Sep. 2017, doi: 10.22214/ijraset.2017.9272.
- [34] P. Chenga, “Componentes de una instalación solar fotovoltaica,” 2018.
- [35] R. Serrano, “diferencia entre controlador de carga PWM y MPPT - Tritec Intervento,” Oct. 22, 2017. <https://tritec-intervento.cl/diferencia-entre-controlador-de-carga-pwm-y-mppt/> (accessed Jun. 20, 2022).
- [36] S. Peña, “estudio de aislantes térmicos para cubierta en paneles solares plásticos y su influencia sobre la eficiencia para el calentamiento de agua aprovechando la energía solar absorbida en la ciudad de Ambato,” 2014.
- [37] C. Jiménez, “transferencia de calor,” 2018.

- [38] IDEAM, “la radiación solar y su paso por la atmósfera - IDEAM,” Jun. 21, 2022. <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/la-radiacion-solar-y-su-paso-por-la-atmosfera> (accessed Jun. 20, 2022).
- [39] J. Pérez, “guía para el dimensionamiento de sistemas solares fotovoltaicos conectados y aplicación de la resolución creg 030 de 2018 para inyectar excedentes de energía a la red,” 2019.
- [40] Tecnosol, “orientación e inclinación para un mejor aprovechamiento solar - blog Tecnosol,” Apr. 06, 2021. <https://tecnosolab.com/noticias/orientacion-e-inclinacion-para-mejor-aprovechamiento-solar/> (accessed Jun. 20, 2022).
- [41] C. Honsberg, “Ángulo acimut | PVEducation,” Jun. 21, 2022. <https://www.pveducation.org/es/fotovoltaica/2-propiedades-de-la-luz-del-sol/%C3%A1ngulo-acimut> (accessed Jun. 20, 2022).
- [42] BIRTLH, “1.4.2.- Ángulos de posicionamiento solar y orientación fotovoltaica. | ISF02.- Principios básicos de la Energía Solar Fotovoltaica.,” Apr. 02, 2022. [https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/IEA/ISF/ISF02/es\\_IEA\\_ISF02\\_Contenidos/website\\_142\\_ngulos\\_de\\_posicionamiento\\_solar\\_y\\_orientacin\\_fotovoltaica.html](https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/IEA/ISF/ISF02/es_IEA_ISF02_Contenidos/website_142_ngulos_de_posicionamiento_solar_y_orientacin_fotovoltaica.html) (accessed Apr. 01, 2022).
- [43] A. Pilatasig, “evaluación de la calidad de energía eléctrica en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de bajo,” 2015.
- [44] área tecnológica, “Inversor Fotovoltaico Inversor de Energia Solar,” Mar. 04, 2022. <https://www.areatecnologia.com/electricidad/inversor-fotovoltaico.html> (accessed Apr. 02, 2022).
- [45] C. Romero, “dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica en el ecuador en baja tensión.,” 2020.
- [46] Tecnosol, “Baterías para energía solar. Tipos de baterías | Energía Solar Baterías | Tecnosol,” Aug. 26, 2016. <https://tecnosolab.com/noticias/baterias-para-energia-solar-tipos/> (accessed Jun. 20, 2022).
- [47] Anixter, “¿Qué es el cable fotovoltaico (FV/PV)? | Anixter,” 2018. [https://www.anixter.com/es\\_mx/resources/literature/wire-wisdom/pv-wire.html](https://www.anixter.com/es_mx/resources/literature/wire-wisdom/pv-wire.html) (accessed Jun. 20, 2022).
- [48] Damia Solar, “Conexión paneles solares: en paralelo, en serie, y conexión en serie y paralelo - Damia Solar Electrosol Energia S.L.,” Jun. 21, 2022. <https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y->

- sus-componentes/conexion-paneles-solares-en-serie-en-paralelo\_1 (accessed Jun. 20, 2022).
- [49] CPM solar, “conectar paneles o baterías | Cpm Solar,” Sep. 17, 2019. <https://cpmsolar.com/2019/09/17/conectar-paneles-o-baterias/> (accessed Jun. 20, 2022).
- [50] Calculadora PVWatts, “Calculadora PVWatts,” 2019. <https://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php> (accessed Apr. 19, 2022).
- [51] Amerisolar, “Monocrystalline module,” 2020.
- [52] Vitroenergy, “Inversores Phoenix,” 2020.
- [53] Morningstar corporation, “Manual de instalación y uso Controlador de sistema solar Cargador de batería solar con tecnología,” 2020. [Online]. Available: [www.morningstarcorp.com](http://www.morningstarcorp.com)
- [54] AOKLY POWER, “Manual de batería,” 2021.
- [55] Wall Street Prep, “Período de recuperación: fórmula y calculadora [plantilla de Excel],” 2022. <https://www.wallstreetprep.com/knowledge/payback-period/> (accessed Jun. 28, 2022).

Anexo 1. Datasheet Panel



**ADVANCED PERFORMANCE & PROVEN ADVANTAGES**

- High module conversion efficiency up to 20.4% by using innovative Half-cell design and Passivated Emmitter Rear Cell (PERC) technology.
- Low temperature coefficient and excellent performance under high temperature and low light conditions.
- Robust aluminum frame ensures the modules to withstand wind loads up to 2400Pa and snow loads up to 5400Pa.
- High reliability against extreme environmental conditions (passing salt mist, ammonia and hail tests).
- Potential induced degradation (PID) resistance.
- Positive power tolerance of 0 ~ +5%.

**CERTIFICATIONS**



- IEC 61215, IEC 61730, UL 1703, IEC 62716, IEC 61701, IEC TS 62804, CE, CQC, ETL(USA), JET(Japan), J-PEC(Japan), KS(South Korea), BIS(India), MCS(UK), CEC(Australia), CSI Eligible(CA-USA), Israel Electric(Israel), InMetro(Brazil), TSE(Turkey)
- ISO 9001:2015: Quality management system
- ISO 14001:2015: Environmental management system
- ISO 45001:2018: Occupational health and safety management system

<b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC</b>			
Maximum Power (P <sub>max</sub> )	400W	405W	410W
Open Circuit Voltage (V <sub>oc</sub> )	48.7V	49.0V	49.1V
Short Circuit Current (I <sub>sc</sub> )	10.79A	10.83A	10.87A
Voltage at Maximum Power (V <sub>mp</sub> )	40.7V	41.0V	41.3V
Current at Maximum Power (I <sub>mp</sub> )	9.84A	9.88A	9.93A
Module Efficiency (%)	19.9	20.1	20.4
Operating Temperature	-40°C to +85°C		
Maximum System Voltage	1000V DC/1500V DC		
Fire Resistance Rating	Type 1(in accordance with UL1703)/Class C(IEC61730)		
Maximum Series Fuse Rating	15A		

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell temperature 25°C, AM1.5

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NOCT

Maximum Power ( $P_{max}$ )	300W	304W	308W
Open Circuit Voltage ( $V_{OC}$ )	44.8V	45.1V	45.4V
Short Circuit Current ( $I_{SC}$ )	8.74A	8.77A	8.80A
Voltage at Maximum Power ( $V_{mp}$ )	37.0V	37.3V	37.6V
Current at Maximum Power ( $I_{mp}$ )	8.11A	8.15A	8.20A

NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup>, Ambient temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

## MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Monocrystalline PERC 158.75x79.375mm
Number of cells	144 (6x24)
Module dimensions	2008x1002x40mm (79.06x39.45x1.57inches)
Weight	23kg (50.7lbs)
Front cover	3.2mm (0.13inches) tempered glass with AR coating
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction box	IP68, 3 diodes
Cable	4mm <sup>2</sup> (0.006inches <sup>2</sup> ), 1100mm (43.31inches)
Connector	MC4 or MC4 compatible

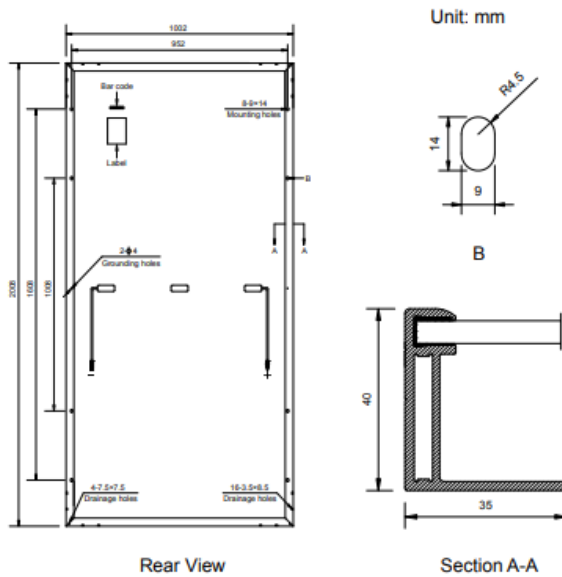
## TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	43°C±2°C
Temperature Coefficients of $P_{max}$	-0.36%/°C
Temperature Coefficients of $V_{OC}$	-0.28%/°C
Temperature Coefficients of $I_{SC}$	0.05%/°C

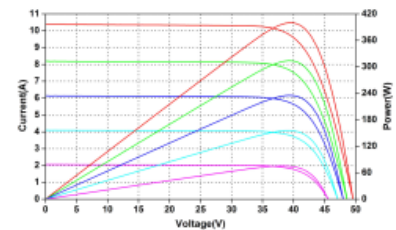
## PACKAGING

Standard packaging	27pcs/pallet
Module quantity per 20' container	270pcs
Module quantity per 40' container	594pcs(GP)/649pcs(HC)

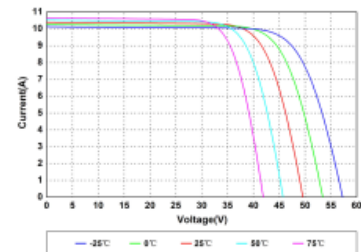
## ENGINEERING DRAWINGS



## IV CURVES



Current-Voltage and Power-Voltage Curves at Different Irradiances



## Anexo 2. Datasheet controlador



# TRISTAR MPPT™

## CONTROLADOR DE PANELES SOLARES CON DETECCIÓN DEL PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA



45 o 60 amperios  
hasta 150 Voltios  
a circuito abierto

Producto mostrado con instrumento opcional.

El controlador de paneles solares **TriStar MPPT** de Morningstar, con tecnología **TrakStar Technology™**, es un avanzado controlador de carga de baterías con capacidad de detección del punto de máxima potencia (MPPT) para paneles fotovoltaicos independientes de la red eléctrica, de hasta 3 KW de potencia. Este controlador tiene un incomparable rendimiento pico del 99% y mucho menos pérdidas de energía que otros controladores MPPT del mercado.

El **TriStar MPPT** aplica un avanzado algoritmo de seguimiento de carga para extraer la máxima potencia del panel fotovoltaico. Hace un barrido extremadamente rápido de toda la curva I-V para determinar la ubicación del pico de potencia. Este producto es el primer controlador de paneles fotovoltaicos con conexión Ethernet integrada para acceder a la Internet. También ofrece hasta 200 días de registro de datos.

### Principales características y beneficios

#### ■ Máxima extracción de energía

La tecnología **TrakStar MPPT** ofrece:

- Detección del punto de potencia pico superior al de otros controladores MPPT
- Barrido rápido de toda la curva I-V
- Reconocimiento de varios picos de potencia durante períodos de sombra o en instalaciones combinadas de grupos de paneles fotovoltaicos
- Excelente respuesta a la salida del sol y con bajo nivel de irradiación solar

#### ■ Fiabilidad extremadamente alta

- Factor térmico de alto margen, sin ventiladores de enfriamiento
- Diseño con circuitos en paralelo para reducir la sobrecarga y prolongar la vida útil de los componentes electrónicos
- Sin relés mecánicos
- Tiene protección contra cortocircuito en el panel
- Inductores encapsulados en epoxi y tarjetas de circuito impreso con revestimiento normalizado

#### ■ Funciones completas de interconexión en red y comunicaciones

Permite monitorear el sistema, registrar datos y ajustar parámetros. Utiliza protocolo **MODBUS™** de configuración abierta y software **MS View** de Morningstar.

- **Meterbus:** Para comunicaciones entre productos compatibles de Morningstar
- **Conexión serie RS-232:** Para conectar a una computadora personal
- **EIA-485:** Para comunicaciones entre varios dispositivos comunes a un bus colector
- **Ethernet:** Para conexión a la Internet o a una red local. Visualización con programa navegador de la Internet y envío de mensajes y texto.

#### ■ Registro de mediciones y datos

- El instrumento opcional **TriStar** y el instrumento remoto brindan datos detallados de operación, alarmas y fallas
- Indicación de estado del sistema en pantalla de tres LEDs



## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### Parámetros eléctricos

	TS-MPPT-45	TS-MPPT-60
• Corriente máxima de batería	45 amp.	60 amp.
• Entrada nominal máxima del panel	12 Voltios 24 Voltios 48 Voltios	600 Watts 1200 Watts 2400 Watts
		800 Watts 1600 Watts 3200 Watts

### TS-MPPT-45 y TS-MPPT-60

• Rendimiento pico	99%
• Voltaje nominal del sistema	12, 24, 36 o 48 VCC
• Voltaje máximo del panel a circuito abierto	150 VCC
• Rango de voltaje de servicio de batería	8-72 VCC
• Consumo propio máximo	2.7 Watts
• Protección contra picos transitorios	4500 Watts/conector

### Protecciones electrónicas

- Panel solar: Sobrecarga, cortocircuito, alto voltaje
- Batería: Alto voltaje
- Alta temperatura
- Descargas atmosféricas y picos transitorios
- Corriente inversa (de noche)

### Carga de batería

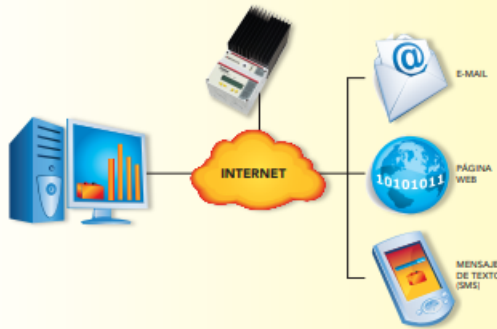
- Algoritmo de carga: 4 etapas
  - Etapas de carga: Principal (a corriente constante), absorción, flotante, ecualización (balance de carga)
  - Compensación de temperatura:
    - Coeficiente: -5 mV/°C/celda (25° de ref.)
    - Rango: -30 °C a +80 °C
    - Selector de carga: Absorción, flotante, ecualización, HVD
- Nota: Incluye sensor remoto de temperatura.

### Características físicas

- Dimensiones: 29.1 x 13.0 x 14.2 cm  
11.4 x 5.1 x 5.6 pulgadas
- Peso: 4.2 kg / 9.2 libras
- Medida máxima del conductor: 35 mm<sup>2</sup> / 2 AWG
- Aberturas para conductos: M20; ½, 1, 1-¼ pulgadas
- Caja: Tipo 1 (para interiores, ventilada)  
IP20

### Condiciones ambientales

- Temperatura ambiente: -40 °C a +45 °C
- Temperatura de almacenamiento: -55 °C a +100 °C
- Humedad: 100%, sin condensación
- Protección climática: Encapsulado de epoxi  
Revestimiento normalizado  
Terminales para atmósfera marina



### Conectores de comunicación

	TS-MPPT-45	TS-MPPT-60
• MeterBus	Sí	Sí
• RS-232	Sí	Sí
• EIA-485	No	Sí
• Ethernet	No	Sí

### Opciones

- Instrumento 2 TriStar (TS-M-2)
- Instrumento remoto 2 TriStar (TS-RM-2)
- Centralizador de instrumentos (HUB-1)
- Excitador de relés (RD-1)

### Normas

- Cumple con normas CE
- Inscrito en ETL (UL1741)
- cETL (CSA C22.2 No. 107.1-01)
- Cumple con Parte 15, Clase B de FCC
- Cumple con el Código Eléctrico Nacional de EE.UU. (NEC)
- Cumple con RoHS
- Fabricado en una planta aprobada por normas ISO 9001.

**GARANTÍA:** Cinco años de garantía. Comuníquese con Morningstar o su distribuidor autorizado para obtener los términos completos de la garantía.

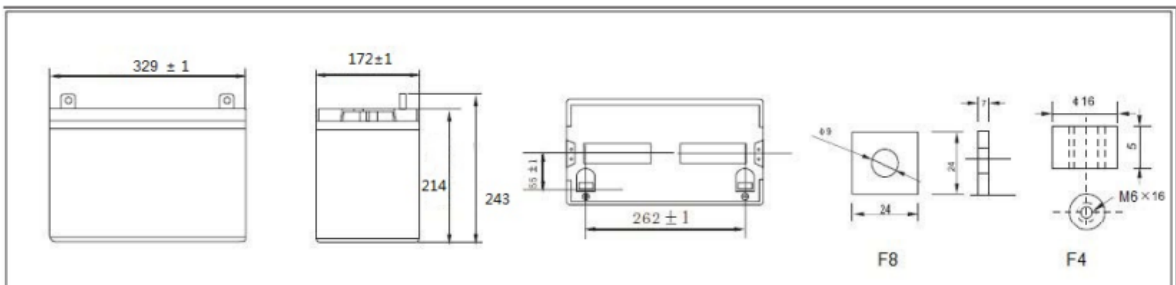
**DISTRIBUIDOR AUTORIZADO DE MORNINGSTAR:**

### ANEXO 3. Datasheet Batería

#### SPECIFICATIONS

<b>Model</b>	Nominal Voltage	12V		
	Rated Capacity (10Hr rate)	100Ah		
<b>Dimensions</b>	Length	Width	Height	Total Height
	329mm	172mm	214mm	243mm
<b>Weight</b>	Approx. 31.3kgs (+/-3%)			
<b>Capacity @25°C (77°F)</b>	10 Hour (10A,10.8V)	5 Hour (17A,10.8V)	3 Hour (25A,10.5V)	1 Hour (55A,9.6V)
	100Ah	85Ah	75Ah	55Ah
<b>Internal Resistance</b>	Fully charged at 25°C, approx. 4.2mΩ			
<b>Max. Discharge current</b>	1000A (5 Sec.)			
<b>Capacity Affected by Temp. (20Hr)</b>	40°C (104°F)	25°C (77°F)	0°C (32°F)	-15°C (5°F)
	112%	100%	80%	68%
<b>Self Discharge Rate @25°C (77°F)</b>	After 3 months Storage	After 6 months Storage	After 12 months Storage	
	91%	82%	64%	
<b>Charge Method</b>	Cycle Use		Float Charging	
	14.1-14.4V (Initial current less than 30A) @25°C (77°F)		13.5-13.8V@25°C (77°F)	

#### DIMENSIONS & TERMINALS





## ANEXO 4. Inversor

Inversor Phoenix	12 voltios 24 voltios 48 voltios	12/250 24/250 48/250	12/375 24/375 48/375	12/500 24/500 48/500	12/800 24/800 48/800	12/1200 24/1200 48/1200
Potencia cont. a 25°C (1)	250VA					
Potencia cont. a 25°C / 40°C	200 / 175W					
Pico de potencia	400W					
Tensión / frecuencia CA de salida (ajustable)	230VCA o 120VCA +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1%					
Rango de tensión de entrada	9,2 - 17 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 62,0V					
Desconexión por CC baja (ajustable)	9,3 / 18,6 / 37,2V					
Dinámica (dependiente de la carga)	Desconexión dinámica, ver					
Desconexión por CC baja (totalmente ajustable)	<a href="https://www.victronenergy.com/live/ve.direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff">https://www.victronenergy.com/live/ve.direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff</a>					
Reinicio y alarma por CC baja (ajustable)	10,9 / 21,8 / 43,6V					
Detector de batería cargada (ajustable)	14,0 / 28,0 / 56,0V					
Eficacia máx.	87 / 88 / 88%	89 / 89 / 90%	90 / 90 / 91%	90 / 90 / 91%	91 / 91 / 92%	
Consumo en vacío	4,2 / 5,2 / 7,9W	5,6 / 6,1 / 8,5W	6 / 6,5 / 9W	6,5 / 7 / 9,5W	7 / 8 / 10W	
Consumo en vacío predeterminado en modo ECO (Intervalo de reintento: 2,5 s, ajustable)	0,8 / 1,3 / 2,5W	0,9 / 1,4 / 2,6W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0	
Ajuste de potencia de parada y arranque en modo ECO	Ajustable					
Protección (2)	a - f					
Rango de temperatura de trabajo	-40 to +65°C (refrigerado por ventilador) (reducción de potencia del 1,25% por cada °C por encima de 25°C)					
Humedad (sin condensación)	máx. 95%					
<b>CARCASA</b>						
Material y color	Chasis de acero y carcasa de plástico (azul RAL 5012)					
Conexión de la batería	Bornes de tornillo					
Sección de cable máxima:	10mm <sup>2</sup> / AWG8	10mm <sup>2</sup> / AWG8	10mm <sup>2</sup> / AWG8	25/10/10mm <sup>2</sup> / AWG4/8/8	35/25/25 mm <sup>2</sup> / AWG 2/4/4	
Tomas de corriente CA estándar	230V: Schuko (CEE 7/4), IEC-320 (enchufe macho incluido) UK (BS 1363), AU/NZ (AS/NZS 3112) 120V: Nema 5-15R					
Tipo de protección	IP 21					
Peso	2,4kg / 5,3lbs	3,0kg / 6,6lbs	3,9kg / 8,5lbs	5,5kg / 12lbs	7,4kg / 16,3lbs	
Dimensiones (al x an x p en mm.) (al x an x p, pulgadas)	86 x 165 x 260 3,4 x 6,5 x 10,2	86 x 165 x 260 3,4 x 6,5 x 10,2	86 x 172 x 275 3,4 x 6,8 x 10,8	105 x 216 x 305 4,1 x 8,5 x 12,1 (12V modelo: 105 x 230 x 325)	117 x 232 x 327 4,6 x 9,1 x 12,9 (12V modelo: 117 x 232 x 362)	
<b>ACCESORIOS</b>						
On/Off remoto	Sí					
Conmutador de transferencia automático	Filax					

## Anexo 5. Cotización inversora



# Cotización

<b>Fecha:</b> 23/06/2022 17:06:46  <b>RENOVAENERGIA S.A.</b> <b>RUC: 1792187567001</b> Pasaje S. Melo OE1-37 y Av. Galo Plaza Lazo Quito - Ecuador Tlf: (593 2) 2403643 Ext. 101 y 102 Celulares: 0987000710, 0987593688 Email: info@renova-energia.com www.renova-energia.com	<b>Proforma:</b> RNV-OF-UIO-16905-23062022  <b>Cliente:</b> <b>Ruc:</b> <b>Dirección:</b> <b>Email:</b> gilber600@gmail.com <b>Teléfono:</b> <b>Celular:</b> 0984111302
---	--

## Oferta Económica

Equipo	Código y Modelo	Cantidad	P. Normal	Dcto.	P.Unitario	P. Con Iva	Subtotal	Total (+IVA)	
Inversores	IN055 - Victron Energy Phoenix Inverter 48/1200-120V NEMA 5-15R PIN481220500	1.00	\$853.34	8%	\$785.07	\$879.28	\$785.07	\$879.28	
<b>Son: OCHOCIENTOS SETENTA Y NUEVE DOLARES 28/100</b>							<b>Totales</b>	\$785.07	\$879.28

## Entregas

IN055 - Entrega 1 día calendario o inmediata, contados a partir de la aceptación de la propuesta y sus condiciones.

**Anexo 6. Ubicación de la zona de proyecto.**

