



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE ELECTRICIDAD

**COMPORTAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO EN
PRESENCIA DE IRRADIACIÓN SOLAR Y ARTIFICIAL**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: Christopher Enrique Morán Carabajo

Boris Fabricio Villa Villa

TUTOR: Ing. Gary Omar Ampuño Avilés. Msc

Guayaquil – Ecuador

2022

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Christopher Enrique Morán Carabajo con documento de identificación 0942122326 y Boris Fabricio Villa Villa con documento de identificación 0951030865, manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizo 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.

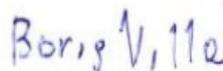
Guayaquil, 12 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Christopher Enrique Morán Carabajo

0942122326



Boris Fabricio Villa Villa

0951030865

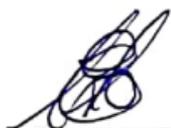
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.

Nosotros, Cristopher Enrique Morán Carabajo con documento de identificación 0942122326 y Boris Fabricio Villa Villa con documento de identificación 0951030865, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy el autor del Trabajo de titulación: “Comportamiento de un sistema fotovoltaico aislado en presencia de irradiación solar y artificial”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

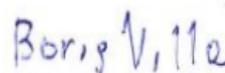
Guayaquil, 12 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Cristopher Enrique Morán Carabajo

0942122326



Boris Fabricio Villa Villa

0951030865

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Gary Omar Ampuño Avilés con documento de identificación No. 0922639752, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “Comportamiento de un sistema fotovoltaico aislado en presencia de irradiación solar y artificial” realizado por Cristopher Enrique Morán Carabajo con documento de identificación 0942122326 y Boris Fabricio Villa Villa con documento de identificación 0951030865, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de PROYECTO TÉCNICO que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 12 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Ing. Gary Omar Ampuño Avilés, Msc

0922639752

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis a mi padre Luis Morán, a mi madre Rosa Carabajo y hermano Luis Morán, por estar presentes y juntos a mi lado en mi proceso de la obtención del título de tercer nivel, han sido un pilar fundamental e importante en mi vida ya que siempre me han brindado su apoyo y consejos, ellos han sido participes en este arduo camino, el mismo que está llegando a su parte final,

Cristopher Enrique Morán Carabajo

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por la salud y vida que me ha brindado, por permitirme llegar hasta la parte final de mi carrera y por la bendición que siempre me da día a día.

Agradezco a mis padres por apoyarme siempre incondicionalmente en este proceso previo a obtener el título de ingeniero, por sus palabras motivacionales que han sido para mí el impulso en todo este proceso.

A la Universidad Politécnica Salesiana ya que la institución tiene docentes calificados para la enseñanza y que gracias a ellos he obtenido el conocimiento que necesito para aplicar en vida laboral.

Cristopher Enrique Morán Carabajo

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi padre Fermin Villa Arévalo, a mi madre Ligia Mercedes Villa Sanchez y a mi hermana Ligia Elizabeth Villa Villa por apoyarme en todo este proceso de educación que he tenido en mi carrera. A mis abuelos Oswaldo y Ana Eloisa que, aunque no estén presentes, sus consejos me hicieron llegar tan lejos en mi vida

A mis amigos que han estado conmigo desde el colegio, porque me han dado apoyo moral desde el primer día que empecé esta carrera universitaria, y aun lo siguen haciendo.

Boris Fabricio Villa Villa

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a Dios y a la Virgen María por permitirme que pueda estar en este punto de mi vida, y también por cuidarme siempre.

A mis padres porque sus palabras ya sean buenas o malas, me supieron llegar hasta mi corazón y permitir que me pueda superar día a día. A la Universidad Politécnica Salesiana por tener docentes de calidad que me han inculcado todos los conocimientos que he adquirido durante años y también me impartieron las enseñanzas de Don Bosco.

Agradezco a mi tutor de tesis, Ing. Gary Omar Ampuño Avilés, por resolver algunas problemáticas durante la realización de este trabajo.

Boris Fabricio Villa Villa

RESUMEN

El siguiente trabajo de titulación tiene como objetivo evaluar un sistema fotovoltaico aislado utilizando diferentes tipos de irradiación ya sea natural que es ofrecida por el sol en horario de la mañana y tarde, y también utilizando la luz artificial utilizada por la noche. Este estudio se realiza porque el espectro de luz visible generado por la luz artificial es capaz de ser absorbido por el panel fotovoltaico, generando energía para la carga de baterías que no se pudo completar durante el día debido a las condiciones climáticas poco favorables que no permiten un óptimo rendimiento del sistema.

En el caso de la luz solar se realizó un estudio en la terraza del edificio E de la Universidad Politécnica Salesiana, así como también, en una vivienda de la Comuna Masa 2 para verificar que la irradiancia varía de acuerdo con las condiciones climáticas del día y también por la ubicación del sistema fotovoltaico.

Para la metodología de la luz artificial, se expuso al panel solar en diferentes tipos de luminaria como el caso de luz halógena, luz incandescente y luz led para verificar si este puede reemplazar la luz solar permitiendo la carga de las baterías mientras se mantiene una carga conectada como el caso de una luz led de 6W, un smartphone de 8W y una radio recargable de 6W.

Analizando los resultados se comprobó que la luz halógena de 1000W generó una potencia en el panel de 5W, junto a una corriente de 0.3A. La luz led de 200W formó una corriente de 0A y una potencia de 0W en el panel. Y, la luz incandescente de 100W creó una potencia de 1W, además de una corriente de 0A.

Palabras claves:

Sistema Fotovoltaico, Irradiación, Luz Solar, Luz Artificial, Panel Solar

ABSTRACT

The following degree work has as a purpose evaluate an isolated photovoltaic system using different kinds of irradiation, whether is naturally done by the sun at the morning and afternoon and using artificial light by night.

This work of study is done because the visible light spectrum generated by artificial light can be absorbed by the photovoltaic panel, generating energy for battery charging that is not able to complete because of unfavorable weather conditions that don't allow an optimal system performance.

In the case of solar light, a study was performed at the rooftop of the building "E" of the Universidad Politécnica Salesiana, as well as at a house of Comuna Masa 2 to verify if the irradiation varies according by weather conditions of the day and by the location of the photovoltaic system.

For the artificial light methodology, the solar panel was exposed to different types of luminaries, like halogen, incandescent, and LED lights to verify if it's capable of replace solar light allowing battery charging while keeping a connected charge like 6W LED lights, 8w smartphone and 6W rechargeable radio.

Analyzing the results, it was verified that 1000W halogen light generated 5W of power to the panel next to 0.3A current, 200W led light generated 0A current and 0W of power to the panel, and the 100w incandescent light generated 1W of power and a current of 0A.

Keywords:

Photovoltaic System, Irradiation, Sunlight, Artificial Light, Solar Panel.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN	vii
PALABRAS CLAVES:	vii
ABSTRACT	viii
KEYWORDS:	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
CAPITULO I	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	1
1.3 DELIMITACIÓN	2
1.4 PROBLEMÁTICA	3
1.5 BENEFICIARIOS	3
1.6 OBJETIVOS.....	4
1.6.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
1 ANTECEDENTES	5
2 PANEL SOLAR	6
3 PARÁMETROS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE UN PANEL FOTVOLTAICO	7
3.1 CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.....	7
3.2 TENSIÓN DE CIRCUITO ABIERTO	7
3.3 PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA	7
3.4 FACTOR DE FORMA	8
3.5 EFICIENCIA O RENDIMIENTO	8
4 REGULADOR.....	8

5	BATERÍA.....	9
6	INVERSOR.....	10
6.1	INVERSOR DE RED.	10
6.2	INVERSORES AUTO CONMUTADOS.....	10
7	RADIACIÓN SOLAR	11
7.1	TIPOS DE RADIACIÓN	11
7.1.1	RADIACIÓN DIRECTA	11
7.1.2	RADIACIÓN DIFUSA.....	11
7.1.3	RADIACIÓN REFLEJADA O ALBEDO.....	12
7.2	ÁNGULO DE INCLINACIÓN.....	12
8	IRRADIACIÓN SOLAR	12
8.1	IRRADIANCIA SOLAR EN EL ECUADOR.....	12
8.2	IRRADIACIÓN EXACTA EN UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	13
8.3	IRRADIACIÓN EXACTA EN MASA 2	14
8.4	PROMEDIO ANUAL DE IRRADIACIÓN EN UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	15
8.5	PROMEDIO ANUAL DE IRRADIACIÓN EN MASA 2.....	16
8.6	PROMEDIO HORARIO DE IRRADIACIÓN EN UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	17
8.6.1	PROMEDIO HORARIO DE IRRADIACIÓN EN COMUNA MASA 2	18
8.7	RADIACIÓN ARTIFICIAL	20
8.7.1	LABORATORIO DE ENSAYOS DE COMPONENTES FOTOVOLTAICOS CON HAZ DE LUCES	20
8.7.2	ESPECTRO DE LUZ VISIBLE.....	22
8.8	TIPOS DE LÁMPARA	24
8.8.1	LÁMPARA INCANDESCENTE	24
8.8.2	LÁMPARA LED	24
8.8.3	LÁMPARA HALÓGENA	25
CAPÍTULO III: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL ENTRENADOR SOLAR FOTOVOLTAICO		26
9	DISEÑO DE MÓDULO FOTOVOLTAICO DE ENTRENAMIENTO.....	26
9.1	COMPONENTES DEL ENTRENADOR SOLAR FOTOVOLTAICO...	27
9.2	DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS.....	27
9.3	PLANOS DEL ENTRENADOR FOTOVOLTAICO	28
9.3.1	PANELES.....	28
9.3.2	ESTRUCTURA.....	33

9.4	IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULO FOTOVOLTAICO DE ENTRENAMIENTO	34
10	DESARROLLO EXPERIMENTAL	37
10.1	RADIACIÓN SOLAR	38
10.1.1	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	38
10.1.2	COMUNIDAD MASA 2.....	40
10.1.3	RADIACIÓN ARTIFICIAL.....	42
10.2	EQUIPOS UTILIZADOS.	44
10.2.1	RADIACIÓN SOLAR.....	44
10.2.2	RADIACIÓN ARTIFICIAL.....	44
10.3	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	45
10.3.1	RADIACIÓN SOLAR.....	45
10.3.2	RADIACIÓN ARTIFICIAL.....	46
	CAPÍTULO IV: RESULTADOS	49
11	VALORES OBTENIDOS EN UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	49
11.1	RADIACIÓN SOLAR	49
11.2	RADIACIÓN ARTIFICIAL	51
11.2.1	LÁMPARA HALÓGENA 1000W	51
11.2.2	FOCOS INCANDESCENTES 110W	53
11.2.3	REFLECTOR LED DE 200W	55
12	VALORES OBTENIDOS EN MASA 2.....	57
13	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
13.1	CONCLUSIONES	59
13.2	RECOMENDACIONES	60
	BIBLIOGRAFÍA	61
	ANEXOS	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación Geográfica de la Universidad Politécnica Salesiana.....	2
Figura 2: Ubicación Geográfica de Masa 2.....	3
Figura 3: Componentes de un Sistema Fotovoltaico Aislado a la red.....	6
Figura 4. Panel Fotovoltaico.....	7
Figura 5. Regulador MPPT	8
Figura 6. Baterías	9
Figura 7. Inversor aislado.....	10
Figura 8. Tipos de radiación en energía solar.....	11
Figura 9. Irradiación global horizontal en el Ecuador.....	12
Figura 10. Irradiación solar promedio en Universidad Politécnica Salesiana.....	13
Figura 11. Irradiación solar promedio en Masa 2.....	14
Figura 12. Espectro visible por el hombre.....	20
Figura 13. Laboratorio de ensayos de paneles fotovoltaicos.....	21
Figura 14. : Descomposición de un reflector a 1 metro de distancia ubicado en una superficie plana.....	21
Figura 15. Espectro de luz visible de una lámpara incandescente	22
Figura 16. Espectro de luz visible de una lámpara halógena	22
Figura 17. Espectro de luz visible de lámpara led cálida	23
Figura 18. Espectro de luz visible de lámpara led frío	23
Figura 19. Lámpara incandescente	24
Figura 20. Lámpara led de 50W	24
Figura 21. Lámpara halógena.....	25
Figura 22. Módulo didáctico utilizado por estudiantes de Electrónica.....	26
Figura 23. Panel 1 diseñado en AutoCAD	29
Figura 24. Panel 2 diseñado en AutoCAD	29
Figura 25. Panel 3 diseñado en AutoCAD	30
Figura 26. Panel 4 diseñado en AutoCAD	30
Figura 27. Panel 5 diseñado en AutoCAD	31
Figura 28. Panel 6 diseñado en AutoCAD	31
Figura 29. Panel 7 diseñado en AutoCAD	32
Figura 30. Panel 8 diseñado en AutoCAD	32
Figura 31. Estructura diseñada en AutoCAD.....	33

Figura 32. Estructura final entrenador solar fotovoltaico.....	34
Figura 33. Panel “Luminarias” con sus elementos.....	35
Figura 34. Entrenador solar fotovoltaico con sus componentes.....	36
Figura 35. Conexión de un sistema fotovoltaico aislado.....	37
Figura 36. Conexión del sistema fotovoltaico aislado para prueba.....	38
Figura 37. Diagrama de flujo para la experimentación con radiación solar.....	39
Figura 38. Sistema fotovoltaico instalado en una vivienda de Masa 2.	40
Figura 39. Diagrama de flujo para la experimentación en Masa 2.....	41
Figura 40. Reflector Halógeno sobre panel fotovoltaico.....	42
Figura 41. Diagrama de flujo para la lectura de datos con radiación artificial.	43
Figura 42. Estación meteorológica de la Universidad Politécnica Salesiana.....	45
Figura 43. Piranómetro de mano.	46
Figura 44. Termómetro infrarrojo.	47
Figura 45. Luxómetro.....	48
Figura 46. Lectura de irradiación utilizando estación meteorológica.	106
Figura 47. Panel Fotovoltaico de 150W para pruebas en terraza.	106
Figura 48. Condición climática viernes 5 de agosto del 2022.....	107
Figura 49. Verificación de que el panel fotovoltaico no genera energía por la noche.	107
Figura 50. 4 focos incandescentes apuntando al panel fotovoltaico.	108
Figura 51. Reflector led apuntando al panel fotovoltaico.	108
Figura 52. Lámpara halógena apuntando al panel fotovoltaico,	109
Figura 53. Toma de temperatura al panel fotovoltaico expuesto a lámpara halógena.	109
Figura 54. Lectura de irradiación artificial utilizando el piranómetro.	110
Figura 55. Viaje en lancha hasta la Comuna Masa 2.	111
Figura 56. Comprobación del sistema fotovoltaico aislado.	111
Figura 57. Vivienda de la señora Ana Valderde.	112
Figura 58. Lectura de datos irradiación solar	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Radiación solar y parámetros meteorológicos de Universidad Politécnica Salesiana.....	15
Tabla 2. Datos promedios de irradiación en Universidad Politécnica Salesiana.....	16
Tabla 3. Radiación solar y parámetros meteorológicos de Masa 2	16
Tabla 4. Datos promedios de irradiación en Masa 2	17
Tabla 5. Promedio horario de irradiación en Universidad Politécnica Salesiana.....	18
Tabla 6. Promedio horario de irradiación en Masa 2.....	19
Tabla 7. Cargas detectadas en instalación de sistema fotovoltaico aislado.....	40
Tabla 8. Prueba con luz a un sistema aislado con carga utilizando luz solar.	50
Tabla 9. Irradiancia de lámpara halógena a varias distancias.....	51
Tabla 10. Irradiancia de lámpara halógena a un sistema aislado.....	52
Tabla 11. Irradiancia de 4 focos incandescentes a varias distancias.	53
Tabla 12. Prueba con focos incandescentes a un sistema aislado.....	54
Tabla 13. Irradiancia del reflector led a varias distancias.	55
Tabla 14. Prueba con un reflector led a un sistema aislado.....	56
Tabla 15. Prueba en una vivienda de Masa 2	57

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Controlador de Carga SMARTSOLAR MPPT 75/15	64
Anexo 2. Controlador de Carga BLUESOLAR.....	65
Anexo 3. Controladores de Carga MPPT Bluesolar y Smartsolar	66
Anexo 4. Inversor Phoenix 250 VA	68
Anexo 5. Batería Ritar Power 12VDC 40Ah	70
Anexo 6. Panel Fotovoltaico Sunlink PV 150W	72
Anexo 7. Luxómetro Digital con Auto-Rango TM-203.....	74
Anexo 8. Piranómetro de Mano SM206.....	75
Anexo 9. Foco Incandescente.....	76
Anexo 10. Reflector Led 200W Tekno	77
Anexo 11. Lámpara Halógena 1000W	78
Anexo 12. Guía de Prácticas para el módulo de sistema fotovoltaico	79
Anexo 13. Fotos durante pruebas en Universidad Politécnica Salesiana.....	106
Anexo 14. Fotos durante pruebas en Comuna Masa 2	111

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas al momento de hablar sobre el comportamiento de los sistemas fotovoltaicos se refiere a cuanta energía puede entregar el panel fotovoltaico debido a la radiación que este absorbe, el cual puede verse afectado por condiciones climáticas, horas del día o en algunos casos por el tipo de iluminación que directamente reciben. Durante la mañana y tarde se puede aprovechar la irradiación que ofrece el sol, el cual va a depender de diversos factores pero se verá limitado por el tiempo que está presente, haciendo que en la noche se busque una fuente alternativa de irradiación como la que pueden ofrecer reflectores, bombillas incandescentes, entre otras similares para poder realizar un estudio sobre el funcionamiento y comportamiento de un módulo fotovoltaico (Villacis Larco, 2014).

En la carrera de Ingeniería en Electricidad se ha incluido materias relacionadas con las energías renovables para optimizar la generación y utilización de estas mismas, busca generar mejores alternativas su utilización y pensando también en el impacto ambiental (Adler et al., 2013). Este sistema está integrado por: paneles solares, el regulador de carga, acumulador, baterías e inversor (Peñañiel Morales & Gómez Bravo, 2022).

Este proyecto implica el diseño e implementación de un entrenador fotovoltaico donde se estudiará el comportamiento de un sistema fotovoltaico en diferentes condiciones de irradiación, ya sea de tipo natural por medio de la luz solar o artificial utilizando diferentes tipos de luminarias. Además, se incluirá una guía de prácticas para que el estudiante pueda experimentar y complementar la parte teórica acerca de energías renovables.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La importancia de verificar el comportamiento de los paneles solares bajo diferentes tipos de irradiación es conocer la diferencia que se presenta en el rendimiento del sistema fotovoltaico ante la luz natural como el sol y ante una luz artificial como sería una luminaria. Con lo cual, se pretende incrementar la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos a través de estudios como el presentado en este trabajo.

1.3 DELIMITACIÓN

El lugar donde se realizará la implementación del módulo fotovoltaico será en el Laboratorio de Generación ubicado en el Edificio E de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil en el campus Centenario, mientras que las pruebas con el panel fotovoltaico se realizarán en la terraza del edificio mencionado anteriormente. La implementación del entrenador fotovoltaico y las pruebas para comprobar el comportamiento se realizará en un tiempo estimado de seis meses.

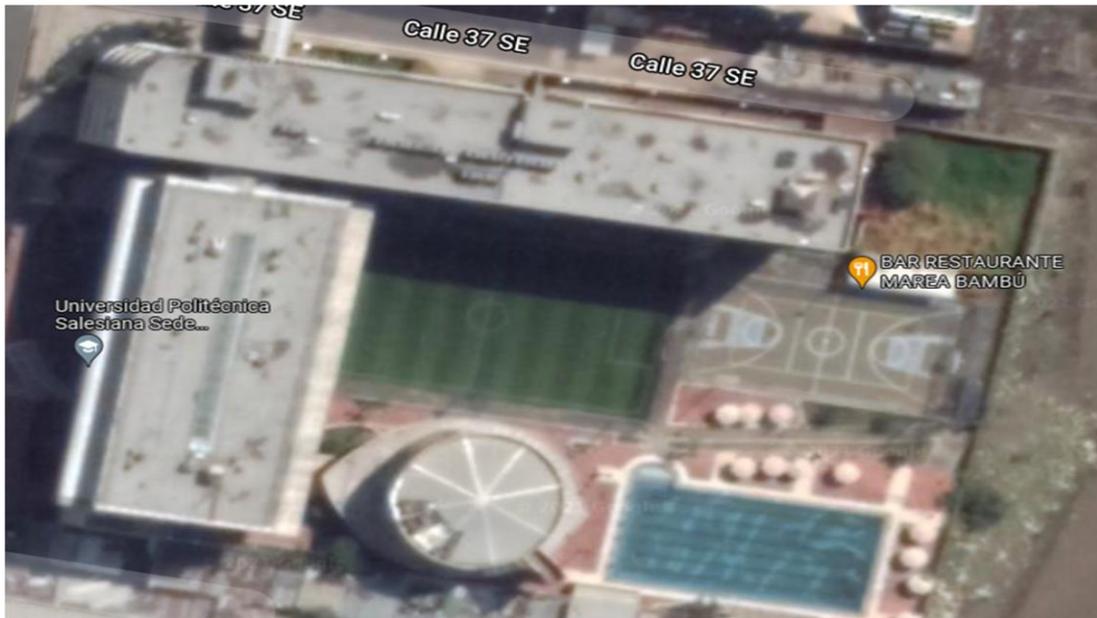


Figura 1: Ubicación Geográfica de la Universidad Politécnica Salesiana.

Fuentes: Google Maps (2022)

Adicional, se harán pruebas de radiación natural en un sistema fotovoltaico instalado en una comunidad donde carecen de energía eléctrica de la red y lleva funcionando durante un año, con el fin de obtener datos reales durante una hora en intervalos de cinco minutos para adquirir los valores de voltaje y radiación con el objetivo de mejorar el sistema.



Figura 2: Ubicación Geográfica de Masa 2

Fuentes: Google Maps (2022)

1.4 PROBLEMÁTICA

En la actualidad aún existen zonas rurales o pobladas que no tienen acceso a energía eléctrica de la red convencional, debido a esto se implementan sistemas fotovoltaicos para mejorar la calidad de vida de estas comunidades. Uno de los inconvenientes de los sistemas fotovoltaicos es la variación de la radiación solar debido a causas como las nubes y las horas de la noche, donde se presencia la falta de la irradiación solar. Una de las alternativas para aumentar el tiempo de radiación es por un sistema artificial.

1.5 BENEFICIARIOS

La comunidad en general, ya que se mejorará el rendimiento de los paneles fotovoltaicos conectados a un sistema aislado de la red eléctrica afectados por irradiación solar o artificial para poder generar más potencia que requiera los elementos conectados sin afectar el uso y carga de las baterías.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo general

Comparar el funcionamiento del sistema fotovoltaico mediante el empleo de luz solar y artificial.

1.6.2 Objetivos específicos

- Diseñar un módulo fotovoltaico de entrenamiento para el laboratorio de Generación en la Universidad politécnica Salesiana.
- Implementar un módulo fotovoltaico de entrenamiento para el laboratorio de Generación en la Universidad politécnica Salesiana.
- Realizar pruebas al sistema fotovoltaico aislado en condiciones de irradiación solar y artificial.
- Evaluar el comportamiento del sistema fotovoltaico bajo las condiciones establecidos
- Presentar una guía de prácticas para el módulo del sistema fotovoltaico.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

1 ANTECEDENTES

En trabajos de autores como Merchán W.(Merchan, 2021), Chiluiza V.(Briones Chiluiza, 2022) se describe el uso de sistemas fotovoltaicos en comunidades aisladas que carecen del sistema eléctrico; en ambos casos en Masa 2, ubicada en el Golfo de Guayaquil. Mientras que Lasluisa D. y Tobar C.(Lasluisa Morocho & Tobar Jami, 2018) utilizan el mismo sistema para una casa aislada del sistema eléctrico ubicada en el sector Andracas, de la parroquia Juan Montalvo de Latacunga. En estos estudios se obtienen resultados favorables en beneficio de la calidad de vida de los beneficiarios, cargando las baterías por el día y usando la energía almacenada por las noches.

Los autores Grijalva, C. y Vélez F.(Grijalva Campoverde & Vélez Mosquera, 2020), Reinoso W. y Sanchez D. (Reinoso Ordóñez & Sanchez Jumbo, 2022) proponen en sus trabajos, simuladores como HOMER y Pvsyst para verificar el total de inversión económica que los pobladores de una región aislada deben realizar para obtener el servicio eléctrico a través del sistema fotovoltaico. Obteniendo como resultado que, en varios de los proyectos generados, el kW/h es un impacto económico para los moradores, pero es necesario para mejorar su calidad de vida.

En trabajos como Díaz R. , Santos A. y Castro M. (Díaz et al., 2017), Monar I. (Monar Herrera, 2015), Sánchez L.(Perez, 2019) estudian como los sistemas fotovoltaicos presentan una mejoría a través de la variación del ángulo de inclinación en los paneles solares, aprovechando la radiación solar.

En los trabajos realizados por Pincay G. (Pincay Lozada, 2017), Romero C.(Romero, 2020) experimentan como la temperatura presente en los paneles solares pueden afectar al rendimiento de un sistema fotovoltaico. Los resultados a través de estos estudios demuestran que cuando el panel fotovoltaico supera los 25 °C el voltaje proporcionado por este empieza a incrementarse mientras la corriente no presenta alguna alteración.

En los trabajos realizados por Villacís A. (Villacis Larco, 2014), Minnaert B. y Veelaert P. (Minnaert & Veelaert, 2014) analizan el comportamiento de los paneles fotovoltaicos que reciben energía a través de una fuente artificial de luz que pasa por las células que lo

conforman. Los resultados presentados demuestran que la luz artificial es capaz de alterar el comportamiento del panel solar.

Mediante los trabajos anteriormente mencionados, este proyecto tiene como innovación usar la irradiación artificial en las noches para aportar al sistema fotovoltaico y entregar energía a las baterías, aunque no exista la radiación natural.

Para llevar a cabo este proyecto que contribuye al estudio de sistemas de energías renovables, se deberá elaborar un sistema fotovoltaico aislado de la red eléctrica.

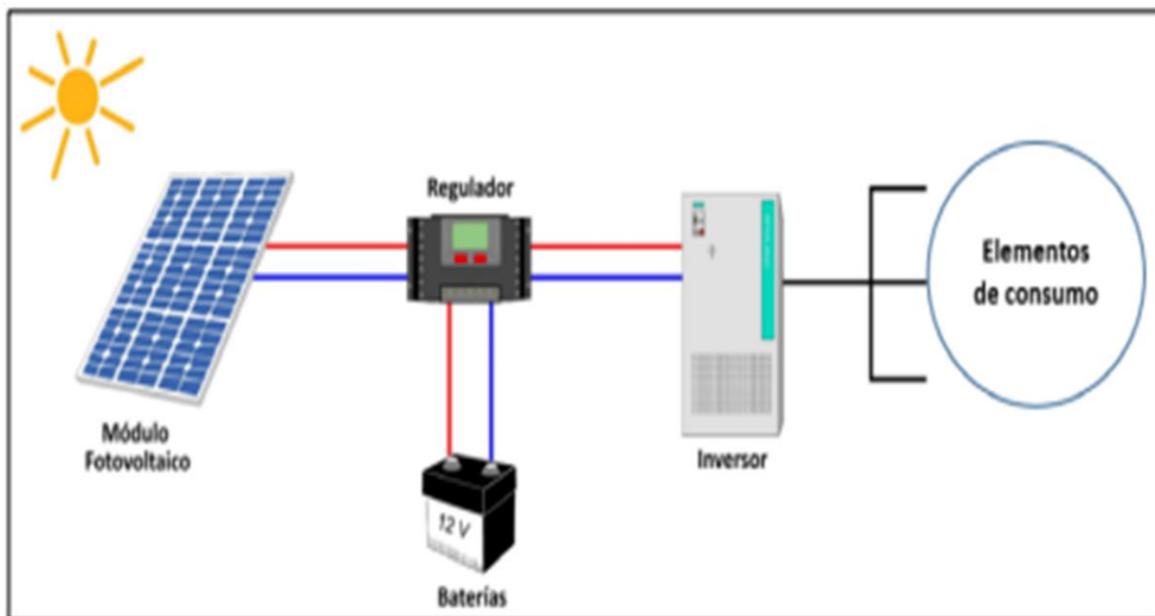


Figura 3: Componentes de un Sistema Fotovoltaico Aislado a la red

Fuentes: J. Alvarado (2008)

2 Panel solar

El panel solar fotovoltaico es un tipo de panel que permite utilizar la energía solar presente durante el día. Su objetivo principal es la de transformar la energía solar en electricidad para ser aprovechado ya sea de manera industrial o doméstica (Galarza et al., 2021).

La energía se genera por el 'efecto fotovoltaico' provocando la energía de los fotoelectrones que al ser capturado por la célula de silicio genera cargas positivas y negativas en el semiconductor, con electrones en libre movimiento producirá la corriente eléctrica (Israel et al., 2020).

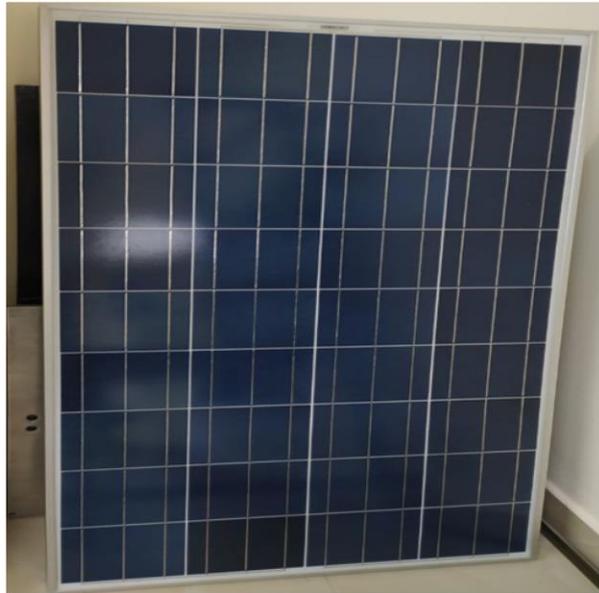


Figura 4.Panel Fotovoltaico

Fuentes: Autores.

3 Parámetros para el funcionamiento de un panel fotovoltaico

3.1 Corriente de cortocircuito

Es la máxima intensidad de corriente proporcionada por el panel, correspondiente a la corriente entregada al conectarse directamente los dos bornes (Villacis Larco, 2014). Puede alcanzar un valor alrededor de 3 A.

3.2 Tensión de circuito abierto

Es el voltaje máximo proporcionado por el panel, en el caso que los bornes no estén conectados. En módulos fotovoltaicos a 12 VDC suelen tener un valor presente menor a los 22 V (Villacis Larco, 2014).

3.3 Punto de máxima potencia

Existe un punto de funcionamiento cuando la potencia entregada es la máxima (I_{pmax} , V_{pmax}).

Ese punto es la potencia máxima entregada por el panel, y su unidad de medida es en vatios (W) (Villacis Larco, 2014). Pero, la tensión de trabajo se determina por la batería o el convertidor conectado al sistema fotovoltaico.

3.4 Factor de Forma

Es lo que define la eficacia de un panel solar, concerniendo el punto de máxima potencia, dividido por el valor final entre el voltaje de circuito abierto y la corriente de cortocircuito (Pérez Garrido, 2009).

Los valores más comunes son de 0.7 y 0.8 (Villacis Larco, 2014).

3.5 Eficiencia o Rendimiento

Es el resultado entre la potencia máxima presente del panel y de la radiación solar que incide sobre este, comúnmente con relación al 10% (Villacis Larco, 2014).

4 Regulador

Es un dispositivo que debe estar presente cuando el sistema fotovoltaico cuenta con una batería, sin importar el voltaje que esta use.

Su objetivo es controlar la carga de la batería por medio de la corriente y tensión que se encuentran presentes (Peñañiel Morales & Gómez Bravo, 2022). Además, se encarga de impedir que ocurra una sobrecarga en la batería, alargando su vida útil.

Cuenta con seis entradas, las cuales dos son para el panel solar (polaridad positivo y negativo), dos para la batería (polaridad positivo y negativo) y dos para el inversor (polaridad positivo y negativo).



Figura 5. Regulador MPPT

Fuentes: Autores

5 Batería

Es un equipo capaz de almacenar energía eléctrica transformando la misma a energía electroquímica, siendo una parte fundamental de un sistema fotovoltaico debido a que entra en funcionamiento cuando no hay presencia de irradiación solar (Peñañiel Morales & Gómez Bravo, 2022). Las baterías comúnmente utilizadas en este tipo de sistemas son de ciclo profundo o estacionarias.

La cantidad de carga que fluye por los polos de la batería se determina en la unidad de Amperios horas (Ah) (Peñañiel Morales & Gómez Bravo, 2022). Existen diferentes tipos de baterías, entre los cuales se destacan las de plomo/ácido y también las de níquel/cadmio.

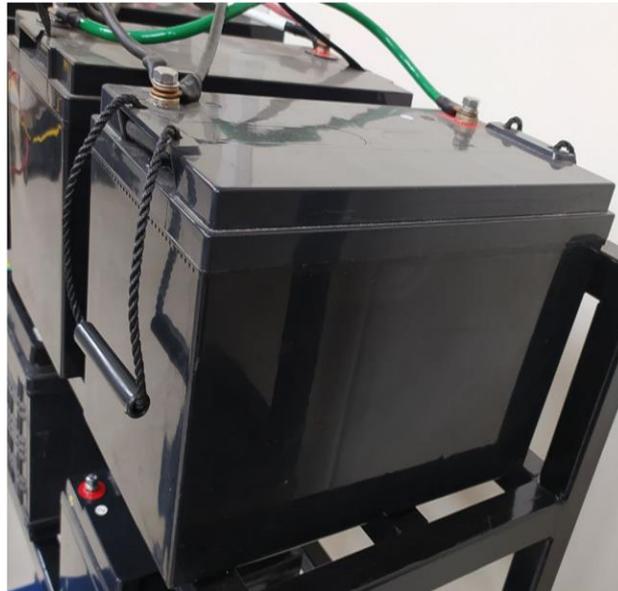


Figura 6. Baterías

Fuentes: Autores

6 Inversor

Son dispositivos electrónicos encargados de transformar la corriente continua presente en el sistema por corriente alterna. Su instalación en un sistema fotovoltaico es esencial ya que permite el uso de cargas que utilizan voltaje AC, los cuales son comúnmente usados en la vida cotidiana.



Figura 7. Inversor aislado.

Fuente: Autores

6.1 Inversor de red.

También conocidos como inversores de conmutación natural, permiten que el sistema fotovoltaico permanezca conectado a la red eléctrica principal. (Garcia, 2013)

Al detectar una falla en la red principal, toda la potencia generada por el sistema se dirige directamente a las cargas.

Al no tener cargas conectadas, la potencia formada es inyectada directamente a la red.

Cuando la potencia total requerida no es abastecida completamente por el sistema fotovoltaico, la red eléctrica se encarga de suministrar lo faltante.

6.2 Inversores Auto conmutados

Utilizados comúnmente en sistemas fotovoltaicos de tipo aislado. Genera CA a través de la conmutación forzada, refiriéndose a la apertura y cierre forzados por el sistema de control(Garcia, 2013). Pueden ser de dos tipos: salida escalonada (conocido como onda

cuadrada) y de modulación por anchuras de pulsos (PWM) consiguiendo salidas senoidales con poca presencia de armónicos.

7 Radiación Solar

La radiación solar es considerada un proceso físico, debido a que la transmisión de energía se realiza en formas de ondas electromagnéticas y los estudios previamente verificados indican que su velocidad es de 3000.000 Km/s(Galarza et al., 2021).

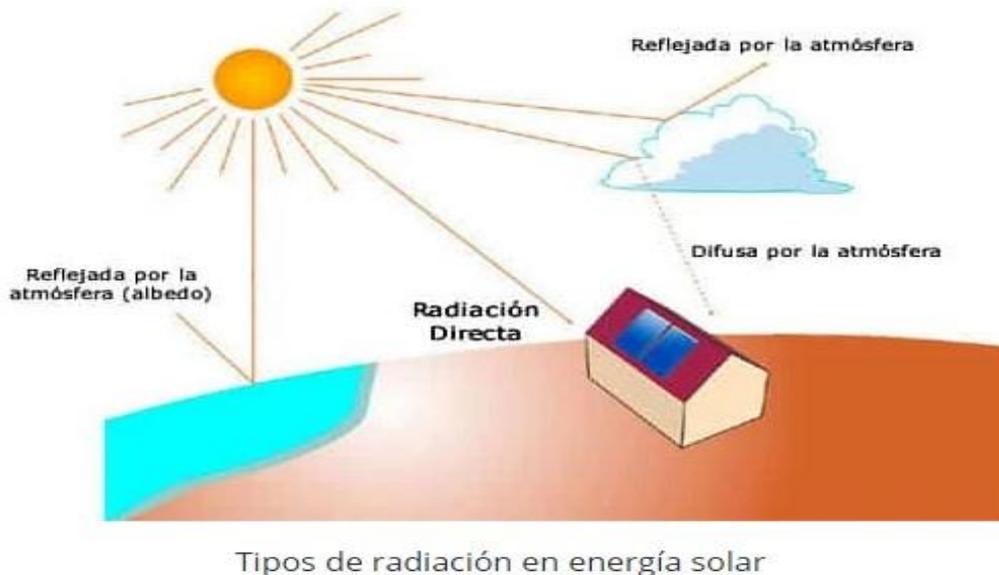


Figura 8. Tipos de radiación en energía solar

Fuentes: García (2013)

7.1 Tipos de Radiación

7.1.1 Radiación Directa

Se trata cuando la radiación emitida por el sol viaja directamente en línea recta, hasta llegar al panel solar para que aproveche totalmente la energía entregada de manera natural (García, 2013).

7.1.2 Radiación Difusa

Es la cantidad de energía solar proveniente de todos los lugares de la atmósfera hacia una superficie ubicada de manera horizontal. Por ejemplo, en un día nublado, la radiación presente en un panel fotovoltaico será de manera difusa (García, 2013).

7.1.3 Radiación reflejada o albedo

La radiación solar reflejada o de albedo, ocurre cuando la radiación solar es reflejada por la superficie terrestre. Esta dependerá del entorno que rodea al receptor ya sea montañas, lagos, edificios, entre otros. (Garcia, 2013)

7.2 Ángulo de inclinación

El ángulo de altitud es por el cual se determina el ángulo que es medido por encima del horizonte respecto a la altura del sol. Se considera un ángulo de cero grados cuando el sol sale o se oculta. Cuando el sol se encuentra en el Sur verdadero con un acimut de cero grados podemos determinar que está en su altitud máxima conocida como medio día solar. (Villegas Tapia & Alcivar Tello, 2020)

8 Irradiación Solar

8.1 Irradiancia solar en el Ecuador

La ubicación geográfica del Ecuador permite que tenga un recurso solar constante al encontrarse sobre la línea ecuatorial. La radiación tendrá una efectividad mayor para el uso de energías renovables en el ámbito de instalaciones fotovoltaicas y térmicas (Castillo & Anthony, 2022).

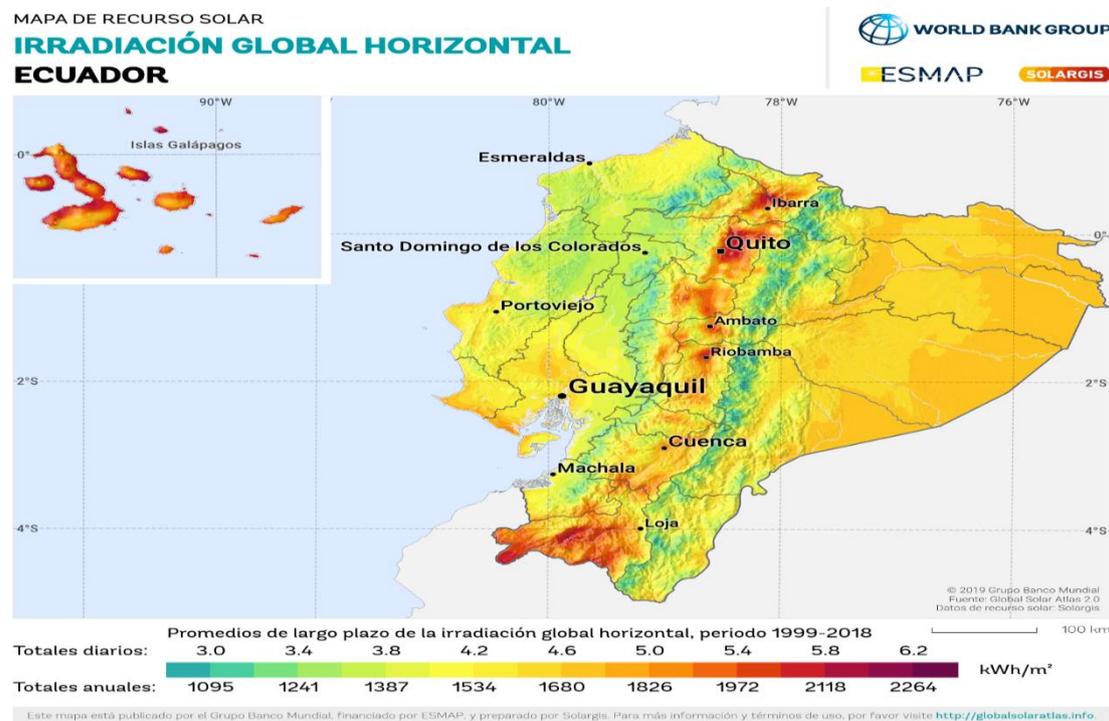


Figura 9. Irradiación global horizontal en el Ecuador

Fuentes: SOLARGIS (2022)

Como se puede observar en la figura 9, los niveles de irradiación solar son más altos en la parte de la región interandina y de las islas Galápagos ya que cuentan con zonas montañosas, pero no pueden aprovechar toda la irradiación presente debido a las condiciones ambientales que son comunes en esos sectores como la presencia de neblina y nubosidad.

8.2 Irradiación exacta en Universidad Politécnica Salesiana

Por medio de satélites se puede conocer la radiación solar presente en la Universidad Politécnica Salesiana campus Centenario, donde se implementará el módulo fotovoltaico de entrenamiento.



Figura 10. Irradiación solar promedio en Universidad Politécnica Salesiana

Fuentes: SOLARGIS (2022)

En la figura 10, se evidencia que la irradiación solar promedio de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Centenario es de 1683.5 kWh/m².

8.3 Irradiación exacta en Masa 2

En la comuna Masa 2 existen sistemas fotovoltaicos implementados previamente por estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana para beneficiar a los habitantes que residen en ese sector.

Una manera de tener datos acerca de la irradiación solar promedio presente en un punto específico es por medio de páginas web para realizar un estudio que requiera la instalación de paneles fotovoltaicos.

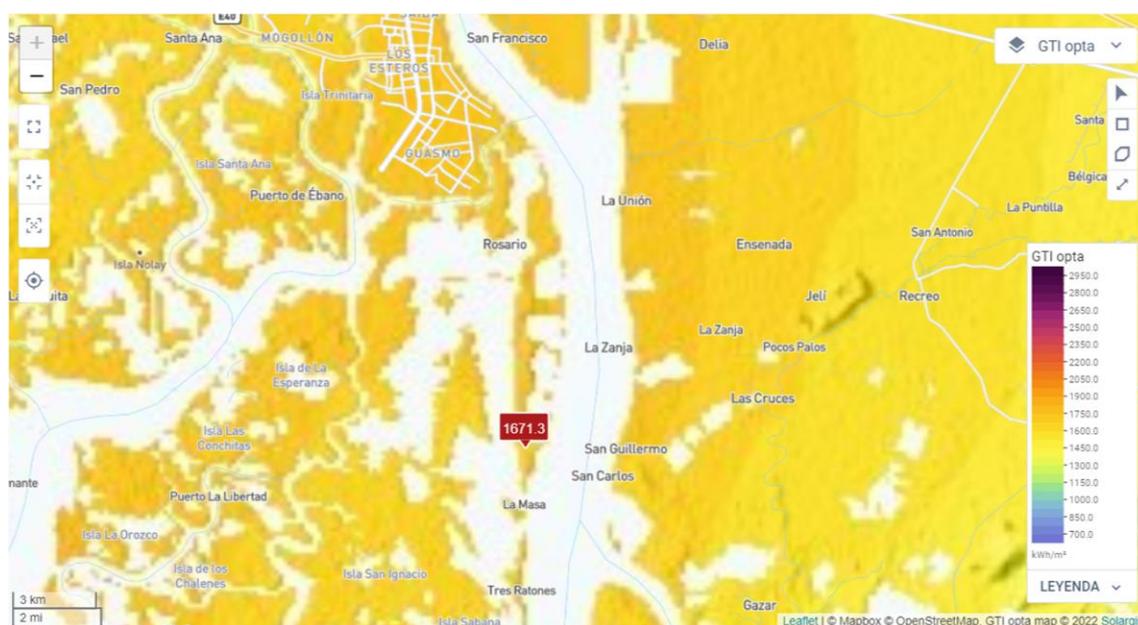


Figura 11. Irradiación solar promedio en Masa 2

Fuentes: SOLARGIS (2022)

En la figura 11, se evidencia que la irradiación solar promedio en la Comuna Masa 2 es de 1671.3 kWh/m².

8.4 Promedio anual de irradiación en Universidad Politécnica Salesiana

En los sistemas fotovoltaicos se toma en consideración la irradiación anual que se presentará al momento de ejecutarse la instalación y cuando se encuentre funcionando el sistema fotovoltaico.

Tabla 1. Radiación solar y parámetros meteorológicos de Universidad Politécnica Salesiana

Mes	GHI kWh/m ²	DNI kWh/m ²	DIF kWh/m ²	D2G	GTI _{opta} kWh/m ²	TEMP °C	WS m/s	CDD Grados día	HDD Grados día
Ene	134.6	73.6	79.9	0.594	132.0	25.7	1.4	245	0
Feb	124.5	65.8	74.5	0.598	123.1	25.9	1.3	247	0
Mar	151.7	87.5	84.2	0.555	151.7	26.2	1.4	268	0
Abr	148.3	95.6	76.2	0.514	150.2	26.1	1.4	261	0
May	138.2	89.0	74.9	0.542	141.2	25.5	1.6	219	0
Jun	123.1	79.9	69.6	0.566	126.3	24.4	1.8	193	0
Jul	129.1	83.6	73.3	0.568	132.2	23.7	2.0	189	0
Ago	146.7	97.2	77.0	0.525	149.1	23.4	2.2	179	0
Sep	154.3	95.4	81.2	0.526	155.0	23.5	2.3	170	0
Oct	151.7	86.0	86.0	0.567	150.5	23.8	2.4	188	0
Nov	142.9	80.9	82.6	0.578	140.4	24.2	2.4	179	0
Dic	142.1	79.3	83.1	0.585	138.9	25.2	2.0	225	0
Anual	1687.1	1013.7	942.5	0.559	1690.4	24.8	1.9	2479	0

Fuente: SOLARGIS (2022)

Como se puede evidenciar en la tabla 1, el panel solar va a trabajar en su punto máximo el mes de marzo cuando los niveles de irradiación son los más altos del año, mientras que su rendimiento será mínimo en el mes de junio debido a los valores mínimos de irradiación durante 365 días.

La prueba realizada en la terraza del edificio E fue en agosto, por lo cual tomaremos los valores promedios de ese mes relacionado con la irradiación presente.

Tabla 2. Datos promedios de irradiación en Universidad Politécnica Salesiana

GHI (Irradiación Global Horizontal)	146.7 kWh/m ²
DNI (Irradiación Directa Normal)	97.2 kWh/m ²
DIF (Irradiación Difusa Horizontal)	77.0 kWh/m ²
GIT opta (Irradiación Global Inclinada para el ángulo óptimo)	149.1 kWh/m ²
TEMP (Temperatura del Aire)	23.4 °C

Fuente: SOLARGIS (2022)

8.5 Promedio anual de irradiación en Masa 2

En la comuna Masa 2, los niveles de irradiación son importantes ya que, al no contar con acceso a la red eléctrica, los habitantes solo dependen de la energía proporcionada por el sistema fotovoltaico.

Tabla 3. Radiación solar y parámetros meteorológicos de Masa 2

Mes	GHI kWh/m ²	DNI kWh/m ²	DIF kWh/m ²	D2G	GTI opta kWh/m ²	TEMP °C	WS m/s	CDD Grados día	HDD Grados día
Ene	139.3	78.1	80.8	0.580	136.6	25.4	1.2	238	0
Feb	127.8	68.1	75.0	0.587	126.4	25.7	1.1	242	0
Mar	154.4	90.0	84.4	0.547	154.4	26.0	1.1	263	0
Abr	154.0	103.8	74.7	0.485	156.0	25.9	1.2	254	0
May	140.7	91.6	75.0	0.533	143.9	25.2	1.3	211	0
Jun	120.5	75.7	70.0	0.581	123.6	24.0	1.4	184	0
Jul	124.7	79.0	73.0	0.586	127.6	23.3	1.6	176	0
Ago	138.9	87.9	77.5	0.558	141.1	23.0	1.8	165	0
Sep	146.0	85.9	81.7	0.559	146.7	23.0	1.9	157	0
Oct	144.6	77.2	86.5	0.598	143.5	23.3	1.9	175	0
Nov	138.3	75.9	82.0	0.593	135.9	23.6	1.9	166	0
Dic	144.4	82.1	83.3	0.577	141.2	24.7	1.6	210	0
Anual	1673.7	995.3	944.1	0.564	1676.8	24.4	1.5	2343	0

Fuente: SOLARGIS (2022)

Como podemos observar en la tabla 3, se puede evidenciar de que el mejor mes es el de marzo donde la irradiación alcanza su nivel máximo comparado con junio que tiene niveles extremadamente bajos.

Debido a que la visita a la comuna Masa 2 se realizó en el mes de agosto, tomaremos esos datos de la tabla como referencia.

Tabla 4. Datos promedios de irradiación en Masa 2

GHI (Irradiación Global Horizontal)	138.9 kWh/m ²
DNI (Irradiación Directa Normal)	87.9 kWh/m ²
DIF (Irradiación Difusa Horizontal)	77.5 kWh/m ²
GIT opta (Irradiación Global Inclinada para el ángulo óptimo)	141.1 kWh/m ²
TEMP (Temperatura del Aire)	23.0 °C

Fuente: SOLARGIS (2022)

8.6 Promedio horario de Irradiación en Universidad Politécnica Salesiana

Conocer la información acerca del promedio horario de irradiación es fundamental ya que determina en que intervalo de tiempo (en horas) la radiación solar llegará a punto máximo, evidenciando que el rendimiento del panel fotovoltaico será el más alto.

Tabla 5. Promedio horario de irradiación en Universidad Politécnica Salesiana

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic
0-1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
1-2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2-3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3-4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4-5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5-6	.	.	.	.	.	.	.	.	0	1	1	0
6-7	15	9	13	20	22	18	15	19	33	50	48	29
7-8	112	96	115	137	139	130	128	143	166	187	176	142
8-9	245	223	263	303	291	265	254	269	299	301	299	283
9-10	383	353	418	463	438	381	353	373	429	421	424	429
10-11	515	483	568	617	561	483	450	492	566	552	549	570
11-12	604	595	666	705	623	545	515	597	689	646	636	654
12-13	631	635	705	708	623	559	561	660	752	721	672	658
13-14	584	651	682	645	566	535	564	665	726	699	662	600
14-15	491	542	575	550	492	477	516	603	626	574	565	512
15-16	381	422	456	426	380	376	418	476	472	419	414	379
16-17	249	281	292	265	234	237	271	304	282	243	239	233
17-18	117	136	129	102	85	91	113	122	100	76	76	89
18-19	14	20	14	4	3	3	6	7	3	2	2	5
19-20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20-21	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
21-22	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
22-23	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
23-24	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Fuente: SOLARGIS (2022)

Por medio de la tabla 5, se determina que durante las 12:00 y 1:00 pm del mes de septiembre, la irradiación solar llega a su punto máximo. Mientras que, el mes de junio la presencia de radiación es extremadamente baja durante todo el día.

8.6.1 Promedio horario de Irradiación en comuna Masa 2

En la comuna Masa 2 la irradiación promedia diaria nos permite conocer por intervalos de horas durante un mes en que instante del día el panel puede dar valores de potencia altos y alimentar a las cargas en funcionamiento sin necesidad de que la batería entregue corriente.

Tabla 6. Promedio horario de irradiación en Masa 2

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic
0 - 1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
1 - 2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2 - 3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3 - 4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4 - 5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5 - 6	.	.	.	.	.	.	.	.	0	1	1	0
6 - 7	15	9	13	20	22	18	15	19	33	49	48	29
7 - 8	109	93	111	135	134	123	126	142	166	177	169	138
8 - 9	243	220	258	297	284	246	250	266	280	277	276	275
9 - 10	380	349	414	460	427	348	326	333	372	376	375	419
10 - 11	520	492	574	618	553	447	407	434	505	498	500	560
11 - 12	624	614	693	731	630	517	477	536	621	599	602	653
12 - 13	655	660	701	754	650	558	537	617	695	676	662	686
13 - 14	617	688	711	705	603	548	554	639	708	695	665	630
14 - 15	526	572	605	585	517	492	513	590	626	572	572	531
15 - 16	403	433	466	447	393	385	423	473	476	422	420	397
16 - 17	265	283	296	274	239	241	276	304	284	247	241	243
17 - 18	121	133	128	102	86	92	112	122	99	76	76	93
18 - 19	14	19	13	4	2	3	6	6	3	2	2	5
19 - 20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20 - 21	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
21 - 22	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
22 - 23	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
23 - 24	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Fuente: SOLARGIS (2022)

Como se observa en la tabla 6, la irradiación solar más alta se presentará entre las 12:00 y 1:00 pm del mes de abril, mientras que en julio tendrá el valor más bajo durante todo el tiempo que esté presente la irradiación solar.

8.7 Radiación Artificial

La llegada de la electricidad llevó a que el ser humano cree una fuente de luminiscencia alternativa para suplir la falta de sol durante la noche, días nublados y lugares con poca o nula recepción de luz natural. La luz artificial está compuesta de luz visible, radiaciones ultravioletas (UV) e infrarrojas (IR) (Commission Internationale de l'Eclairage., 2004).

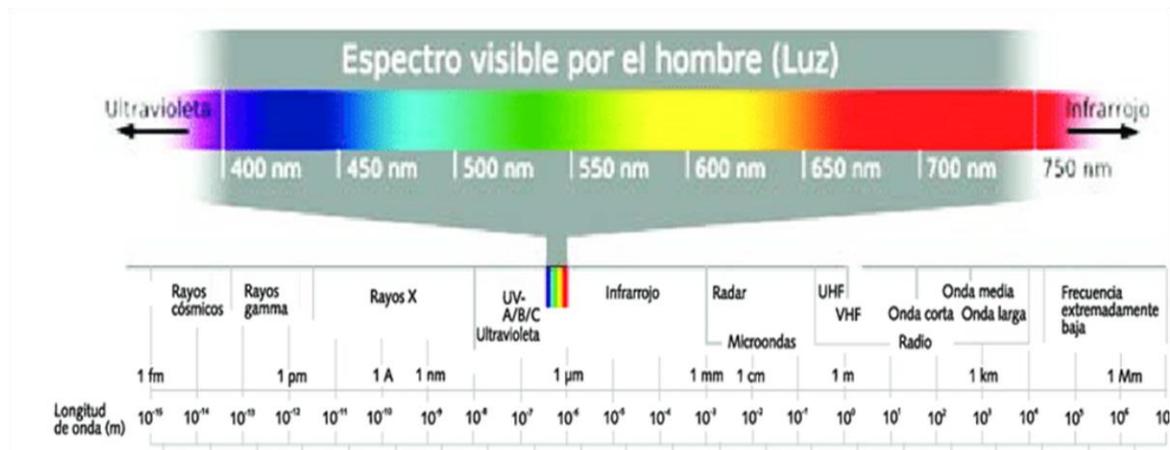


Figura 12. Espectro visible por el hombre

Fuentes: Horst Frank, Jailbird (2007)

Los niveles de Radiación en una luz artificial disminuyen según aumenta la distancia entre la fuente de esta y el objeto que percibe.

8.7.1 Laboratorio de ensayos de componentes fotovoltaicos con haz de luces

El Centro Nacional de Energías Renovables (CENER) es un centro de investigación científica técnica de España, el cual se dedica a desarrollar y validar sistemas energéticos (Villacis Larco, 2014).

Para los sistemas fotovoltaicos, realizan pruebas de laboratorio permitiendo determinar las características eléctricas de los paneles con varias configuraciones de células, así como también efectuar un análisis de la respuesta espectral del simulador.

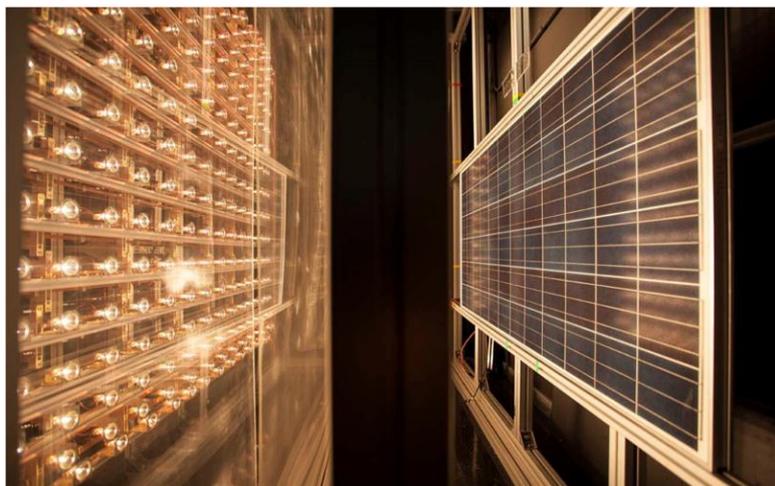


Figura 13. Laboratorio de ensayos de paneles fotovoltaicos
Fuentes: CENER (2015)

8.7.1.1 Respuesta espectral de la radiación artificial

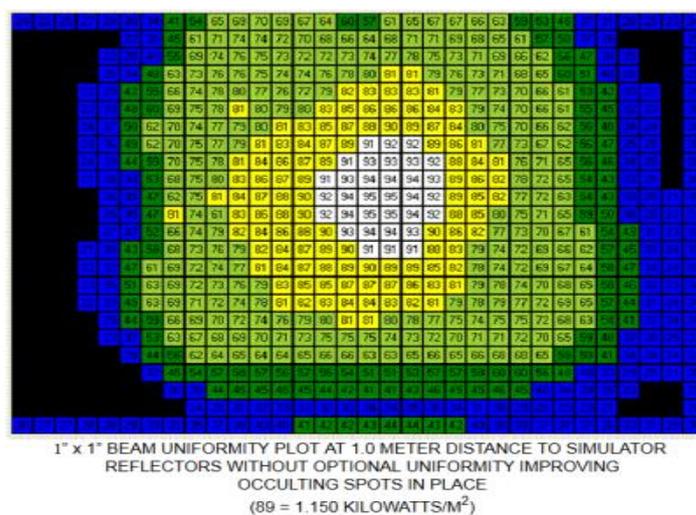


Figura 14. Descomposición de un reflector a 1 metro de distancia ubicado en una superficie plana

Fuentes: A.Villacis (2014)

En la figura 14 se observa el espectro de radiación electromagnética presente en un reflector ubicado a un metro de distancia. El patrón de colores indica la concentración de radiación presente en un cuadro de 25 mm en cada uno de sus lados. En términos de referencia, el 89 en color amarillo equivale a 1.150 kW/m^2 (Villacis Larco, 2014).

8.7.2 Espectro de Luz Visible

Todo tipo de fuente de irradiación ya sea natural y artificial está definido por medio de un rango de luz que es visible por el ojo humano.

8.7.2.1 Luz Incandescente

Este tipo de luz tiene definido un espectro de longitud de onda en un rango de 300 a 830 nm, cuyo pico alcanza la región infrarroja de luz (Smith, 2016).

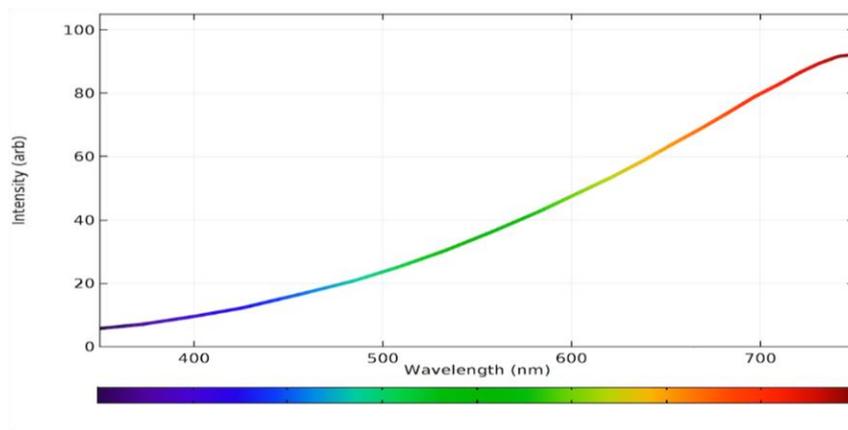


Figura 15. Espectro de luz visible de una lámpara incandescente

Fuentes: COMSOL (2020)

8.7.2.2 Luz Halógena

Este tipo de lámpara produce un espectro continuo de luz empezando desde el nivel de ultravioleta, pasando por su pico en la zona naranja del espectro hasta llegar al nivel más alto de infrarrojo.

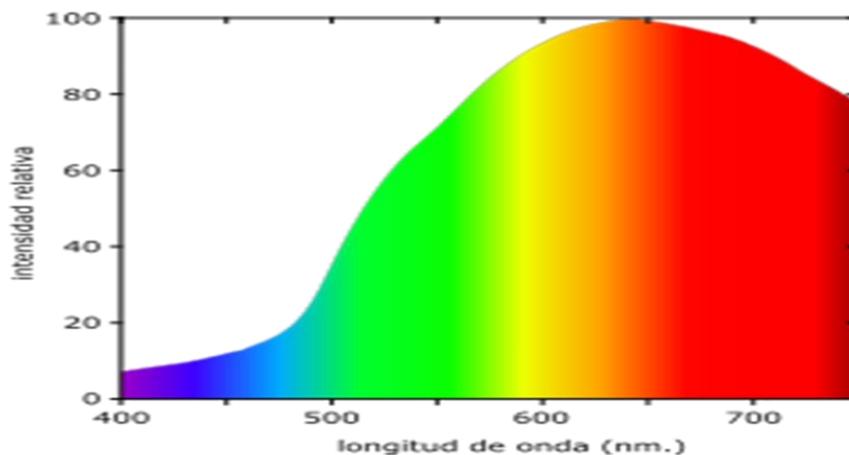


Figura 16. Espectro de luz visible de una lámpara halógena

Fuentes: Acuario Filia Madrid (2017)

8.7.2.3 Luz Led

En el caso de la luz led, la longitud de onda varía de acuerdo con el tipo de led que conforma la luminaria, ya sea de tipo led cálido o frío.

8.7.2.3.1 Luz Led blanco cálido

Este tipo de luminaria led es comúnmente utilizada en todo el mundo. Su espectro de longitud de onda se encuentra establecido en un rango de los 400 hasta los 780 nm, y su pico será en la región verde.

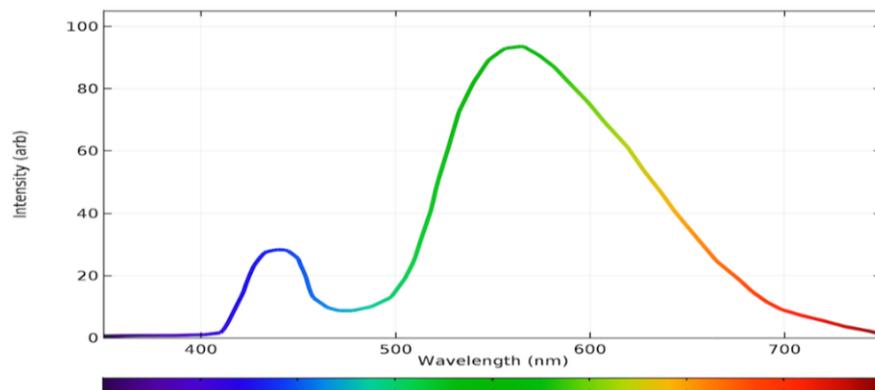


Figura 17. Espectro de luz visible de lámpara led cálida

Fuentes: COMSOL (2020)

8.7.2.3.2 Luz led blanco frío

Este ejemplar de luz tiene determinado su espectro de longitud de onda en un rango entre 425 a 725 nm, cuyo pico alcanza la región azul de la luz con un valor de 450 nm.

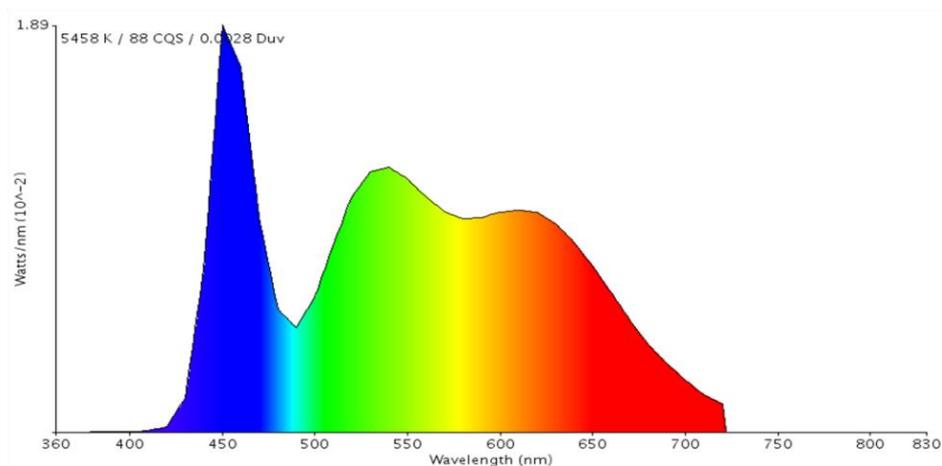


Figura 18. Espectro de luz visible de lámpara led frío

Fuentes: Alternativa Led (2020)

8.8 Tipos de lámpara

8.8.1 Lámpara incandescente

Es un tipo de luminaria compuesta por un globo de vidrio que contiene un filamento, el cual se calienta consiguiendo altas temperaturas (Smith, 2016).



Figura 19. Lámpara incandescente

Fuentes: Autores.

8.8.2 Lámpara Led

Los LED son dispositivos semiconductores emisores de luz que utilizan la electroluminiscencia de una barrera que limita los electrones dentro de un material conocida como banda prohibida. Se pueden dividir en lámpara led frías y cálidas(Smith, 2016).



Figura 20. Lámpara led de 50W

Fuentes: Autores.

8.8.3 Lámpara Halógena

Es similar a la lámpara incandescente, pero, estas resisten el calor de las altas temperaturas emitidas por el filamento de wolframio combinado con una cantidad mínima de halógeno como el yodo o bromo dentro de un gas inerte.



Figura 21. Lámpara halógena.

Fuentes: Autores.

CAPÍTULO III: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL ENTRENADOR SOLAR FOTOVOLTAICO

9 Diseño de módulo fotovoltaico de entrenamiento

Para el boceto se tomó como base el diseño existente del módulo didáctico de redes industriales y sistemas de automatización ubicado en el laboratorio de Automatización 2 el cual se encuentra en el tercer piso del edificio E.



Figura 22. Módulo didáctico utilizado por estudiantes de Electrónica.

Fuentes: Autores.

Después de observar la composición del módulo existente, el cual consiste en una estructura al vacío en forma rectangular que permite el acople de láminas de zinc con sus componentes previamente encajados e interconectados entre sí, se empezó a diseñar un banco de entrenamiento para sistemas fotovoltaicos utilizando un modelo similar.

Para poder establecer el tamaño del módulo y de las planchas junto con la cantidad a utilizar de estas últimas, primero se determinó los componentes y elementos que van a conformar el módulo fotovoltaico de entrenamiento.

9.1 Componentes del entrenador solar fotovoltaico

- ✓ 2 baterías 12VDC
- ✓ Inversor aislado 250VA
- ✓ Controlador MPPT 75/15
- ✓ Controlador PWM BlueSolar
- ✓ Inversor de red
- ✓ Panel Solar 150W

Los equipos mencionados anteriormente son los principales para la instalación de un sistema fotovoltaico. Adicionalmente, se añadirán más elementos que nos servirán ya sea de protección o de cargas que permitan el funcionamiento óptimo del entrenador solar.

- ✓ Breaker 2P-15A 120VAC
- ✓ Breaker 2P-15A 12VDC
- ✓ Multímetro digital en DC
- ✓ 2 luminarias LED
- ✓ Seccionador
- ✓ Tomacorriente
- ✓ Bornera negra
- ✓ Bornera roja

9.2 Distribución de los elementos

Luego de definir los dispositivos que conformarán el módulo fotovoltaico, se procedió a concretar la distribución de cada uno de los equipos que son parte del entrenador solar fotovoltaico.

Cada inversor va a contar con su propio panel, esto debido al tamaño y al peso que cuenta cada uno de ellos. Además, que cada uno tiene una operación diferente.

Los controladores MPPT y PWM estarán juntos en un solo panel, para que la conexión entre uno u otro controlador sea más sencilla y también fáciles de distinguir para los estudiantes que cursen la materia de energías renovables.

Los disyuntores en AC se encontrarán en otro panel, esto para identificar que son de protección exclusiva para las luminarias y el tomacorriente.

El disyuntor en DC se destina para la protección del panel fotovoltaico, el cual está se encuentra completamente aislado.

Las baterías, aunque se encuentren en el interior de la estructura, cuentan con una representación visible en el entrenador solar para su respectiva conexión sin intervenir directamente con ellas.

Las luminarias estarán junto a cada switch, permitiendo que se accione la luminaria que se requiera utilizar.

El tomacorriente quedará junto al multímetro DC, debido a que el multímetro controlará el estado del inversor antes de transformar la corriente en AC junto con la potencia y la intensidad que tenga el sistema fotovoltaico. Mientras que, el tomacorriente nos permitirá la conexión de cargas que no excedan la capacidad del inversor.

9.3 Planos del entrenador fotovoltaico

9.3.1 Paneles

Después de tener la distribución definida acerca de los elementos que conformarán cada panel desmontable, se empieza a diseñar por AutoCAD.

Cada panel contará con su serigrafía, el cual indica de que elemento se encuentra en cada uno junto con su elemento dimensionado y las borneras de conexión que también se encuentran etiquetadas indicando que tipo de entrada o salida ofrecen para su respectiva conexión.

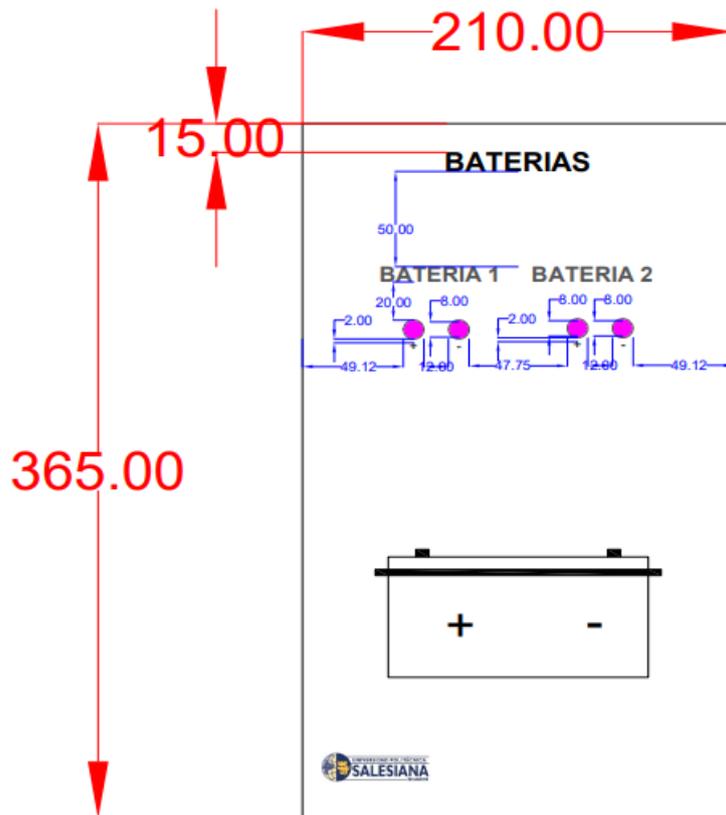


Figura 23. Panel 1 diseñado en AutoCAD

Fuentes: Autores.

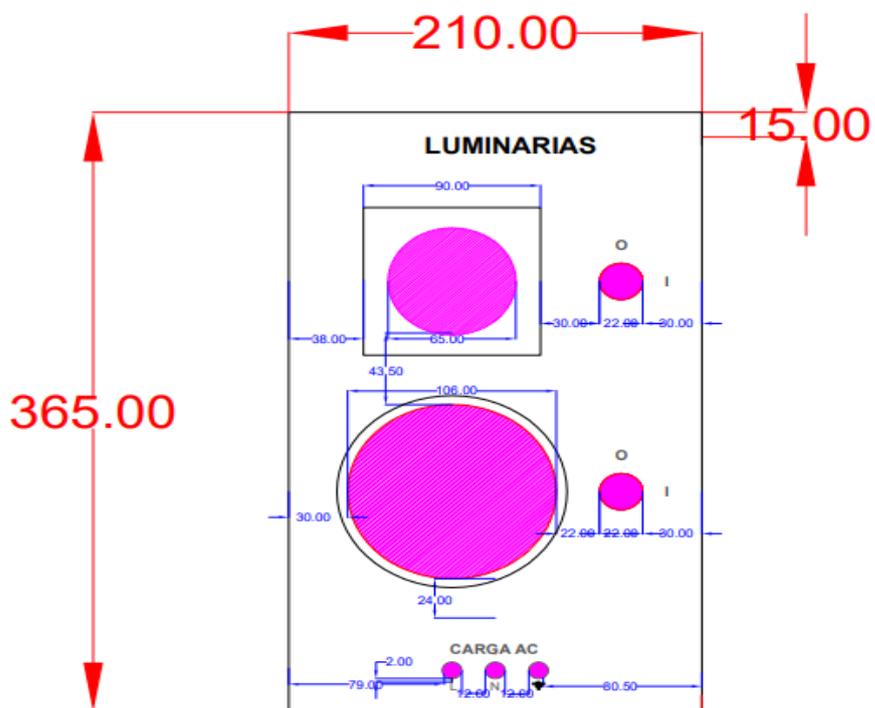


Figura 24. Panel 2 diseñado en AutoCAD

Fuentes: Autores.

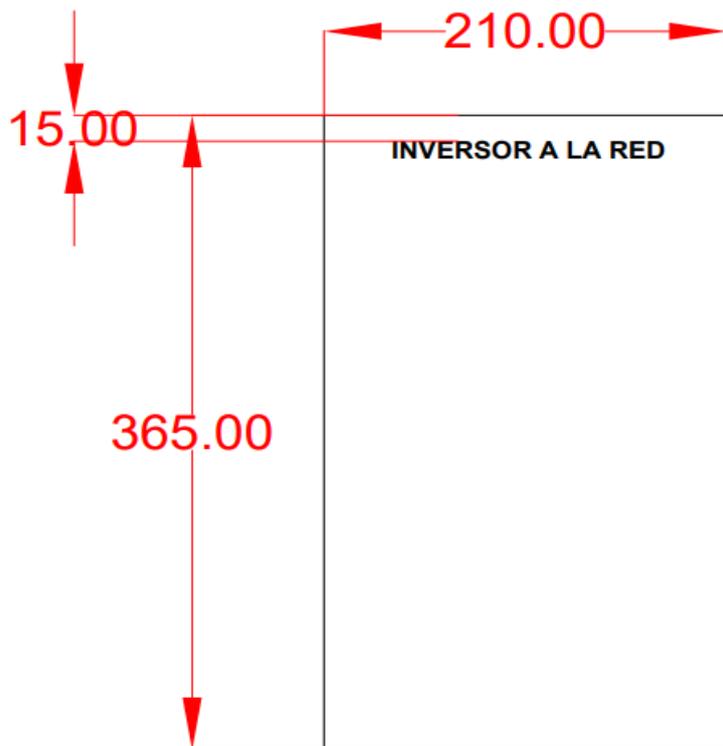


Figura 25. Panel 3 diseñado en AutoCAD

Fuentes: Autores.

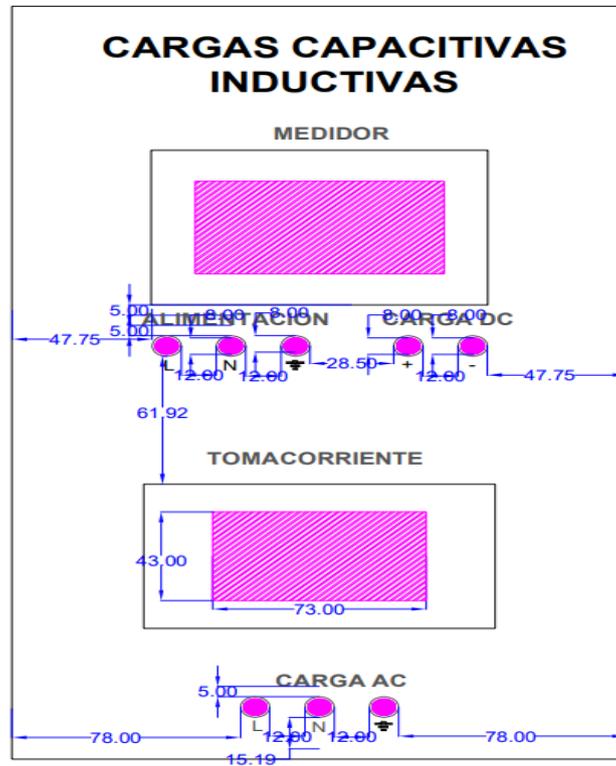


Figura 26. Panel 4 diseñado en AutoCAD

Fuentes: Autores.

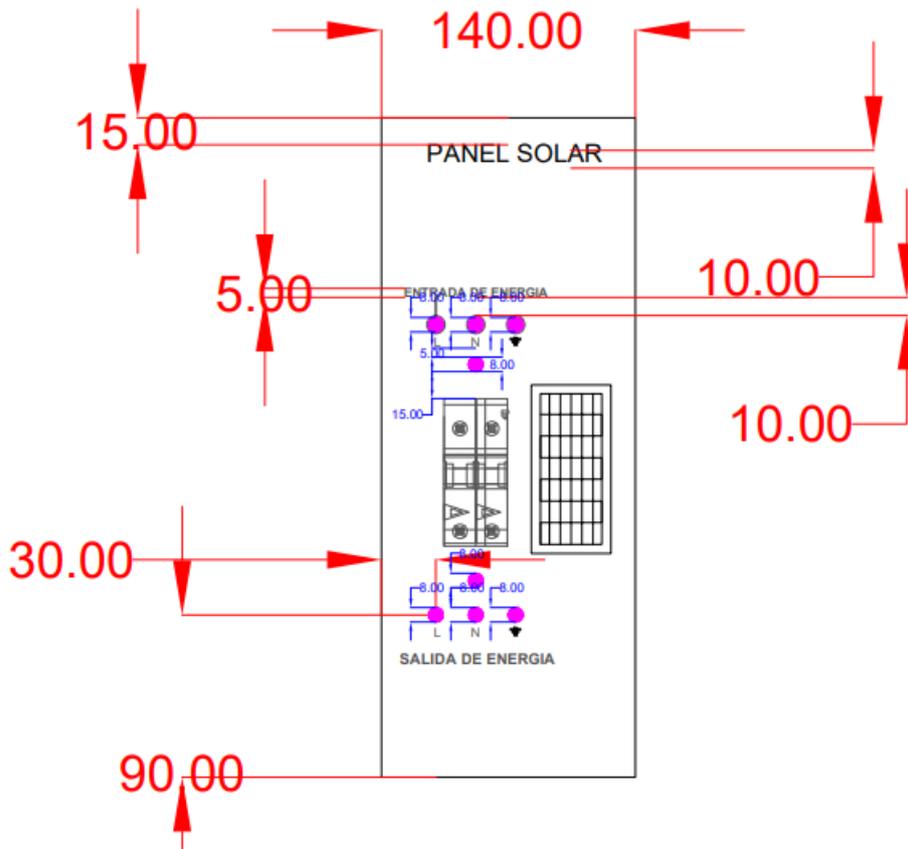


Figura 27. Panel 5 diseñado en AutoCAD

Fuentes: Autores.

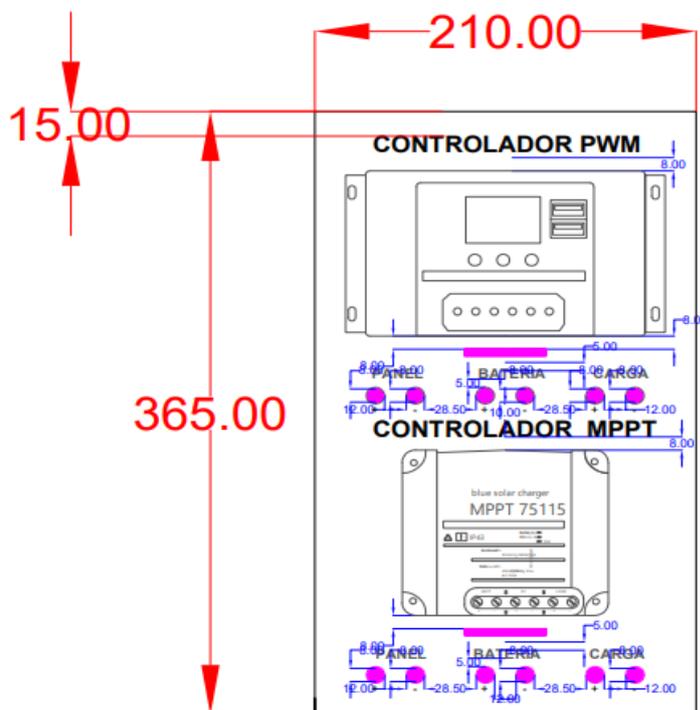


Figura 28. Panel 6 diseñado en AutoCAD

Fuentes: Autores.

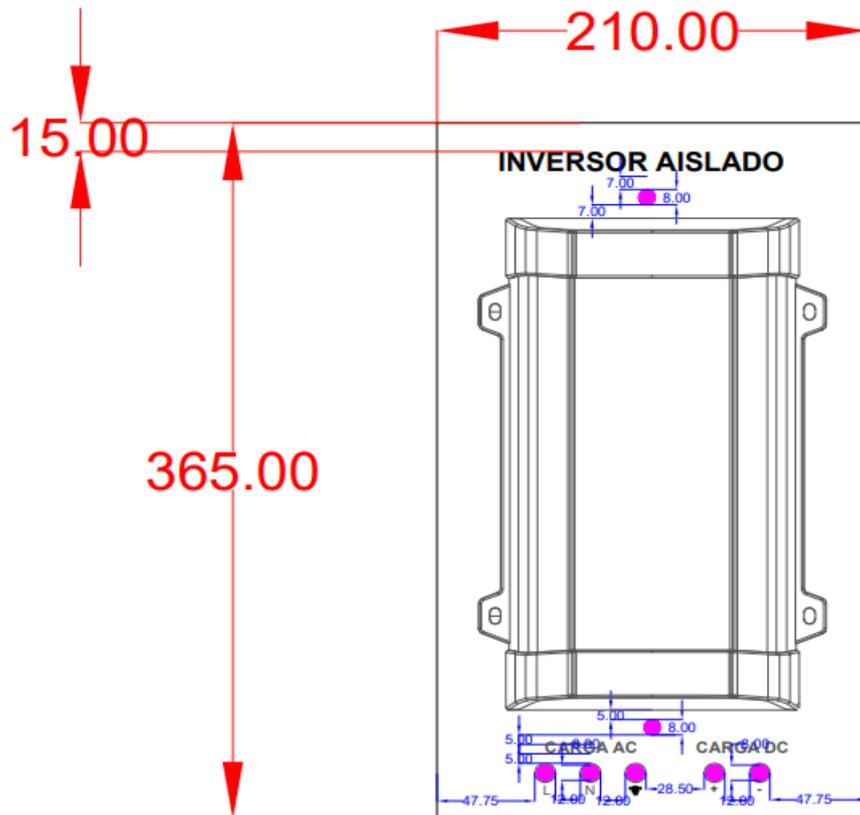


Figura 29. Panel 7 diseñado en AutoCAD

Fuentes: Autores.

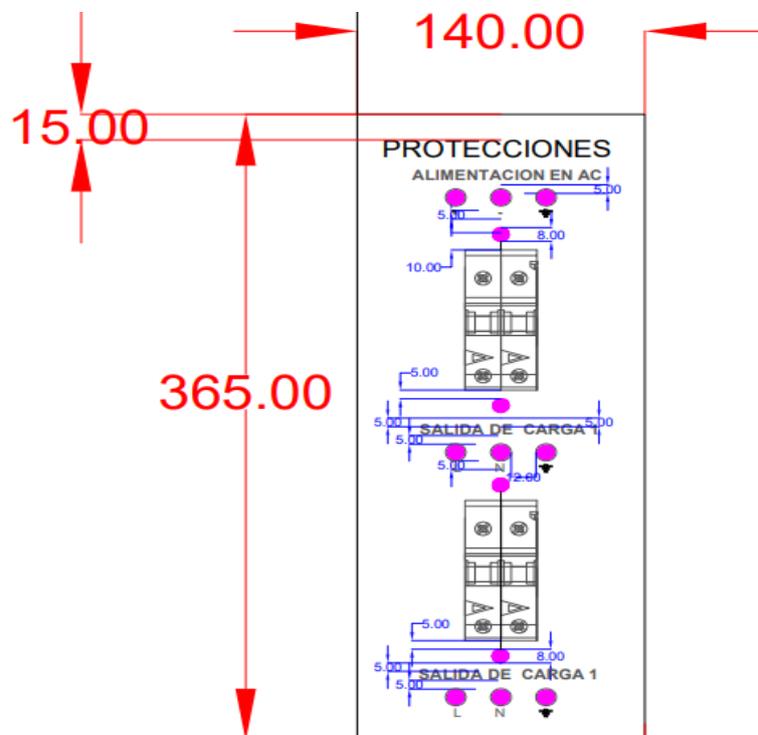


Figura 30. Panel 8 diseñado en AutoCAD

Fuentes: Autores.

9.3.2 Estructura

Después de tener las medidas y el número de paneles, se procede a realizar el diseño de la estructura.

Se toma en consideración un tamaño mayor en contraste al del panel, debido a que los elementos del entrenador fotovoltaico forman parte de cada panel removible, permitiendo que no quede el sistema completamente inoperativo en caso de avería o se requiera el uso adicional de otros componentes que se encuentran en otro módulo de entrenamiento.

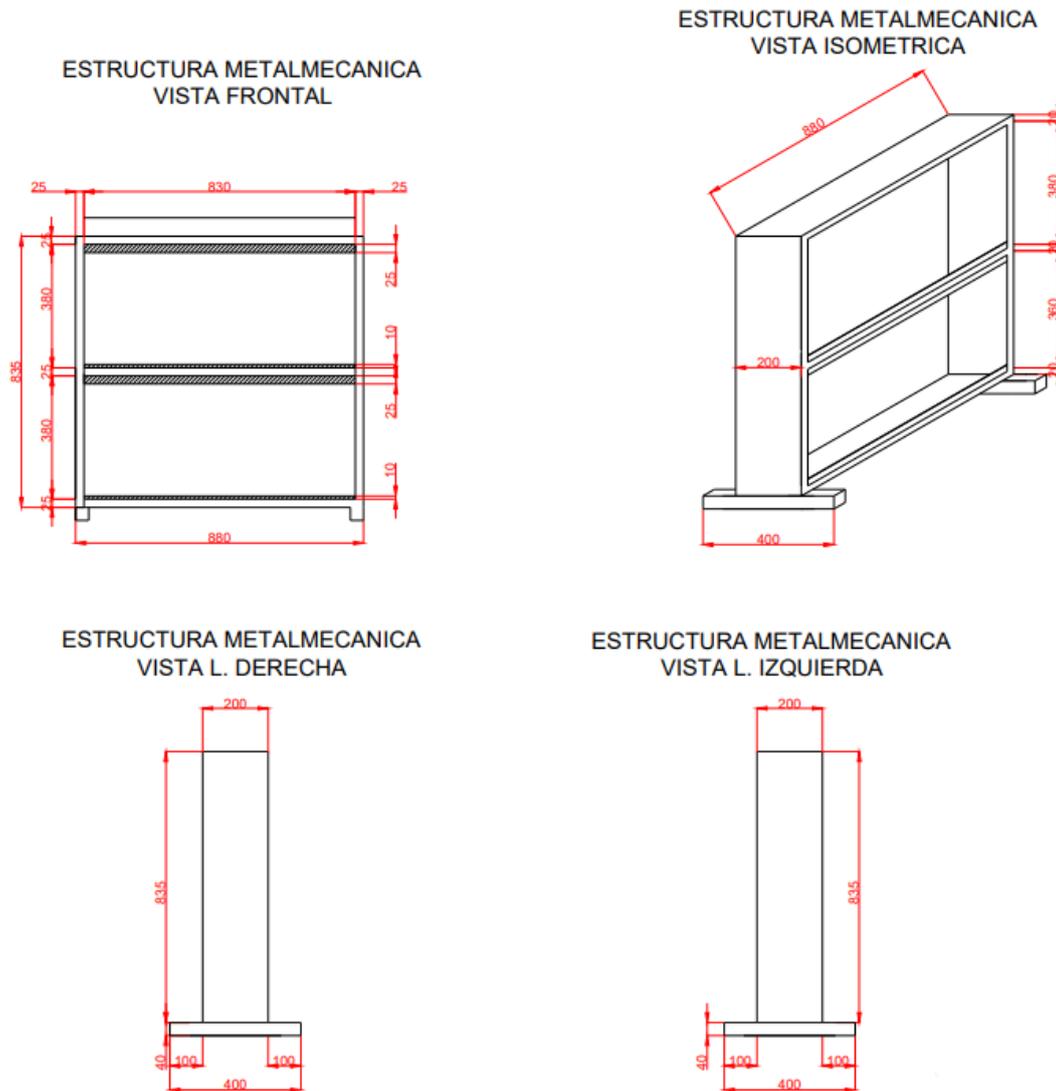


Figura 31. Estructura diseñada en AutoCAD

Fuentes: Autores.

9.4 Implementación de módulo fotovoltaico de entrenamiento

Luego de realizar el diseño a través de AutoCAD se envió a un taller mecánico donde utilizando los planos se construyó la estructura y los paneles con láminas de Zinc junto con un acabado utilizando pintura al horno.



Figura 32. Estructura final entrenador solar fotovoltaico

Fuentes: Autores.

Cuando la estructura se encuentra a disposición, se procede a colocar los elementos correspondientes en cada uno de los paneles previamente distribuidos.

Cada panel contará con la conexión de los elementos de manera interna, permitiendo que al momento de realizar las prácticas con el entrenador solar solo se pueda manipular la conexión entre equipos de manera externa sin ningún riesgo utilizando cables con conectores macho tipo banana en conectores hembra tipo banana.



Figura 33. Panel “Luminarias” con sus elementos.

Fuentes: Autores.

Finalmente, el entrenador solar fotovoltaico quedará con los elementos colocados de manera externa, mientras que la conexión de equipos hacia las borneras será de manera interna.



Figura 34. Entrenador solar fotovoltaico con sus componentes.

Fuentes: Autores.

10 Desarrollo Experimental

El esquema mostrado en la figura 35, nos indica la conexión que conforma un sistema fotovoltaico aislado de la red eléctrica.

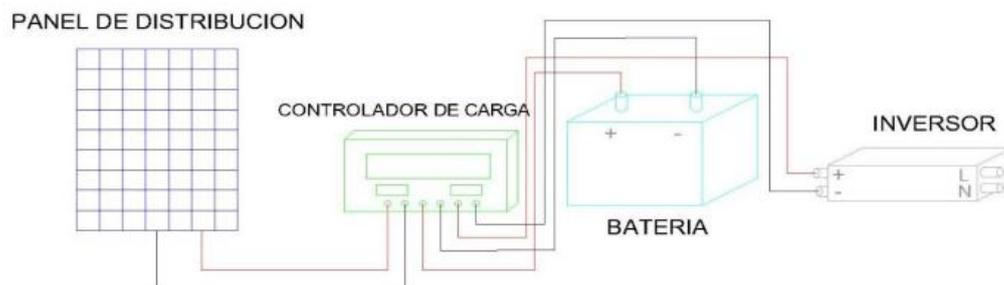


Figura 35. Conexión de un sistema fotovoltaico aislado

Fuentes: Maldonado M. & Velasteguí D. (2022)

El panel fotovoltaico será la principal fuente de generar energía por medio del material semiconductor recubierto de silicio. Las células solares son sensibles a la luz por lo que producir electricidad al recibir la radiación solar debido al fenómeno fotovoltaico.

El controlador de carga nos permite monitorear el estado del sistema fotovoltaico ya sea la potencia que entrega el panel hacia el sistema y como esta carga la batería. También, permite que la batería no produzca ningún daño al sistema en caso de existir un cortocircuito.

La batería se encarga de almacenar energía en el día por medio del controlador y proporcionarla en caso de que el panel fotovoltaico no pueda cubrir toda la demanda requerida o no se encuentre operativo debido a que la irradiación sobre el panel es mínima o nula para generar corriente.

El inversor se encarga de transformar el voltaje y la corriente proporcionado tanto del panel como de la batería que viene en DC hacia un voltaje de 120 en AC que es comúnmente utilizado en equipos eléctricos o electrónicos.

10.1 Radiación solar

10.1.1 Universidad Politécnica Salesiana

Primero, llevar los elementos que conforman un sistema fotovoltaico aislado a la terraza del edificio E del campus centenario.

Realizar la conexión en base a la figura 35 para poder tomar los datos de radiación solar en la terraza, colocando el ángulo de inclinación del panel en 0 para poder recibir una radiación solar directa.

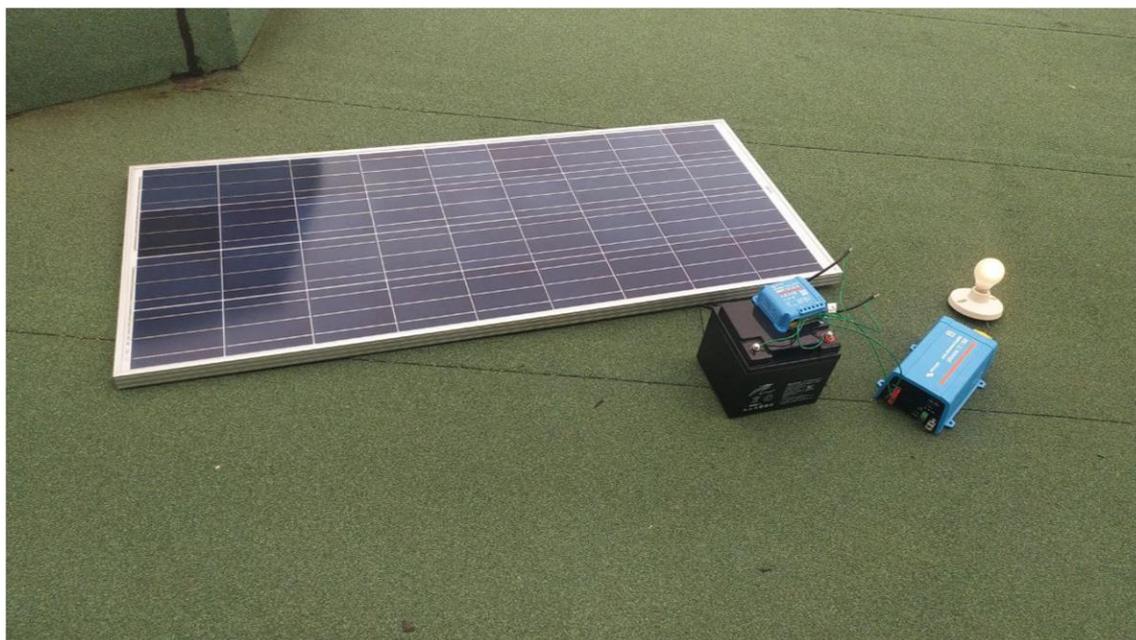


Figura 36. Conexión del sistema fotovoltaico aislado para prueba.

Fuentes: Autores.

Finalmente, realizamos la prueba después de verificar que nuestro sistema fotovoltaico se encuentre operativo. Lo cual, tomamos en consideración el siguiente diagrama de flujo para la respectiva lectura de datos a obtener por medio de esta experimentación.

Diagrama de Flujo, Prueba con Radiación Solar, Universidad Politécnica Salesiana

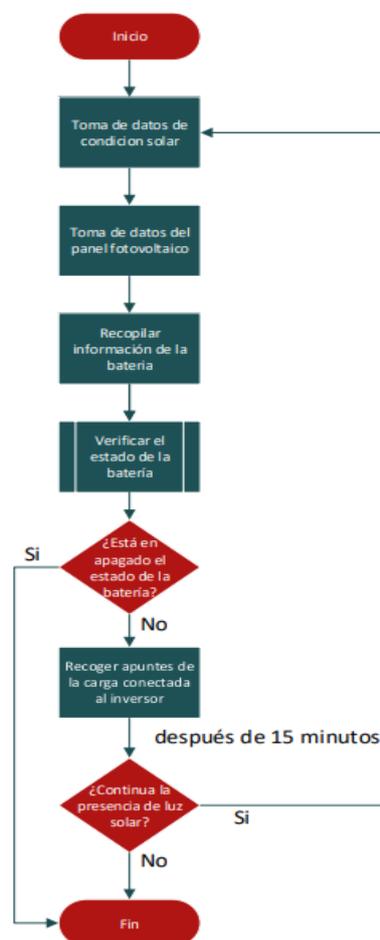


Figura 37. Diagrama de flujo para la experimentación con radiación solar.

Fuentes: Autores.

En la figura 37 podemos observar un diagrama de flujo que nos explica la secuencia de pasos de manera ordenada para realizar la experimentación en la toma de información acerca de nuestro sistema fotovoltaico y de su comportamiento.

Existe una condición que si la batería se encuentra apagada se termine la prueba, esto debido a que el panel solar ha dejado de generar potencia y la batería ha empezado a otorgar toda la energía al sistema.

La prueba se tiene prevista iniciar desde las 10:30 am y terminar cuando se cumpla la condición anterior, tomando en cuenta también el tiempo en que finaliza junto con la radiación solar presente.

10.1.2 Comunidad Masa 2

Primero, al llegar a la comuna dirigirse a una de las viviendas que cuenta con el sistema instalado.

Luego, proseguir a identificar y verificar el funcionamiento del sistema fotovoltaico.



Figura 38. Sistema fotovoltaico instalado en una vivienda de Masa 2.

Fuentes: Autores.

Después, empezar a comprobar que cargas tiene la familia conectada a la red fotovoltaica por medio del inversor.

Tabla 7. Cargas detectadas en instalación de sistema fotovoltaico aislado

4 focos led	28W
Router de internet	4W
Decodificador de TV	15W
Televisor	30W

Fuente: Autores.

Finalmente, empezamos con la secuencia del diagrama de flujo que se muestra a continuación para la respectiva experimentación.

Diagrama de Flujo, Prueba con Radiación Solar, Comuna Masa 2

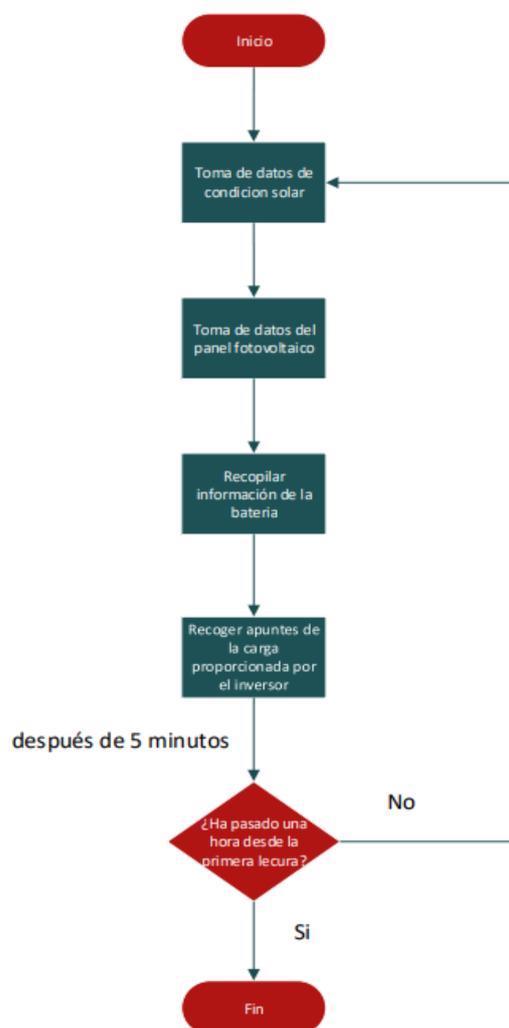


Figura 39. Diagrama de flujo para la experimentación en Masa 2.

Fuentes: Autores.

En la comuna de Masa 2, se realizarán las respectivas tomas de lectura cada cinco minutos en el intervalo de una hora con las cargas utilizadas en la vida cotidiana de una familia. Esto con el fin, de comprobar cómo se comporta un sistema fotovoltaico aislado a la red que beneficia a una familia durante el día.

10.1.3 Radiación Artificial

Primero, aislamos el panel fotovoltaico de la presencia de alguna fuente externa de luz (ya sea cerrando las cortinas o apagando las luces del laboratorio de generación.)

Nos aseguramos de realizar la conexión del sistema fotovoltaico como se indica en la imagen, el cual no varía con la prueba de radiación solar.

Conectamos la luminaria a utilizar en dirección directa hacia el panel fotovoltaico.

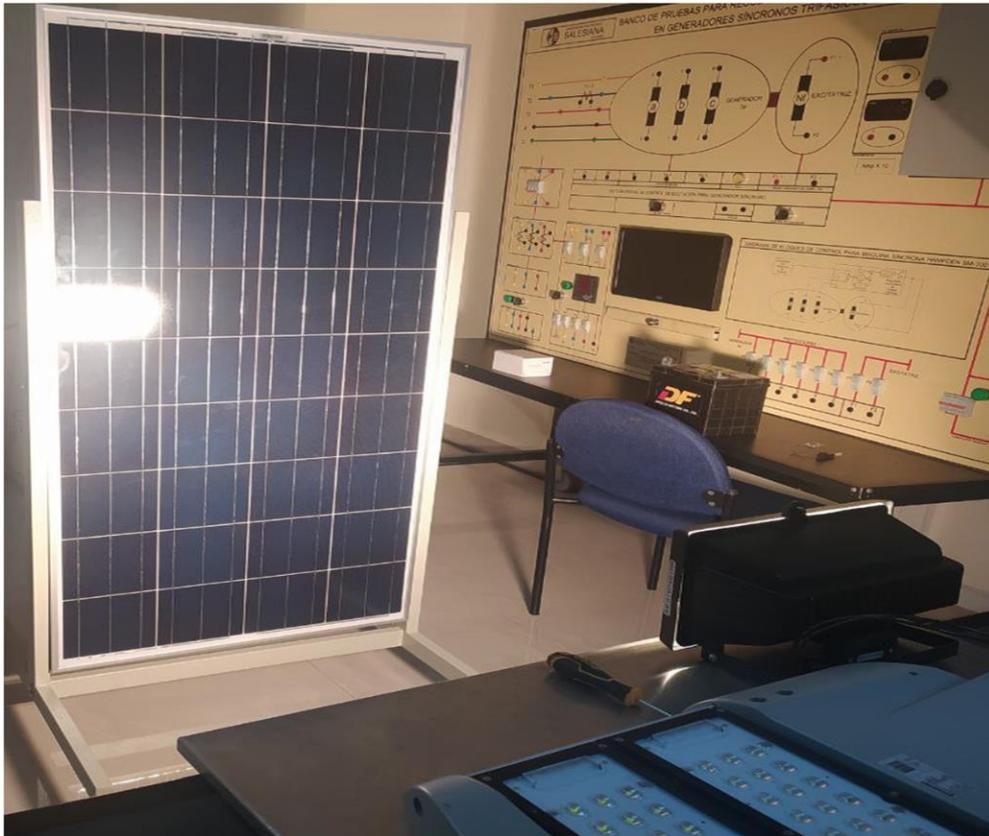


Figura 40. Reflector Halógeno sobre panel fotovoltaico.

Fuentes: Autores.

Finalmente, empezamos la secuencia que se muestra en el siguiente diagrama de flujo para la respectiva captura de información.

Diagrama de Flujo, Prueba con Radiación Artificial, Universidad Politécnica Salesiana

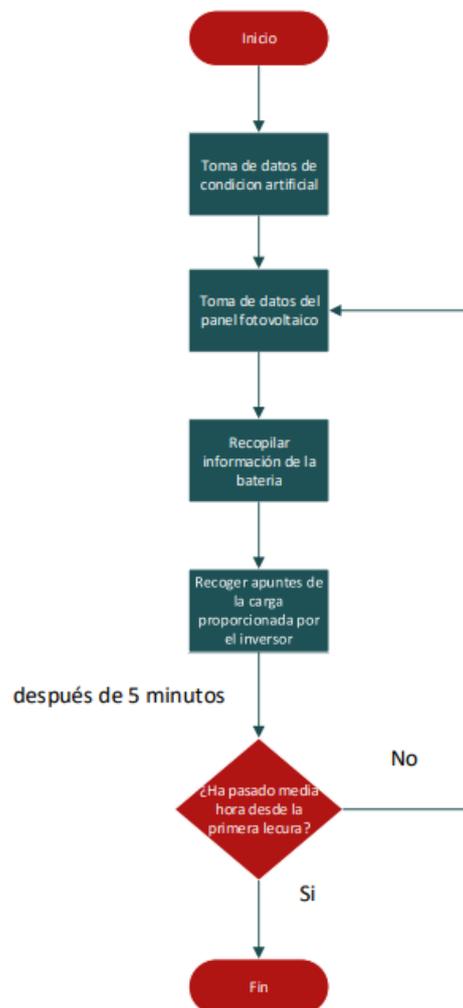


Figura 41. Diagrama de flujo para la lectura de datos con radiación artificial.

Fuentes: Autores.

En la figura 41, podemos evidenciar que en cada recopilación de información existe un intervalo de 5 minutos, esto debido a que se realizará un seguimiento del sistema fotovoltaico durante media hora para comprobar si existe algún cambio o no por la presencia continua de luz artificial.

10.2 Equipos Utilizados.

10.2.1 Radiación Solar

1 batería 12VDC 40Ah (Universidad Politécnica Salesiana)

2 baterías conectadas en serie 12VDC 100Ah (Masa 2)

Inversor Victron Energy 250VA 12VDC/120VAC

Controlador Victron Energy MPPT 75|15

Panel Fotovoltaico

Piranómetro (Masa 2)

Estación Meteorológica (Universidad Politécnica Salesiana)

Smartphone con la aplicación Victron Connect

10.2.2 Radiación Artificial

1 batería 12VDC 40Ah

Inversor Victron Energy 250VA 12VDC/120VAC

Controlador Victron Energy MPPT 75|15

Panel Fotovoltaico 150W

Piranómetro

Termómetro Infrarrojo

Luxómetro

Smartphone con la aplicación Victron Connect

1 lámpara halógena de 1000W

4 focos incandescentes de 110W cada uno

1 reflector de 200W tipo LED

10.3 Levantamiento de información

10.3.1 Radiación Solar

Luego de verificar que el sistema fotovoltaico aislado se encuentra en funcionamiento tanto en la Universidad Politécnica Salesiana, así como en Masa 2, se determinan los parámetros de medición, los cuales tienen una relación tanto con la condición ambiental presente, la radiación emitida por el sol, el estado de la batería y la conversión energética por medio de los paneles solares hacia el inversor pasando por el controlador MPPT. Por lo cual, se ha realizado el levantamiento de la siguiente información:

10.3.1.1 Datos del sistema fotovoltaico aislado

Tensión (V), Corriente (A) y Potencia (W) presente en el panel fotovoltaico.

Tensión (V), Corriente (A) y Estado de la batería conectada al controlador MPPT.

Corriente (A), Potencia (W) y estado de la carga conectada al inversor.

Estos datos son obtenidos al momento de enlazar el controlador MPPT con la aplicación VictronConnect.

10.3.1.2 Condición solar

Irradiancia (W/m^2) emitida por el sol.

El método de obtener la irradiación solar y la temperatura ambiente es por medio de una estación meteorológica, instalada en la terraza del edificio E, lugar donde se colocarán el panel fotovoltaico para realizar la prueba.



Figura 42. Estación meteorológica de la Universidad Politécnica Salesiana.

Fuentes: Autores.

En el caso de masa 2, utilizaremos un piranómetro de mano debido a que este instrumento nos da el valor en la unidad de medida de la radiación solar y porque la zona no cuenta con un aparato que nos permita obtener esta información.



Figura 43. Piranómetro de mano.

Fuentes: Autores.

10.3.2 Radiación Artificial

Después de aislar el sistema fotovoltaico de la radiación solar que pueda ingresar por medio de las ventanas del laboratorio de generación ubicado en la Universidad Politécnica Salesiana, se establecen las unidades que se tomarán lectura, los cuales tienen correlación con la fuente de luz artificial a utilizar, la radiación emitida por la luminaria y el funcionamiento general del sistema fotovoltaico junto al comportamiento de la batería. Por tanto, el levantamiento de información tendrá en cuenta lo siguiente:

10.3.2.1 Información del sistema fotovoltaico.

Tensión (V), Corriente (A) y Potencia (W) presente en el panel fotovoltaico.

Tensión (V), Corriente (A) y Estado de la batería conectada al controlador MPPT.

Corriente (A), Potencia (W) y estado de la carga conectada al inversor.

Esta información será proporcionada por la aplicación VictronConnect, el cual utiliza una conexión Bluetooth hacia el controlador MPPT que forma parte de la conexión.

10.3.2.2 Lectura de temperatura

Temperatura del panel

Para conocer la temperatura del panel se utilizará un termómetro digital, debido a que los paneles fotovoltaicos tienden a mostrar variaciones del voltaje cuando la temperatura de este supera los 25°C.



Figura 44. Termómetro infrarrojo.

Fuentes: Autores.

10.3.2.3 Condición Artificial

Flujo Luminoso de la luz artificial.

La manera de obtener el flujo luminoso será por medio de un luxómetro, el cual se encarga de medir la cantidad de lúmenes que residirán sobre el panel solar.



Figura 45. Luxómetro.

Fuentes: Autores.

Irradiancia (W/m^2) emitida por la fuente artificial.

Al utilizar el piranómetro, podemos calcular cuanta radiación artificial se encuentra sobre el panel fotovoltaico, el cual nos permitirá evaluar el comportamiento del sistema fotovoltaico en contraste a la luz del sol.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Luego de realizar los diferentes análisis utilizando la metodología previamente establecida a través de los diagramas de flujo, tanto para la radiación solar y artificial, se obtuvieron los siguientes valores.

11 Valores obtenidos en Universidad Politécnica Salesiana

11.1 Radiación Solar

Esta prueba fue realizada el día 5 de agosto del 2022 entre las 10:30 am hasta las 6:30 pm, el clima en ese día fue nublado, pero existían intervalos de tiempo donde el sol se hacía presente. También, como carga se le conectó un foco incandescente de 60W para simular la potencia que actualmente consume una vivienda pequeña.

Tabla 8. Prueba con luz a un sistema aislado con carga utilizando luz solar.

PRUEBA SOLAR CON CARGA									
HORA	CONDICIÓN NATURAL		SOLAR			BATERIA		CARGA	
	IRRADIANCIA (W/m ²)	°C AMBIENTE	POTENCIA PANEL (W)	TENSIÓN PANEL(V)	CORRIENTE PANEL (I)	TENSIÓN BATERIA (V)	CORRIENTE BATERIA (A)	CORRIENTE DE CARGA (A)	POTENCIA DE CARGA (W)
10:30	369.2	24.3	52	18.42	2.8	12.59	-0.8	4.3	54
10:45	798.6	25.9	106	16.45	6.4	13.77	3.4	4.1	57
11:00	715.2	26.0	80	18.15	4.4	14.51	1.2	3.9	57
11:15	421.3	26.3	65	18.30	3.6	13.79	0.1	4.5	62
11:30	402.9	26.5	57	17.90	2.9	12.43	0.1	4.0	61
11:45	207.6	26.5	35	16.29	2.1	12.51	-2.0	4.8	60
12:00	400.0	26.7	51	16.46	3.1	12.59	-0.3	4.4	55
12:15	386.1	26.6	48	16.48	2.9	12.79	-0.7	4.5	57
12:30	398.5	26.9	54	15.82	3.4	12.63	-0.2	4.8	60
12:45	763.3	27.1	102	15.23	6.7	12.67	2.8	4.5	62
13:00	295.1	27.1	39	15.39	2.5	12.65	-1.2	4.8	61
13:15	202.7	26.8	25	16.55	1.5	12.44	-2.9	4.9	61
13:30	233.5	26.8	33	16.37	2.0	12.46	-1.9	4.6	57
13:45	321.3	26.8	41	16.14	2.6	12.50	-1.1	4.8	60
14:00	398.5	27.2	54	17.28	3.1	12.61	-0.1	4.3	54
14:15	391.7	27.5	49	16.12	3.0	12.61	-0.8	4.7	59
14:30	310.7	27.6	41	15.90	2.6	12.49	-1.6	4.9	61
14:45	321.3	27.7	42	15.92	2.6	12.50	-1.3	4.6	57
15:00	279.1	27.5	34	16.62	2.0	12.44	-2.1	4.8	60
15:15	308.4	27.4	42	16.83	2.5	12.47	-1.5	4.9	61
15:30	402.9	27.6	56	16.35	3.5	12.59	0	4.8	60
15:45	448.4	27.7	66	16.63	4.0	12.66	0.3	4.8	61
16:00	407.1	27.8	57	16.48	3.4	12.63	-0.2	4.5	59
16:15	202.9	27.2	28	16.93	1.7	12.40	-2.6	4.9	61
16:30	190.5	27.1	27	16.37	1.6	12.37	-2.7	4.9	61
16:45	153.4	26.5	23	17.00	1.4	12.34	-2.7	4.5	55
17:00	137.52	26.7	19	16.76	1.1	12.30	-3.2	4.7	58
17:15	98.88	26.1	11	15.36	0.7	12.25	-3.7	4.6	56
17:30	71.93	26.2	7	14.62	0.5	12.21	-4.4	4.4	54
17:45	37.75	26.1	4	16.61	0.2	12.16	-4.3	4.5	55
18:00	19.41	25.7	1	14.62	0.1	12.11	-4.5	4.7	57
18:15	6.65	24.4	0	14.35	0	12.07	-4.5	5	60
18:30	1.35	25.1	0	11.99	0	12.03	-4.9	4.9	59

Fuente: Autores

Como podemos observar en la tabla 8, debido a las condiciones climáticas, el panel no podía suministrar la potencia suficiente hacia la carga, permitiendo que la batería entrara en acción y complementa lo requerido mientras se cargaba.

Al final del día, a las 6:30 pm con una radiación de 1.35 w/m^2 el panel ya no pudo generar más corriente, por lo que la carga empezó a funcionar directamente con la batería.

11.2 Radiación Artificial

11.2.1 Lámpara Halógena 1000W

El halógeno empleado será uno de 1000W que emite luz cálida color amarilla a una distancia de 103 cm entre el panel fotovoltaico y la lámpara halógena con un flujo luminoso de 5840 lúmenes.

Tabla 9. Irradiancia de lámpara halógena a varias distancias.

Distancia (cm)	Irradiancia (W/m ²)
40	1990.7
50	1396.2
60	1062.3
70	759.1
80	612.3
90	504.9
100	392
103	326.9

Fuente: Autores

A una distancia de 103 cm el panel fotovoltaico empieza con la carga de la batería, permitiendo que nuestro sistema fotovoltaico empiece a funcionar con irradiación presente.

Tabla 10. Irradiancia de lámpara halógena a un sistema aislado.

PRUEBA ARTIFICIAL LÁMPARA HALÓGENA									
	PANEL	CONDICIÓN ARTIFICIAL	SOLAR			BATERIA		CARGA	
HORA	°C PANEL	IRRADIANCIA (W/m ²)	POTENCIA PANEL (W)	TENSIÓN PANEL(V)	CORRIENTE PANEL (I)	TENSIÓN BATERIA (V)	CORRIENTE BATERIA (A)	CORRIENTE DE CARGA (A)	POTENCIA DE CARGA (W)
00:00	24.3	326.9	5	18.79	0.3	12.83	-0.20	0.6	6
00:05	27.3	326.9	5	17.71	0.3	12.81	-0.30	0.6	6
00:10	32.4	326.9	5	18.56	0.3	12.79	-0.30	0.6	6
00:15	32.9	326.9	5	18.81	0.3	12.79	-0.10	0.6	6
00:20	33.7	326.9	2	18.70	0.3	12.77	-0.20	0.6	6
00:25	34.5	326.9	2	17.98	0.3	12.77	-0.30	0.6	6
00:30	35.1	326.9	2	18.52	0.3	12.75	-0.30	0.6	6

Fuente: Autores

Analizando los resultados de la tabla 10, se presencia que el sistema fotovoltaico con una carga de 6W como un smartphone utilizando carga lenta, consume voltaje y corriente de la batería de manera progresiva que empieza a descargarla. Además, el panel fotovoltaico que está siendo iluminado por la lámpara de halógeno, no es capaz de complementar toda la potencia que requiere la carga.

11.2.2 Focos Incandescentes 110W

Se utilizarán 4 focos incandescentes de 110W cada uno que emite luz cálida color amarilla a una distancia de 77 cm entre el panel fotovoltaico y los focos incandescentes con un flujo luminoso de 882 lúmenes.

Tabla 11. Irradiancia de 4 focos incandescentes a varias distancias.

Distancia (cm)	Irradiancia (W/m²)
10	244.3
20	217.1
30	190.4
40	138.8
50	107.9
60	83.6
70	75.4
77	70.2

Fuente: Autores

A una distancia de 77 cm el panel fotovoltaico empieza con la carga de la batería, permitiendo que nuestro sistema fotovoltaico empiece a funcionar con irradiación presente.

Tabla 12. Prueba con focos incandescentes a un sistema aislado.

PRUEBA ARTIFICIAL 4 FOCOS INCANDESCENTES									
	PANEL	CONDICIÓN ARTIFICIAL	SOLAR			BATERIA		CARGA	
HORA	°C PANEL	IRRADIANCIA (W/m ²)	POTENCIA PANEL (W)	TENSIÓN PANEL (V)	CORRIENTE PANEL (I)	TENSIÓN BATERIA (V)	CORRIENTE BATERIA (A)	CORRIENTE DE CARGA (A)	POTENCIA DE CARGA (W)
00:00	22.2	70.2	1	14.54	0	12.51	-0.4	0.5	6
00:05	23.7	70.2	1	14.82	0	12.50	-0.4	0.4	5
00:10	23.8	70.2	1	14.65	0	12.48	-0.3	0.4	5
00:15	24.1	70.2	1	15.94	0	12.46	-0.3	0.4	5
00:20	24.1	70.2	1	14.65	0	12.45	-0.4	0.5	6
00:25	24.1	70.2	1	14.09	0	12.45	-0.4	0.5	6
00:30	24.1	70.2	0	17.91	0	12.43	-0.4	0.5	6

Fuente: Autores

Observando la tabla 12, se evidencia que el sistema fotovoltaico con una carga de 6W como una radio pequeña, consume voltaje y corriente de la batería de manera gradual que empieza a descargarla debido a que la potencia suministrada por el panel fotovoltaico es de 1W y la carga requiere de más corriente que es alimentada por la batería.

11.2.3 Reflector Led de 200W

El Reflector Led utilizado será uno de 200W que emite luz cálida color blanca a una distancia de 83 cm entre el panel fotovoltaico y el reflector con un flujo luminoso de 6850 lúmenes.

Tabla 13. Irradiancia del reflector led a varias distancias.

Distancia (cm)	Irrrandiancia (W/m²)
10	763.3
20	398.9
30	366.7
40	137.6
50	104.1
60	67.9
70	32.3
80	70.2
83	31

Fuente: Autores

A una distancia de 83 cm el panel fotovoltaico es capaz de cambiar el estado de la batería de apagado a carga inicial, permitiendo que nuestro sistema fotovoltaico empiece a trabajar sin necesidad de irradiación solar.

Tabla 14. Prueba con un reflector led a un sistema aislado.

PRUEBA ARTIFICIAL REFLECTOR LED									
	PANEL	CONDICIÓN ARTIFICIAL	SOLAR			BATERIA		CARGA	
HORA	°C PANEL	IRRADIANCIA (W/m ²)	POTENCIA PANEL (W)	TENSIÓN PANEL (V)	CORRIENTE PANEL (I)	TENSIÓN BATERIA (V)	CORRIENTE BATERIA (A)	CORRIENTE DE CARGA (A)	POTENCIA DE CARGA (W)
00:00	22.7	31	0	15.27	0	12.78	-0.4	0.5	6
00:05	24	31	0	14.58	0	12.63	-0.5	0.4	5
00:10	24.1	31	0	14.02	0	12.47	-0.5	0.5	6
00:15	24.2	31	0	14.84	0	12.54	-0.5	0.4	5
00:20	24.3	31	0	14.73	0	12.54	-0.5	0.5	6
00:25	24.4	31	0	13.98	0	12.52	-0.4	0.5	6
00:30	24.4	31	0	14.05	0	12.50	-0.4	0.5	6

Fuente: Autores.

Observando la tabla 14, se presencia que el sistema fotovoltaico con una carga de 6W como un foco led actual, consume voltaje y corriente de la batería de manera gradual que empieza a descargarla. Además, el panel fotovoltaico alimentado por la luz led no es capaz de generar la potencia, tensión ni corriente necesarios para que el sistema no se descargue o mantenga una carga constante.

12 Valores obtenidos en Masa 2

Tabla 15. Prueba en una vivienda de Masa 2

PRUEBA SOLAR FAMILIA VALVERDE								
	CONDICIÓN NATURAL	SOLAR			BATERIA		CARGA	
HORA	IRRADIANCIA (W/m ²)	POTENCIA PANEL (W)	TENSIÓN PANEL(V)	CORRIENTE PANEL (I)	TENSIÓN BATERIA (V)	CORRIENTE BATERIA (A)	CORRIENTE DE CARGA (A)	POTENCIA DE CARGA (W)
12:30	1102.1	93	39.20	2.4	26.14	2.40	1.1	29
12:35	1078.5	81	38.78	2.1	26.08	1.90	1.0	26
12:40	1068.5	80	38.42	2.1	26.07	1.90	1.0	26
12:45	1084.2	83	38.36	2.2	25.93	1.20	2.1	54
12:50	1091.2	76	38.57	2.0	25.78	0.50	2.4	62
12:55	1097.4	77	39.13	2.0	25.62	0.00	2.8	72
13:00	1085.1	75	38.42	2.0	25.53	-0.30	3.1	79
13:05	1082.3	74	39.18	1.9	25.72	1.00	1.9	49
13:10	1049.6	72	38.35	1.9	25.76	0.80	1.9	49
13:15	1012.1	65	38.57	1.7	25.71	0.50	1.8	46
13:20	1096.2	79	38.81	2.0	25.82	1.20	1.9	49
13:25	1032.8	70	38.17	1.8	25.79	0.40	2.0	52
13:30	1024.5	66	38.21	1.7	25.75	0.50	2.1	54

Fuente: Autores.

Como se evidencia en la tabla 15, en la vivienda ubicada en la Comuna Masa 2, se pudo observar que la batería solo entregó corriente cuando el panel fotovoltaico no pudo suministrar suficiente potencia a las cargas utilizadas en ese instante. De esta manera, la carga de la batería no se ve afectada en largos intervalos de tiempo.

Las condiciones ambientales en el sector eran despejadas, por lo cual el panel aprovechaba la irradiancia presente y la potencia del panel era alta, en comparación a los resultados de la tabla 8, el cual las condiciones ambientales no eran favorables.

13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1 Conclusiones

- El diseño del entrenador solar fotovoltaico en AutoCAD fue de utilidad ya que al conocer las medidas y la cantidad de los equipos se pudo dimensionar tanto la estructura como las planchas que son utilizadas, evitando posibles fallas de dimensionamiento al momento de pasarlo por la parte mecánica.
- Se concluye que la implementación de un entrenador solar fotovoltaico beneficiará a los estudiantes y al docente de la materia de energías renovables, ya que la enseñanza teórica podrá ser complementada con la parte práctica, para que, los alumnos tengan conocimiento sobre la energía fotovoltaica y puedan realizar proyectos con esta tecnología.
- Al realizar las pruebas del sistema fotovoltaico en condición de irradiación solar, hay que tomar en cuenta las condiciones climáticas, debido a que se evidenciará una baja entrega de potencia en caso de existir sombra o una alta producción de energía en el caso del cielo despejado. Mientras que, en la irradiación artificial es recomendable realizar la experimentación por la noche, debido a que se evita que la irradiación solar se filtre por medio de las ventanas, pudiendo alterar los resultados de la investigación.
- Al evaluar el comportamiento con irradiación solar, se verificó que los diversos factores ambientales como la sombra generada por las nubes pueden no entregar toda la potencia directa al panel y también que mientras más se acerca la noche, el panel fotovoltaico empieza a generar menos potencia, a un punto donde, aunque exista la irradiación el panel ya no generará corriente. Y en el caso de la irradiación artificial se comprobó que con una luminaria externa ya sea led, incandescente o halógeno implementado en este estudio se puede generar energía, pero, no es factible ya que el panel no es capaz de generar la potencia demandada al conectar una carga por medio del inversor y también, la batería empieza a trabajar permitiendo que su carga empiece a disminuir.
- La guía de prácticas servirá para que los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana puedan comprobar este estudio en otras condiciones no evaluadas como simular condiciones ambientales por medio de irradiación artificial, así como el comportamiento a través de varios ángulos de inclinación. El cual, los impulsará a estudiar más acerca de las energías renovables y su innovación.

13.2 Recomendaciones

- Utilizar el sistema fotovoltaico en presencia de irradiación solar para la carga normal de baterías.
- Realizar las pruebas con los paneles solares utilizando luz artificial con mayor potencia y lúmenes.
- Ejecutar un plan de mantenimiento preventivo para el entrenador fotovoltaico, evitándolo de posibles daños a largo plazo.
- Impulsar el uso de energías renovables para poblaciones que no cuentan con alimentación a la red y utilizan energías que contaminan al medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- Adler, F., Berardi, M., García Pedrosa, M., Monticelli, F., & Morquecho, M. (2013). Energía solar fotovoltaica. *Instalaciones Industriales*, 3–27. <http://www3.fi.mdp.edu.ar/dtoelectrica/files/instalaciones-industriales/material/autogeneracion/renovables/solar/energia solar 2013.pdf>
- Briones Chiluita, V. H. (2022). *Implementación de un sistema fotovoltaico para abastecer de energía a un sector rural del golfo de Guayaquil mediante el análisis de carga y simulación por software*.
- Castillo, P., & Anthony, J. (2022). *DISEÑO Y ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA RENOVABLE PARA USARIOS RESIDENCIALES DE LA COMUNA MASA 2*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22813>
- Commission Internationale de l'Eclairage. (2004). Ocular Lighting Effects on Human Physiology and Behaviour. In *Vienna, Austria: Commission Internationale de l'Eclairage, Technical Report* (Issue 158). <https://doi.org/10.2772/8624>
- Díaz, R., Santos, A., & Castro, M. (2017). Influencia del ángulo de inclinación de los módulos solares en la generación de electricidad de una central fotovoltaica. *ResearchGate, June*.
- Galarza, R., Antonio, L., Garzón, O., & Josué, C. (2021). *Diseño de un arreglo fotovoltaico para la iluminación interior de viviendas de la Comuna MASA 2 – Golfo De Guayaquil*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20326>
- García, R. (2013). *Sistema fotovoltaico de baja potencia para invernaderos inteligentes*. <http://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/456>
- Grijalva Campoverde, C., & Vélez Mosquera, F. (2020). “Estudio e implementación de un Sistema Fotovoltaico aplicado a luminarias: Caso de estudio Unidad educativa Dr. Francisco Falquez Ampuero”. *Universidad Politecnica Salesiana*, 0(0), 1–97.
- Israel, K., Siguenza, A., Geovanny, J., & Vidal, C. (2020). *Implementación de un Sistema Fotovoltaico de 600w para alimentación del laboratorio de metrología*.
- Lasluisa Morocho, D. H., & Tobar Jami, C. D. (2018). SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN VIVIENDA AISLADA. *Universidad Técnica De Cotopaxi Facultad*, 1, 101.

- Merchan, W. (2021). *Sistema Fotovoltaico Para Casas Individuales En La Comunidad Masa 2 – Golfo De Guayaquil*.
- Minnaert, B., & Veelaert, P. (2014). *A Proposal for Typical Artificial Light Sources for the Characterization of Indoor Photovoltaic Applications*. 1500–1516. <https://doi.org/10.3390/en7031500>
- Monar Herrera, I. A. (2015). Diseño de una instalación fotovoltaica optimizando el ángulo de inclinación de los paneles solares. *Universidad Catolica Santiago de Guayaquil*, 16, 1–27. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/3899>
- Peñafiel Morales, J. A., & Gómez Bravo, A. D. (2022). *DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACION DE PANELES FOTOVOLTAICOS APLICADOS AL ÁREA RESIDENCIAL EN UN SECTOR COSTERO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS , ECUADOR*.
- Pérez Garrido, D. O. (2009). *ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN, UTILIZANDO AMPOLLETAS DE BAJO CONSUMO Y ALIMENTADO POR PANELES FOTOVOLTAICOS*. 140. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/bmf cip434a/doc/bmf cip434a.pdf>
- Perez, L. W. S. (2019). Estudio comparativo entre un panel fotovoltaico fijo y móvil de 50w policristalinos y su incidencia en la captación de energía solar en la ciudad de Ambato. In *Repo.Uta.Edu.Ec*.
- Pincay Lozada, J. L. (2017). *ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA RELACIÓN DE LA TEMPERATURA DE OPERACIÓN DE UN MÓDULO FOTOVOLTAICO Y SU VOLTAJE DE CIRCUITO ABIERTO*. 549, 120.
- Reinoso Ordóñez, W., & Sanchez Jumbo, D. (2022). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ELECTRIFICACIÓN EN UN SECTOR RURAL DEL GOLFO DE GUAYAQUIL MEDIANTE SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO*.
- Romero, C. J. (2020). Dimensionamiento De Sistemas Fotovoltaicos Conectados a La Red Eléctrica En El Ecuador En Baja Tensión. *Universidad Nacional De Loja*, 222.
- Smith, D. (2016, January 14). *Calculating the Emission Spectra from Common Light Sources | COMSOL Blog*. <https://www.comsol.com/blogs/calculating-the-emission-spectra-from-common-light-sources/>

Villacis Larco, A. V. (2014). *ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DE UN PANEL FOTOVOLTAICO POR LA INCIDENCIA DE LUZ ARTIFICIAL Y VARIACIÓN DEL ÁNGULO DE INCLINACIÓN*.
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/9865>

Villegas Tapia, E. S., & Alcivar Tello, L. E. (2020). *DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA ESCUELA DE EDUCACIÓN BASICA SIMON BOLÍVAR EN LA COMUNIDAD MASA 2, GOLFO DE GUAYAQUIL*.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19525>

ANEXOS

Anexo 1. Controlador de Carga SMARTSOLAR MPPT 75/15



Controladores de carga SmartSolar con salida de carga
MPPT 75/10, 75/15, 100/15, 100/20-48V

www.victronenergy.com



Controlador de carga SmartSolar
MPPT 75/15



Detección de Bluetooth
Smart Battery Sense



Detección de Bluetooth
BMV-712 Smart Battery Monitor



Bluetooth Smart integrado

La solución inalámbrica para configurar, controlar, actualizar y sincronizar los controladores de carga SmartSolar.

VE.Direct

Para una conexión de datos con cable a un Color Control GX, otros productos GX, PC u otros dispositivos.

Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)

Especialmente con cielos nubosos, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Salida de carga

Se puede evitar que la batería se descargue en exceso conectando todas las cargas a la salida de carga. Esta salida desconectará la carga cuando la batería se haya descargado hasta alcanzar una tensión preestablecida. (Modelo 48V: interfaz con un relé) También se puede establecer un algoritmo de gestión inteligente de la batería: ver BatteryLife.

BatteryLife: gestión inteligente de la batería

Si un controlador de carga solar no es capaz de recargar la batería a plena capacidad en un día, lo que sucede es que el ciclo de la batería cambia continuamente entre los estados "parcialmente cargada" y "final de descarga". Este modo de funcionamiento (sin recarga completa periódica) destruirá una batería de plomo-ácido en semanas o meses. El algoritmo BatteryLife controlará el estado de carga de la batería y, si fuese necesario, incrementará día a día el nivel de desconexión de la carga (esto es, desconectará la carga antes) hasta que la energía solar recogida sea suficiente como para recargar la batería hasta casi el 100%. A partir de ese punto, el nivel de desconexión de la carga se modulará de forma que se alcance una recarga de casi el 100% alrededor de una vez a la semana.

Algoritmo de carga de batería programable

Consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web para más información.

Temporizador día/noche y opción de regulador de luminosidad

Consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web para más información.

Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación en función de la temperatura.

Sensor opcional de la tensión y de la temperatura externas de la batería vía Bluetooth

Se puede usar un sensor Smart Battery Sense o un monitor de baterías BMV-712 Smart para comunicar la tensión y la temperatura de la batería a uno o más controladores de carga SmartSolar.

Función de recuperación de baterías completamente descargadas

Empezará a cargar incluso si la batería está descargada hasta cero voltios.

Se reconectará a una batería de ion litio completamente descargada con función de desconexión interna.

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 75/10	MPPT 75/15	MPPT 100/15	MPPT 100/20
Tensión de la batería (Selección automática)		12 / 24V		12 / 24 / 48V
Corriente de carga nominal	10A	15A	15A	20A
Potencia FV nominal, 12V 1a.b)	145W	220W	220W	290W
Potencia FV nominal, 24V 1a.b)	290W	440W	440W	580W
Potencia FV nominal, 48V 1a.b)	n.a.	n.a.	n.a.	1160W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	13A	15A	15A	20A
Desconexión automática de la carga		Sí		
Tensión máxima del circuito abierto FV		75V		100V
Eficiencia máxima		98%		
Autoconsumo – on de la carga		12V: 19 mA	24V: 16 mA	26 / 20 / 19 mA
Autoconsumo – off de la carga		12V: 10 mA	24V: 8 mA	10 / 8 / 7 mA
Tensión de carga de "absorción"		14,4V / 28,8V (ajustable)		14,4V / 28,8V / 57,6V (adj.)
Tensión de carga de "flotación"		13,8V / 27,6V (ajustable)		13,8V / 27,6V / 55,2V (adj.)
Algoritmo de carga		adaptativo multifase		
Compensación de temperatura		-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.		
Corriente de carga continua		15A		
Desconexión de carga por baja tensión		11,1V/22,2V/44,4V u 11,8V/23,6V/47,2V o algoritmo BatteryLife		
Reconexión de carga por baja tensión		13,1V/26,2V/52,4V o 14V/28V/56V o algoritmo BatteryLife		
Protección		Cortocircuito de salida/Sobrecarga temperatura		
Temperatura de trabajo		De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40°C)		
Humedad		95%, sin condensación		
Puerto de comunicación de datos		VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)		
CARCASA				
Color		Azul (RAL 5012)		
Terminales de conexión		6 mm ² / AWG10		
Grado de protección		IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)		
Peso		0,5 kg		0,65 kg
Dimensiones (al x an x pi)		100 x 113 x 40 mm	100 x 113 x 50 mm	100 x 113 x 60 mm
NORMATIVAS				
Seguridad		EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2		

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | Países Bajos
Centralita: +31 (0)36 535 97 00 | E-mail: sales@victronenergy.com
www.victronenergy.com



Anexo 2. Controlador de Carga BLUESOLAR



Controlador de carga BlueSolar PWM-LCD&USB 12/24V y 48V

www.victronenergy.com



Controladores de carga BlueSolar
LCD&USB 12/24-5/10/20



Controladores de carga BlueSolar
LCD&USB 12/24-30 y 48-10/20/30

Pantalla de cristal líquido

Para seguimiento y configuración

Salida de carga

Se puede evitar que la batería se descargue en exceso conectando todas las cargas a la salida de carga. Esta salida desconectará la carga cuando la batería se haya descargado hasta alcanzar una tensión preestablecida. Algunas cargas (especialmente los inversores) es mejor conectarlas directamente a la batería, y el control remoto del inversor a la salida de carga. Puede que se necesite un cable de interfaz especial; por favor, consulte el manual.

Las tensiones de conexión y desconexión son ajustables

Programación día/noche de la salida de carga

Esta opción permite preajustar el ON-time después del crepúsculo

Algoritmo de carga de batería programable

Algoritmos preprogramados para baterías AGM, GEL, inundadas o LiFePO4 (sólo con BMS interno)

Dos salidas USB de 5 voltios

Corriente máxima (ambas salidas juntas): 2A

BlueSolar PWM Controlador de carga	12/24-5	12/24-10	12/24-20	12/24-30	48-10	48-20	48-30
Tensión de la batería	12/24 V con detección automática de la tensión de entrada				48V		
Corriente de carga nominal	5A	10A	20A	30A	10A	20A	30A
Desconexión automática de las cargas consumidoras	Sí						
Tensión solar máxima	28V / 55V (1)			100V (1)			
Autoconsumo	< 10 mA						
Salida de carga	Control manual + desconexión por baja tensión + temporizador						
Protección	Inversión de la polaridad de la batería (fusible)		Cortocircuito de salida		Sobretensión		
Protección contra sobrecarga	Desconexión tras 60 s en caso de alcanzar el 130% de carga						
	Desconexión tras 5 s en caso de alcanzar el 160% de carga						
	Desconexión inmediata en caso de cortocircuito						
Puesta a tierra	Positivo común						
Rango de temp. de funcionamiento	-35 to +60°C (carga completa)						
Humedad (sin condensación)	Máx. 95%						
BATERÍA							
Tensión de carga de "absorción"	Ajuste de fábrica: 14,4V / 28,8V				Ajuste de fábrica: 57,6V		
Tensión de carga de "flotación" (2)	Ajuste de fábrica: 13,7V / 27,4V				Ajuste de fábrica: 54,8V		
Desconexión de carga por baja tensión	Ajuste de fábrica: 11,2V / 22,4V				Ajuste de fábrica: 44,8V		
Reconexión de carga por baja tensión	Ajuste de fábrica: 12,6V / 25,2V				Ajuste de fábrica: 50,4V		
USB							
Tensión	5V						
Corriente	2A (total de 2 salidas)						
CARCASA							
Clase de protección	IP20						
Tamaño de los terminales	6 mm ² / AWG20			16mm ² / AWG6			
Peso	0,15kg			0,3kg			
Dimensiones (al x an x p)	96 x 169 x 36 mm (3,8 x 6,7 x 1,4 pulgadas)			101x184x47mm (4,0 x 7,4 x 1,8 pulgadas)			
NORMAS							
Seguridad	EN60335-1, IEC 62109-1						
EMC	EN 61000-6-1, EN 61000-6-3, ISO 7637-2						
1) Para 12V utilice paneles solares de 36 celdas Para 24V utilice paneles solares de 72 celdas, o 2 de 36 cel series Para 48V utilice 2 paneles solares de 72 celdas o 4 de 36 celdas en serie				2) El controlador conmuta al nivel de tensión de flotación 2 horas después de alcanzada la tensión de absorción Siempre que la tensión de la batería caiga por debajo de 13V, se inicia un nuevo ciclo de carga.			

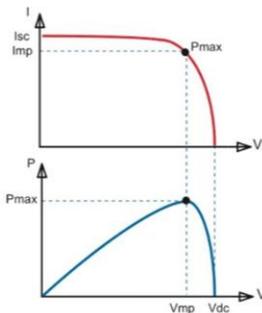
Anexo 3. Controladores de Carga MPPT Bluesolar y Smartsolar



Controladores de carga MPPT BlueSolar y SmartSolar

Resumen

www.victronenergy.com



Seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)

Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V).

El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

Curva inferior:

Potencia de salida $P = I \times V$ como función de tensión de salida.

Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT), la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a Vmp.

Principales características comunes a todos los modelos

- Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT).
- Detección avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial.
- Excepcional eficiencia de conversión.
- Refrigeración por convección natural.
- Reconocimiento automático de la tensión de la batería.
- Algoritmo de carga flexible.
- Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Opciones de dimensiones:

- Adecuados para baterías de distinta tensión. La mayoría de los modelos se conectan a baterías de 12, 24 y 48 V, algunos solo se conectan a baterías de 12 y 24 V, o solo a baterías de 48 V.
- Tensiones de carga desde 10 A hasta 100 A.
- Máximas tensiones Voc del conjunto FV de entre 75 V y 250 V.
- Se pueden usar múltiples cargadores en paralelo, para sistemas grandes recomendamos el uso de modelos con puerto de comunicación VE.Can.

Opciones de terminal FV:

- TR - un borne de tornillo positivo y otro negativo.
- MC4 - 3 pares de conectores MC4 en paralelo.

Opciones de Bluetooth:

- Los modelos SmartSolar disponen de Bluetooth.
- Los modelos BlueSolar no disponen de Bluetooth. Se pueden adaptar para que tengan Bluetooth conectando la mochila VE.Direct Bluetooth Smart. Ventaja: los productos no son accesibles mediante Bluetooth si no tienen una mochila conectada. Tenga en cuenta que en los modelos SmartSolar se puede deshabilitar el Bluetooth.

Opciones de pantalla:

- Aplicación VictronConnect. Se conecta por Bluetooth o mediante la interfaz VE.Direct - USB
- Control MPPT. Se conecta a todos los modelos mediante un cable VE.Direct.
- Pantalla de control SmartSolar. Se enchufa directamente en la carcasa de los modelos grandes
- Dispositivo GX
- Sitio web VRM (se necesita un dispositivo de control GX)

Puertos de comunicación:

- VE.Direct - todos los modelos
- VE.Direct y VE.Can - algunos modelos. VE.Can está especialmente indicado para sistemas con múltiples cargadores solares. Simplemente se conectan todas las unidades en cadena entre sí con un solo cable RJ45 entre cada unidad y también entre la última unidad de la cadena y el dispositivo de control GX.

Opciones de sensor de temperatura:

- Internamente (todos los modelos).
- Externamente mediante Smart Battery Sense (solo los modelos SmartSolar).

Opciones de salida de carga:

- Salida física - en los modelos de 10, 15 y 20 A.
- Salida virtual - el cable de salida VE.Direct TX digital y el BatteryProtect o un relé de estado sólido.

Activación y desactivación remota del cargador:

- Las unidades más grandes disponen de terminales estándar de encendido/apagado remoto de Victron. Todos los modelos que no cuentan con una terminal de encendido/apagado remoto integrada se pueden controlar de forma remota con el [cable on-off remoto no inversor VE.Direct - ASS030550310](#). Tenga en cuenta que esto impide que se pueda usar el puerto VE.Direct para otra cosa.

Opciones de actualización de firmware:

- Actualizaciones locales a través de la aplicación VictronConnect (por Bluetooth o la interfaz USB-VE.Direct)
- Actualizaciones remotas a través del sitio web de VRM o un dispositivo GX

Accesorios opcionales:

- Aplicación VictronConnect (descarga gratuita)
- Cajas de conexiones para cubrir y proteger las conexiones. Los tipos de cajas de conexiones se pueden ver en la tabla de la página 2
- Paneles de control y pantallas: Control MPPT o control SmartSolar)
- Dispositivo de control GX (CCGX Venus GX, Octo GX o Cerbo GX)
- Cables de datos: Cable VE.Direct, cable RJ45 (solo en modelos VE.Can) interfaz USB-VE.Direct
- Cables de control externo: Cable TX, cable no inversor
- Mochila Bluetooth (para modelos que no sean Smart)

Más información:

- Para acceder a los documentos indicados anteriormente: pulse el botón de búsqueda de nuestro sitio web e introduzca la palabra de búsqueda adecuada.
- Para conexión a un Color Control GX u otro dispositivo GX, véase: <https://www.victronenergy.com/live/venus-os-start>.



MPPT Control



SmartSolar Control



VictronConnect Application

BlueSolar Controlador de carga	Salida de carga	Tensión de la batería	Pantalla opcional	Bluetooth:	Puerto COM	Remoto ON, OFF	Relé programable	Caja de conexiones
75/10	15A	12/24	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	S 75-10/15
75/15	15A	12/24	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	S 75-10/15
100/15	15A	12/24	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	S 100-15
100/20-48V	20A/20A/1A	12/24/36/48	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	S 100-20
100/30	No	12/24	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	MM
100/50	No	12/24	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	M
150/35	No	12/24/36/48	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	M
150/45	No	12/24/36/48V	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	M
150/45-Tr	No	12/24/36/48	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	LL
150/45-MC4	No	12/24/36/48	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	L
150/60-Tr	No	12/24/36/48	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	L
150/60-MC4	No	12/24/36/48	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	L
150/70-Tr	No	12/24/36/48	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	L
150/70-MC4	No	12/24/36/48	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	L
150/100-Tr VE.Can	No	12/24/36/48	MPPT ctrl & SmartSolar ctrl	Mochila opcional	VE.Direct & VE.Can	Sí	Sí	XL
250/70-Tr VE.Can	No	12/24/36/48	MPPT ctrl & SmartSolar ctrl	Mochila opcional	VE.Direct & VE.Can	Sí	Sí	L
250/100-Tr VE.Can	No	12/24/36/48	MPPT ctrl & SmartSolar ctrl	Mochila opcional	VE.Direct & VE.Can	Sí	Sí	XL

SmartSolar Controlador de carga	Salida de carga	Tensión de la batería	Pantalla opcional	Bluetooth:	Puerto COM	Remoto ON, OFF	Relé programable	Caja de conexiones
75/10	15A	12/24	Control MPPT	Integrado	VE.Direct	No	No	S 75-10/15
75/15	15A	12/24	Control MPPT	Integrado	VE.Direct	No	No	S 75-10/15
100/15	15A	12/24	Control MPPT	Integrado	VE.Direct	No	No	S 100-15
100/20-48V	20A/20A/1A	12/24/36/48	Control MPPT	Integrado	VE.Direct	No	No	S 100-20
100/30	No	12/24	Control MPPT	Integrado	VE.Direct	No	No	M
100/50	No	12/24	Control MPPT	Integrado	VE.Direct	No	No	M
150/35	No	12/24/36/48	Control MPPT	Integrado	VE.Direct	No	No	M
150/45	No	12/24/36/48V	Control MPPT	Integrado	VE.Direct	No	No	M
150/45-Tr	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct	Sí	Sí	L
150/45-MC4	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct	Sí	Sí	L
150/60-Tr	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct	Sí	Sí	L
150/60-MC4	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct	Sí	Sí	L
150/70-Tr	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct	Sí	Sí	L
150/70-MC4	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct	Sí	Sí	L
150/70-Tr VE.Can	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct & VE.Can	Sí	Sí	L
150/70-MC4 VE.Can	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct & VE.Can	Sí	Sí	L
150/85-Tr VE.Can	No	12/24/36/48V	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct & VE.Can	Sí	Sí	XL
150/85-MC4 VE.Can	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct & VE.Can	Sí	Sí	XL
150/100-Tr VE.Can	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct & VE.Can	Sí	Sí	XL
150/100-MC4 VE.Can	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct & VE.Can	Sí	Sí	XL
250/60-Tr	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct	Sí	Sí	L
250/60-MC4	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct	Sí	Sí	L
250/70-Tr	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct	Sí	Sí	L
250/70-MC4	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct	Sí	Sí	L
250/70-Tr VE.Can	No	12/24/36/48V	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct & VE.Can	Sí	Sí	L
250/70-MC4 VE.Can	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct & VE.Can	Sí	Sí	L
250/85-Tr VE.Can	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct & VE.Can	Sí	Sí	XL
250/85-MC4 VE.Can	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct & VE.Can	Sí	Sí	XL
250/100-Tr VE.Can	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct & VE.Can	Sí	Sí	XL
250/100-MC4 VE.Can	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct & VE.Can	Sí	Sí	XL



Color Control GX



Venus GX



Cerbo GX



Smart Battery Sense



VE.Direct Bluetooth Smart Dongle



VE.Direct to USB interface

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | Países Bajos
 Centralita: +31 (0)36 535 97 00 | Correo electrónico: sales@victronenergy.com
www.victronenergy.com



Anexo 4. Inversor Phoenix 250 VA



Inversores Phoenix

250VA – 1200VA 230V y 120V, 50Hz o 60Hz

www.victronenergy.com



Phoenix 12/375 VE.Direct



Phoenix 12/375 VE.Direct




Puerto de comunicación VE.Direct

El puerto VE.Direct puede conectarse a:

- Un ordenador (se necesita un cable de interfaz VE.Direct a USB)
- Smartphones Apple y Android, tabletas, mackbooks y demás dispositivos (se necesita una mochila VE.Direct a Bluetooth Smart)

Totamente configurable:

- Niveles de disparo de la alarma y restablecimiento por tensión baja de la batería.
- Niveles de desconexión y reinicio por tensión baja de la batería.
- Desconexión dinámica: nivel de desconexión dependiente de la carga
- Tensión de salida 210 - 245V
- Frecuencia 50 Hz o 60 Hz
- On/off del modo ECO y sensor de nivel del modo ECO

Seguimiento:

- Tensión y corriente de entrada/salida, % de carga y alarmas

Fiabilidad probada

La topología de puente completo más transformador toroidal ha demostrado su fiabilidad a lo largo de muchos años.

Los inversores están a prueba de cortocircuitos y protegidos contra el sobrecalentamiento, ya sea debido a una sobrecarga o a una temperatura ambiente elevada.

Alta potencia de arranque

Necesaria para arrancar cargas como convertidores para lámparas LED, halógenas o herramientas eléctricas.

Modo ECO

En modo ECO, el inversor se pondrá en espera cuando la carga descienda por debajo de un valor predeterminado (carga mínima: 15W). Una vez en espera, el inversor se activará brevemente (ajustable; por defecto: cada 2,5 segundos). Si la carga excede el nivel predeterminado, el inversor permanecerá encendido.

Interruptor on/off remoto

Se puede conectar un interruptor On/Off remoto a un conector bifásico o entre el positivo de la batería y el contacto de la izquierda del conector bifásico.

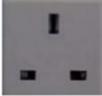
Diagnóstico LED

Por favor, consulte el manual para obtener su descripción.

Para transferir la carga a otra fuente CA: el conmutador de transferencia automático

Para nuestros inversores de menor potencia recomendamos nuestro conmutador de transferencia automático Filax. El tiempo de conmutación del "Filax" es muy corto (menos de 20 milisegundos), de manera que los ordenadores y demás equipos electrónicos continuarán funcionando sin interrupción.

Disponible con tres tomas de corriente distintas

Schuko	UK	AU/NZ	IEC-320 (enchufe macho incluido)	Nema 5-15R
				

Bornes de tornillo

No se necesitan herramientas especiales para su instalación

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)		https://www.victronenergy.com/live/ve-direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff				
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 reinicio: 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%				
CARCASA						
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 ² / AWG8	10mm ² / AWG8	10mm ² / AWG8	25/10/10mm ² / AWG4/8/8	35/25/25 mm ² / 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 IP 21				
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)
ACCESORIOS						
On/Off remoto		Sí				
Conmutador de transferencia automático		Filax				
ESTÁNDARES						
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				
1) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 2) Claves de protección: a) cortocircuito de salida b) sobrecarga c) tensión de la batería demasiado alta d) tensión de la batería demasiado baja h) temperatura demasiado alta f) ondulación CC demasiado alta						



Alarma de batería

Indica que la tensión está demasiado alta o demasiado baja por medio de una alarma visual y sonora y de un relé de señalización remota



Monitor de baterías BMV

El monitor de baterías BMV dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de alta resolución para la medición de la tensión de la batería y de la carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo para determinar exactamente el estado de la carga de la batería. El BMV muestra de manera selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o el tiempo restante de carga de la batería. El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y uso de la batería.



Mochila VE.Direct a Bluetooth Smart (Debe pedirse por separado)

Anexo 5. Batería Ritar Power 12VDC 40Ah



Specification

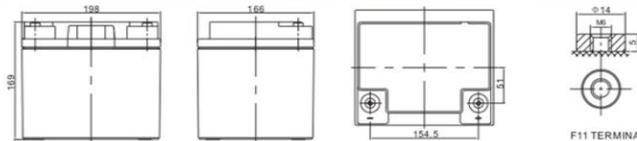
Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Nominal Capacity	40Ah@10hour-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx. 11.5 Kg (Tolerance±3.0%)
Internal Resistance	Approx. 10 mΩ
Terminal	F4(M5)F11(M6)
Max. Discharge Current	400A (5 sec)
Short Circuit Current	920A
Design Life	12 years (Float charging)
Max. Charging Current	12.0 A
Reference Capacity	C3 30.9AH C5 34.9AH C10 40.0AH C20 42.4AH
Standby Use Voltage	13.6 V~13.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -3mV/°C/Cell
Cycle Use Voltage	14.6 V~14.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -4mV/°C/Cell
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C±5°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for up to 6 months at 25°C and then recharging is recommended. Monthly Self-discharge ratio is less than 3% at 25°C. Please charge batteries before using.
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



RA series is a general purpose battery with 12 years design life in float service. It meets with IEC, JIS, BS, GB/T and YD/T standards. With advanced AGM valve regulated technology and high purity raw material, the RA series battery maintains high consistency for better performance and reliable standby service life. It is suitable for UPS/EPSS, Telecom, power grid, medical equipment, emergency light and security system applications.



Dimensions



Length	198±2mm (7.80 inches)
Width	166±2mm (6.54 inches)
Height	169±2mm (6.65 inches)
Total Height	169±2mm (6.65 inches)
Terminal	Value
M5	6-7 N*m
M6	8-10 N*m
M8	10-12 N*m

Unit: mm

Constant Current Discharge Characteristics : A (25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	124.3	95.7	73.4	43.4	24.4	14.6	11.3	8.87	7.55	5.07	4.22	2.21
1.65V	119.8	90.4	70.2	41.6	23.6	14.1	10.9	8.63	7.35	5.01	4.17	2.17
1.70V	114.0	83.2	65.7	39.8	22.8	13.6	10.6	8.39	7.16	4.94	4.11	2.15
1.75V	106.5	76.2	61.2	38.0	22.0	13.2	10.3	8.18	6.98	4.87	4.05	2.12
1.80V	97.0	69.0	56.5	36.4	21.2	12.7	10.0	7.94	6.80	4.79	4.00	2.10
1.85V	85.4	56.4	46.9	31.3	19.0	11.6	9.24	7.38	6.34	4.49	3.77	1.99

Constant Power Discharge Characteristics : WPC (25°C)

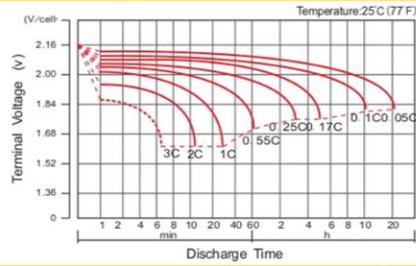
F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	213.9	162.6	128.4	78.8	45.9	27.6	21.5	17.0	14.5	9.90	8.30	4.35
1.65V	211.7	156.6	124.5	76.4	44.6	26.8	21.0	16.6	14.2	9.81	8.21	4.28
1.70V	203.6	146.9	118.4	73.8	43.4	26.1	20.5	16.2	13.9	9.68	8.09	4.24
1.75V	193.6	136.8	111.8	71.2	42.1	25.3	20.0	15.9	13.6	9.57	8.00	4.19
1.80V	179.5	126.0	104.7	68.8	40.7	24.5	19.4	15.5	13.3	9.43	7.90	4.15
1.85V	160.8	104.8	88.1	59.8	36.7	22.6	18.0	14.4	12.4	8.87	7.45	3.95

(Note) The above characteristics data are average values obtained within three charge/discharge cycle not the minimum values. The battery must be fully charged before the capacity test. The C₁₀ should reach 95% after the first cycle and 100% after the third cycle.

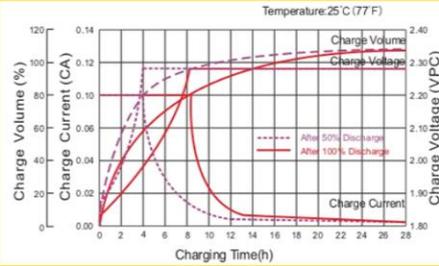
RA12-40(12V40Ah)



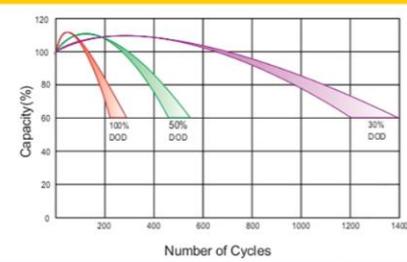
Discharge Characteristics Curve



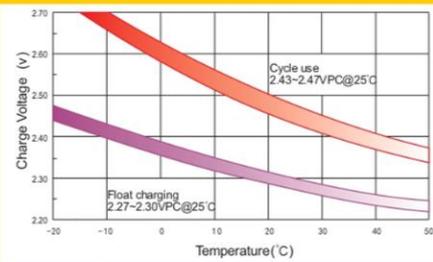
Charge Characteristic Curve For Standby Use



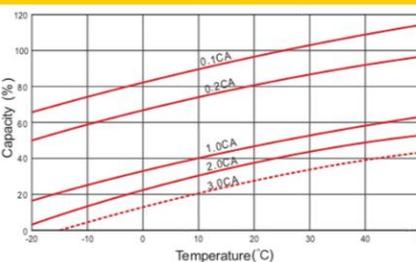
Cycle Life In Relation To Depth Of Discharge



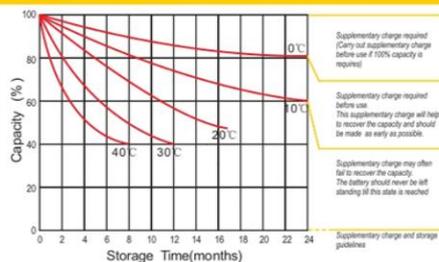
Relationship Between Charging Voltage And Temperature



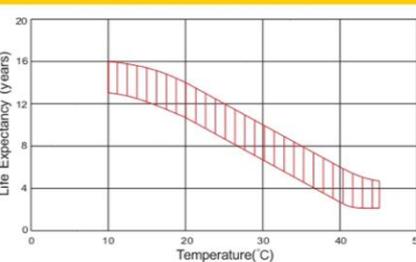
Temperature Effects On Capacity



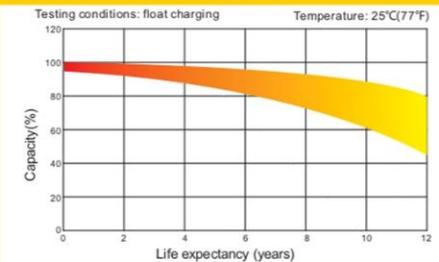
Storage Characteristics



Effect Of Temperature On Long Term Life



Life Characteristics Of Standby Use



(Note) All above information shall be changed without prior notice. Ritar reserves the right to explain and update the latest information.

HENGYANG RITAR POWER CO.,LTD.
 URL: www.ritarpower.com

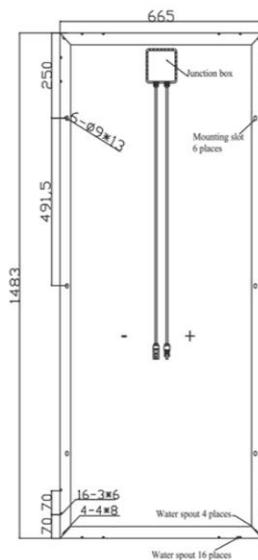
Add: No.1 Huagong Road, Songmu Industrial Park, Shigu District, Hengyang, Hunan, China 421001
 Tel: +86-734-8595528 Fax: +86-734-8595518 E-mail: sales@ritarpower.com Version 21A-0

Anexo 6. Panel Fotovoltaico Sunlink PV 150W



150 W Maximum Power

High Efficiency Poly-crystalline
Solar Module



BENEFITS

- High and stable conversion efficiency based on over 8 years professional experience.
- High reliability with guaranteed 0 - +3% output power tolerance.
- Proven materials, tempered front glass, and a sturdy anodized aluminum frame allow modules to operate reliably in multiple mountly configuration.
- Combination of high efficiency and attractive appearance.

QUALITY AND SAFETY

- 25-year output power warranty.
- ISO9001:2008 (Quality Management System) certified factory.
- IEC61215, Safety tested IEC61730, CE.
- Product Quality Warranty & Product Liability Insurance guarantee end users' benefit.

TEMPERATURE COEFFICIENTS

Temperature coefficients		at 1000 W/m ² , 25 °C, air mass: 1.5
Voltage coefficient (V_{oc})	β	- 0.35 %/K
Current coefficient (I_{sc})	α	+ 0.055 %/K
Power coefficient (P_{mpp})	γ	- 0.45 %/K
Minimum power tolerance		0 - + 3 %



SunLink PV Technology Co., Ltd.
Nanyuan Road, Zhangjiagang Economic Development Zone,
Jiangsu Province, 215600, China.
Tel: +86-512-58166568 58166566
Fax: +86-512-58166560
www.sunlink-pv.com

150 W Maximum Power

TECHNICAL DATA

Solar cell	36 poly-crystalline 156 × 156 mm
Front glass	3.2 mm tempered glass
Junction box	IP65 rated
Bypass-diodes	2 pieces
Output cables	900 mm length cable, compatible with MC IV connectors
Frame	anodized aluminium
Weight	12 kg
Dimensions	1483 × 665 × 35 mm

WARRANTY AND CERTIFICATIONS

Warranty	10 years workmanship, 12 years 90%, 25 years 80% power warranty
Certifications	IEC61215, Safety tested IEC61730, CE

ELECTRICAL DATA

Module Type	SL110-12P150	SL110-12P145	SL110-12P140	SL110-12P135	SL110-12P130
Nominal peak power (P_{max})	150W	145W	140W	135W	130W
Nominal voltage (V_{mpp})	17.2V	17.2V	17.2V	17.2V	17.2V
Nominal current (I_{mpp})	8.72A	8.43A	8.14A	7.85A	7.56A
Open circuit voltage (V_{oc})	21.6V	21.6V	21.6V	21.6V	21.6V
Short circuit current (I_{sc})	9.25A	8.94A	8.64A	8.19A	8.02A
Module efficiency	15.1%	14.6%	14.1%	13.6%	13.1%
Operating Temperature	-40~+85°C	-40~+85°C	-40~+85°C	-40~+85°C	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1000 V DC	1000 V DC	1000 V DC	1000 V DC	1000 V DC

STC: Irradiation: 1000 W/m², module temperature: 25 °C, air mass: 1.5 (EN 60904-3)

Maximum power (P_{max})	108W	105W	101W	97W	94W
Nominal voltage (V_{mpp})	16.5V	16.5V	16.5V	16.5V	16.5V
Nominal current (I_{mpp})	6.56A	6.34A	6.12A	5.91A	5.69A
Open circuit voltage (V_{oc})	19.9V	19.9V	19.9V	19.9V	19.9V
Short circuit current (I_{sc})	6.89A	6.66A	6.43A	6.10A	5.97A

NOCT: Irradiation: 800 W/m², module temperature: 45 °C, air mass: 1.5

Performance under weak light conditions (200 W/m²) EN60904-1, 95.3 % or higher of the STC efficiency (1000 W/m²) is achieved

PACKING CONFIGURATION

Container	20'GP	40'GP
Pieces per pallet	30	30
Pallets per container	14	30
Pieces per container	420	900

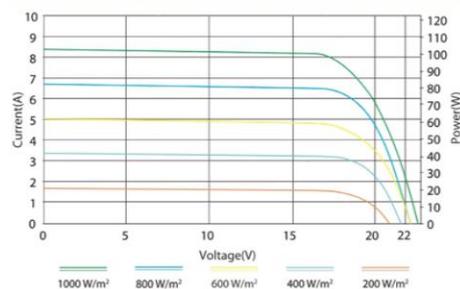
EXAMPLES OF APPLICATION

- Grid-connected systems, for E.G.
 - Residential solar power systems.
 - Public and industrial solar power systems.
- Solar power stations.

CAUTION: Read Safety And Installation Instructions Before Using The Product.
© April 2012 SunLink PV Technology Co., Ltd. All rights reserved.
Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

♻️ Printed on recycled paper.

Current-Voltage & Power-Voltage Curve (SL110-12P145)



Anexo 7. Luxómetro Digital con Auto-Rango TM-203

Rango de medida	20/200/2,000/20,000 /200,000 Lux , 20/200/2,000/20,000 Fc	
Sensor	Fotodiodo de silicio con filtro	
Precisión	±3% (Calibrado a la lámpara incandescente estándar, 2856K) ±6% (Otra fuente de luz visible)	
Dimensiones del Instrumento	172(L) x 55(W) x 38(H) mm	
Fuente de Alimentación	Batería de 9V	
Peso (incluido la batería)	250 g	
Desviación angular de las características del coseno	30°	± 2%
	60°	±6%
	80°	±25%

Anexo 8. Piranómetro de Mano SM206

Modelo: SM206.

Resolución: 0,1 W/m², 0,1 Btu/(ft²-h)

Error de rango: ± 10 W/m² (± 3 Btu/(ft²-h) o $\pm 5\%$ del valor medido

Error de temperatura: $\pm 0,38$ W/m²/°C $\pm 0,12$ Btu/(ft²-h)/°C desviación a 77.0 °F.

Pantalla: pantalla LCD de 3-3/4, máximo 3999.

Pantalla de sobrecarga: "OL".

Cambio: $< \pm 3\%$ /año

Rango de medición: 0,1-399,9 W/m², 1-3999 W/m², 0,1-399,9 Btu/(ft²-h), 1-3999Btu/(ft²-h)

Tiempo de muestreo: 0,25 segundos/hora.

Temperatura de funcionamiento y humedad: 0 ~ 122.0 °F, <80 % RH.

Temperatura de almacenamiento y humedad: -10~140.0 °F, <70%RH.

Anexo 9. Foco Incandescente

VIDA NOMINAL/LIFE: 1000 hrs

FLUJO LUMINOSO/LUMENS: 1730.3 Lm

EFICACIA/EFFICIENCY: 15,73Lm/W

CONSUMO DE ENERGÍA/ENERGY USED: 110W

VOLTAJE/VOLTAGE: 110-130V

BASE/CASQUILLO: E27

Anexo 10. Reflector Led 200W Tekno

Potencia: **200 Watts**

Flujo luminoso: **16000 lm.**

Eficiencia Iluminosa: **80 lm/W**

Tensión: **100-240 V**

Tono de luz: **Luz Blanca.**

Temperatura del color: **6500 K**

Factor potencia: **> 0,9**

Índice de protección: **IP 65**

Vida útil: **25000 h.**

Anexo 11. Lámpara Halógena 1000W

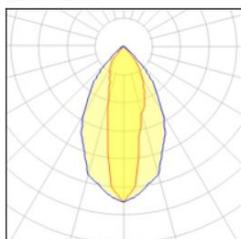
Product data sheet

FEH HALOGEN LAMP 1000W
0043181
SYLVANIA



Extruded aluminium anodised finish body and frame resistant to corrosion. Cooling fins ensuring an increased lamp longevity. Toughened with integral reinforcing wires protective glass, silicone gasket resistant to wide thermal variations. Aluminium reflector ensuring an optimum concentration of the luminous flux. Security lamp holder and high temperature wiring. Connection block for fast installation. Variable fixing support for flexibility. Applications In industry: building sites, quays, construction sites in businesses: advertising panels, car parks, stores in sports and leisure: tennis courts, ice skating rinks, sporting facilities in transportation: protective lighting and security.

Light output 1



1 x HDC 1000W

Nominal lamp power	1000 W	LOR	78%
Lamp flux	22000 lm	Total flux	17159 lm
Luminous efficacy	17 lm/W	Total power	1000 W
CCT	3000 K		
CRI	99		

Mounting mode

Ceiling mounted

Shape and measurements

Length: 275 mm

Width: 250 mm

Height: 265 mm

Adjustability

Tiltable

Electric

System power: 1000 W

Appliance Class: I

Protection

IP: 54

Anexo 12. Guía de Prácticas para el módulo de sistema fotovoltaico

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

**GUIA DE PRÁCTICAS PARA EL ENTRENADOR SOLAR
FOTOVOLTAICO UBICADO EN EL LABORATORIO DE
GENERACIÓN**

TÍTULO:

**PRÁCTICAS RELACIONADAS CON EL USO DE LUZ SOLAR Y
ARTIFICIAL PARA EL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN
SISTEMA FOTOVOLTAICO**

AUTORES:

**BORIS FABRICIO VILLA VILLA
CRISTOPHER ENRIQUE MORAN CARABAJO**

GUAYAQUIL – ECUADOR

2022

OBJETIVO

Presentar una guía de prácticas que se utilizará para el entrenador solar fotovoltaico ubicado en el laboratorio de generación.

ALCANCE

Esta guía puede ser utilizada por las siguientes personas:

- ✓ Estudiantes que cursen la materia de energías renovables.
- ✓ Expositores que participen en la casa abierta de la UPS y utilicen el entrenador fotovoltaico.
- ✓ Docentes encargados de dictar la materia relacionada con energías renovables.
- ✓ Personas que sigan cursos dictados por la UPS relacionados con energía fotovoltaica.

CONSIDERACIONES

Antes de iniciar con las prácticas planteadas, tome en cuenta lo siguiente:

- ✚ El entrenador solar fotovoltaico se encuentra completamente operativo.
- ✚ El panel solar se halla sin ninguna obstrucción.
- ✚ La luz led está conectada a la corriente y funcionando.
- ✚ Tener todos los cables para poder realizar la conexión.
- ✚ La batería no se encuentra totalmente descargada.

En caso de que una de estas condiciones no se cumpla, por favor notifique al docente encargado, o en su ausencia, al encargado de los laboratorios. Caso contrario, puede proseguir con las prácticas.

DESARROLLO

PRACTICA #1

COMPORTAMIENTO DEL PANEL FOTOVOLTAICO EN PRESENCIA DE LUZ ARTIFICIAL.

Objetivo:

Evaluar el comportamiento del panel fotovoltaico con la presencia de luces led.

Alcance:

Estudiantes de la jornada nocturna que cursan la materia de energías renovables.

Materiales:

1x Entrenador solar fotovoltaico

1x Panel Fotovoltaico 150W

2x Reflectores Led 150W

1x Smartphone con la aplicación VictronConnect.

Desarrollo:

1. Conecte los cables del panel fotovoltaico hacia el panel que tiene las borneras con la inscripción “Entrada Fotovoltaica”



2. Conecte el panel fotovoltaico desde “Salida Fotovoltaica” hacia los bornes del controlador MPPT con el nombre “Panel” verificando que la polaridad sea la correcta.



3. Conecte la batería del sistema fotovoltaico desde las borneras de “Batería 1” hacia el controlador MPPT con borneras que tienen el nombre “Batería” verificando que la polaridad sea la correcta.



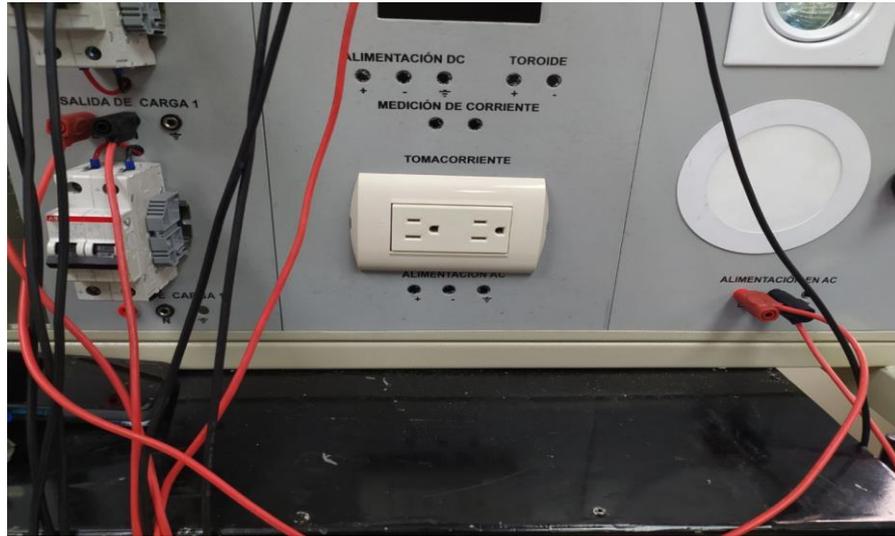
4. Conecte el inversor aislado desde “Alimentación DC” hacia el controlador MPPT a las borneras que tienen de nombre “Carga” verificando que la polaridad sea la correcta.



5. Conecte las protecciones desde “Alimentación en AC” hacia el inversor aislado a las borneras que tienen de nombre “Salida AC”



6. Conecte las luminarias desde “Alimentación en AC” hacia las protecciones a las borneras que tienen el nombre “Salida de carga 1”



7. Conecte los reflectores que están colocados hacia dirección del panel fotovoltaico.



8. Accione el breaker en DC del panel solar para energizar el sistema a través del panel fotovoltaico.
9. Accione el breaker en AC de la protección 1 para energizar las luminarias.
10. Encienda una de las dos luminarias utilizando el switch que se encuentran alado de cada una.
11. Conecte su teléfono al controlador MPPT utilizando la aplicación VictronConnect disponible en Google Play o la AppStore.

Datos por obtener:

Tensión (V), Corriente (A) y Potencia (W) presente en el panel fotovoltaico.

Tensión (V), Corriente (A) y Estado de la batería conectada al controlador MPPT.

Corriente (A), Potencia (W) y estado de la carga conectada al inversor.

Conclusión:

A través de este estudio se puede determinar como la luz artificial puede generar voltaje al panel fotovoltaico, incluso en condiciones cuando la luz solar es totalmente nula.

PRACTICA #2

COMPORTAMIENTO DEL PANEL FOTOVOLTAICO SIMULANDO CONDICIONES DE SOMBRA CON LA PRESENCIA DE LUZ ARTIFICIAL.

Objetivo:

Evaluar el comportamiento del panel fotovoltaico simulando la presencia de sombra utilizando luz artificial.

Alcance:

Estudiantes de la jornada nocturna que cursan la materia de energías renovables.

Materiales:

1x Entrenador solar fotovoltaico

1x Panel Fotovoltaico 150W

2x Reflectores Led 150W

1x Smartphone con la aplicación VictronConnect.

1x cobertor para el panel fotovoltaico (plástico transparente, tela fina)

Desarrollo:

1. Conecte los cables del panel fotovoltaico hacia el panel que tiene las borneras con la inscripción “Entrada Fotovoltaica”



- Conecte el panel fotovoltaico desde “Salida Fotovoltaica” hacia los bornes del controlador MPPT con el nombre “Panel” verificando que la polaridad sea la correcta.



- Conecte la batería del sistema fotovoltaico desde las borneras de “Batería 1” hacia el controlador MPPT con borneras que tienen el nombre “Batería” verificando que la polaridad sea la correcta.



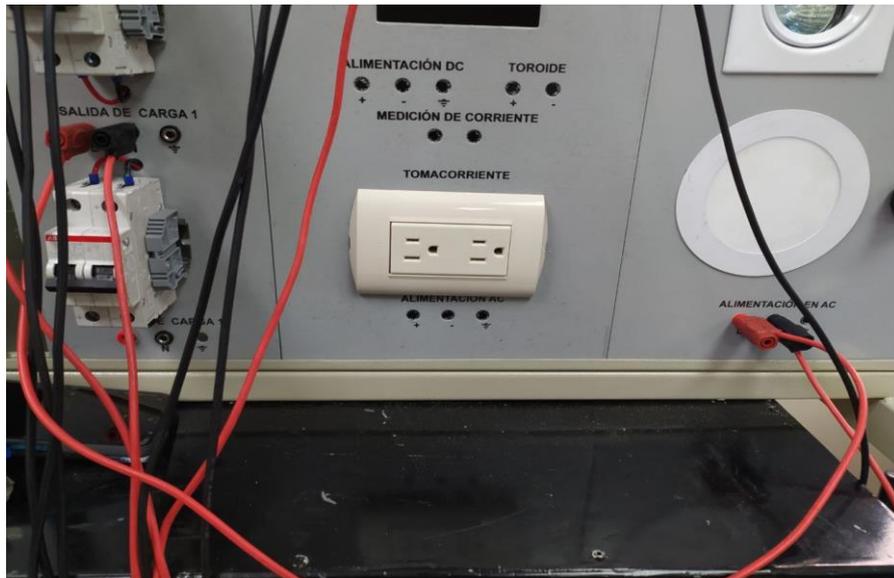
- Conecte el inversor aislado desde “Alimentación DC” hacia el controlador MPPT a las borneras que tienen de nombre “Carga” verificando que la polaridad sea la correcta.



5. Conecte las protecciones desde “Alimentación en AC” hacia el inversor aislado a las borneras que tienen de nombre “Salida AC”



6. Conecte las luminarias desde “Alimentación en AC” hacia las protecciones a las borneras que tienen el nombre “Salida de carga 1”



7. Conecte los reflectores en dirección al panel fotovoltaico.



8. Cubra el panel fotovoltaico con una tela fina o un plástico transparente para simular la sombra.



9. Accione el breaker en DC del panel solar para energizar el sistema a través del panel fotovoltaico.
10. Accione el breaker en AC de la protección 1 para energizar las luminarias.
11. Encienda una de las dos luminarias utilizando el switch que se encuentran alado de cada una.
12. Conecte su teléfono al controlador MPPT utilizando la aplicación VictronConnect disponible en Google Play o la AppStore.

Datos por obtener:

Tensión (V), Corriente (A) y Potencia (W) presente en el panel fotovoltaico.
Tensión (V), Corriente (A) y Estado de la batería conectada al controlador MPPT.

Corriente (A), Potencia (W) y estado de la carga conectada al inversor.

Conclusión:

A través de este estudio se puede determinar cómo se comporta el sistema fotovoltaico cuando la presencia de luz no llega de manera directa al panel solar.

PRACTICA #3

COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO EN PRESENCIA DE LUZ SOLAR.

Objetivo:

Evaluar el comportamiento del sistema fotovoltaico con la presencia del sol.

Alcance:

- Estudiantes que participen en la casa abierta de la UPS.
- Asistentes a cursos relacionados con las energías renovables dictados por la UPS.
- Estudiantes de la jornada nocturna que cursan la materia de energías renovables.

Materiales:

1x Entrenador solar fotovoltaico

1x Panel Fotovoltaico 150W

1x Smartphone con la aplicación VictronConnect.

Desarrollo:

1. Asegúrese de que el panel solar recibe energía por medio del sol y no por medio de luz artificial.
2. Conecte los cables del panel fotovoltaico hacia el panel que tiene las borneras con la inscripción “Entrada Fotovoltaica”



3. Conecte el panel fotovoltaico desde “Salida Fotovoltaica” hacia los

bornes del controlador MPPT con el nombre “Panel” verificando que la polaridad sea la correcta.



4. Conecte la batería del sistema fotovoltaico desde las borneras de “Batería 1” hacia el controlador MPPT con borneras que tienen el nombre “Batería” verificando que la polaridad sea la correcta.



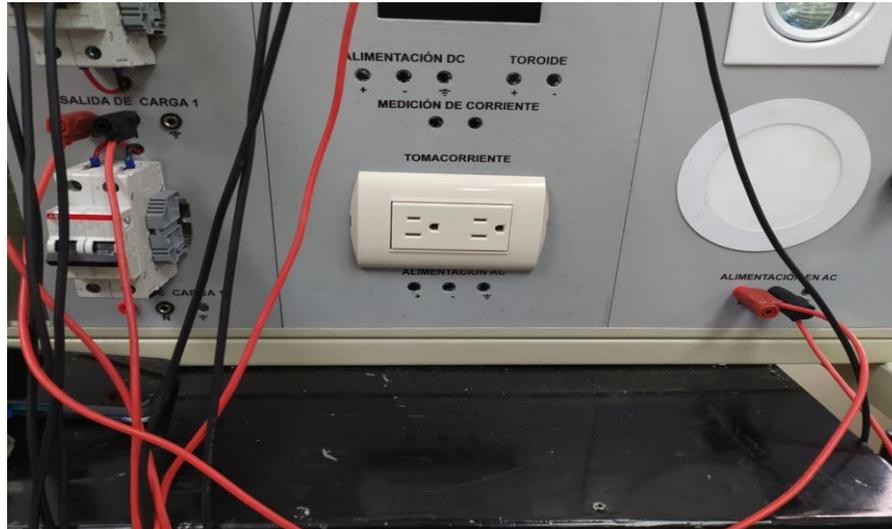
5. Conecte el inversor aislado desde “Alimentación DC” hacia el controlador MPPT a las borneras que tienen de nombre “Carga” verificando que la polaridad sea la correcta.



6. Conecte las protecciones desde “Alimentación en AC” hacia el inversor aislado a las borneras que tienen de nombre “Salida AC”



7. Conecte las luminarias desde “Alimentación en AC” hacia las protecciones a las borneras que tienen el nombre “Salida de carga 1”



8. Accione el breaker en DC del panel solar para energizar el sistema a través del panel fotovoltaico.
9. Accione el breaker en AC de la protección 1 para energizar las luminarias y el tomacorriente.
10. Encienda las dos luminarias utilizando el switch que se encuentran alado de cada una.
11. Conecte su teléfono al controlador MPPT utilizando la aplicación VictronConnect disponible en Google Play o la AppStore.

Datos por obtener:

Tensión (V), Corriente (A) y Potencia (W) presente en el panel fotovoltaico.
Tensión (V), Corriente (A) y Estado de la batería conectada al controlador MPPT.

Corriente (A), Potencia (W) y estado de la carga conectada al inversor.

Conclusión:

A través de esta práctica se observa el comportamiento del sistema fotovoltaico funcionando en condiciones óptimas al estar presente la luz solar.

PRACTICA #4

COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO UTILIZANDO DIFERENTES ÁNGULOS DE INCLINACIÓN.

Objetivo:

Evaluar el comportamiento del sistema fotovoltaico utilizando diferentes ángulos de inclinación.

Alcance:

- Estudiantes que participen en la casa abierta de la UPS.
- Asistentes a cursos relacionados con las energías renovables dictados por la UPS.
- Estudiantes de la jornada nocturna que cursan la materia de energías renovables.

Materiales:

1x Entrenador solar fotovoltaico

1x Panel Fotovoltaico 150W

1x Smartphone con la aplicación VictronConnect.

2x Reflectores Led 150W

Desarrollo:

En el caso de realizar las pruebas durante las 8:00 a 17:00

1. Conecte los cables del panel fotovoltaico hacia el panel que tiene las borneras con la inscripción “Entrada Fotovoltaica”



2. Conecte el panel fotovoltaico desde “Salida Fotovoltaica” hacia los bornes del controlador MPPT con el nombre “Panel” verificando que la polaridad sea la correcta.



3. Conecte la batería del sistema fotovoltaico desde las borneras de “Batería 1” hacia el controlador MPPT con borneras que tienen el nombre “Batería” verificando que la polaridad sea la correcta.



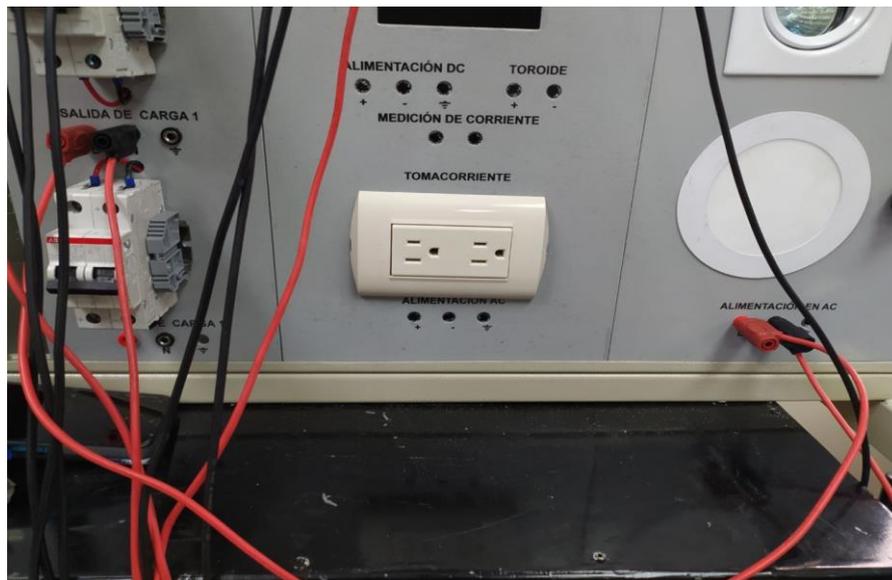
4. Conecte el inversor aislado desde “Alimentación DC” hacia el controlador MPPT a las borneras que tienen de nombre “Carga” verificando que la polaridad sea la correcta.



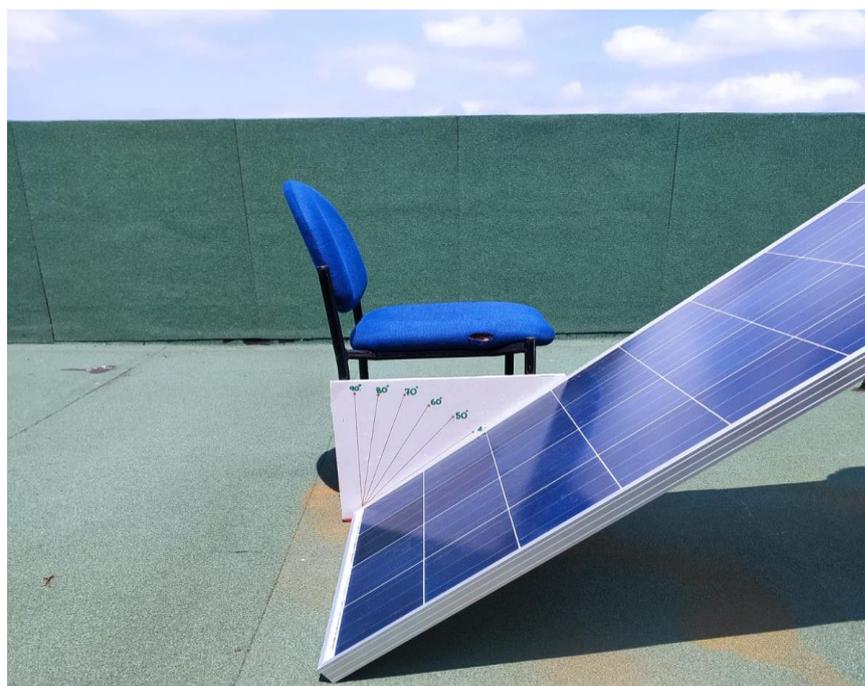
5. Conecte las protecciones desde “Alimentación en AC” hacia el inversor aislado a las borneras que tienen de nombre “Salida AC”



6. Conecte las luminarias desde “Alimentación en AC” hacia las protecciones a las borneras que tienen el nombre “Salida de carga 1”



7. Accione el breaker en DC del panel solar para energizar el sistema a través del panel fotovoltaico.
8. Accione el breaker en AC de la protección 1 para energizar las luminarias.
9. Encienda las dos luminarias utilizando el switch que se encuentran alado de cada una.
10. Conecte su teléfono al controlador MPPT utilizando la aplicación VictronConnect disponible en Google Play o la AppStore.
11. Después de un minuto, incline el panel fotovoltaico hacia otro ángulo (de preferencia 5 grados).



En el caso de realizar las pruebas durante la jornada nocturna.

1. Conecte los cables del panel fotovoltaico hacia el panel que tiene las borneras con la inscripción “Entrada Fotovoltaica”



2. Conecte el panel fotovoltaico desde “Salida Fotovoltaica” hacia los bornes del controlador MPPT con el nombre “Panel” verificando que la polaridad sea la correcta.



3. Conecte la batería del sistema fotovoltaico desde las borneras de “Batería 1” hacia el controlador MPPT con borneras que tienen el nombre “Batería” verificando que la polaridad sea la correcta.



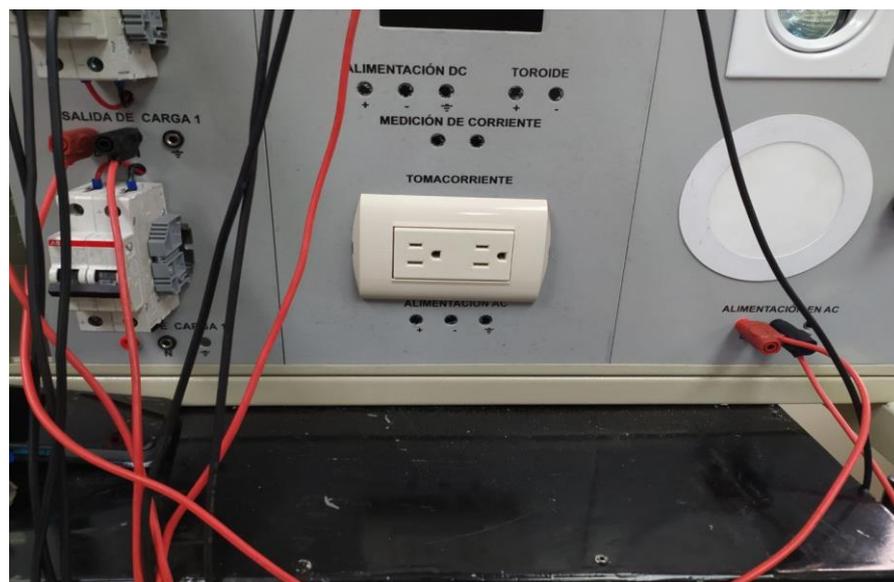
4. Conecte el inversor aislado desde “Alimentación DC” hacia el controlador MPPT a las borneras que tienen de nombre “Carga” verificando que la polaridad sea la correcta.



5. Conecte las protecciones desde “Alimentación en AC” hacia el inversor aislado a las borneras que tienen de nombre “Salida AC”



6. Conecte las luminarias desde “Alimentación en AC” hacia las protecciones a las borneras que tienen el nombre “Salida de carga 1”



7. Conecte los reflectores en dirección hacia el panel fotovoltaico.



8. Accione el breaker en DC del panel solar para energizar el sistema a través del panel fotovoltaico.
9. Accione el breaker en AC de la protección 1 para energizar las luminarias.
10. Encienda una de las dos luminarias utilizando el switch que se encuentran alado de cada una.
11. Conecte su teléfono al controlador MPPT utilizando la aplicación VictronConnect disponible en Google Play o la AppStore.
12. Después de un minuto, incline el panel fotovoltaico hacia otro ángulo (de preferencia 5 grados).



Datos Por Obtener:

Tensión (V), Corriente (A) y Potencia (W) presente en el panel fotovoltaico.

Tensión (V), Corriente (A) y Estado de la batería conectada al controlador MPPT.

Corriente (A), Potencia (W) y estado de la carga conectada al inversor.

Conclusión:

A través de esta práctica se observa el comportamiento del sistema fotovoltaico en diferentes ángulos de inclinación y utilizando diferentes fuentes de luz que alimentan los paneles solares.

ANEXO GUIA

Modelo para presentación de informe de prácticas realizadas con el entrenador solar fotovoltaico.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

**INFORME DE PRÁCTICA UTILIZANDO EL ENTRENADOR
SOLAR FOTOVOLTAICO**

TÍTULO:

“PRÁCTICA #X:

XX”

ESTUDIANTES:

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

DOCENTE:

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

FECHA:

Guayaquil, XX de XXXX del 20XX

Objetivos:

(1 o 2 objetivos por estudiante, con relación a la práctica que va a realizarse.)

Marco Teórico:

(Añadir información con respecto a las energías renovables fotovoltaicas y hacer énfasis en relación con la práctica.) (3 referencias mínimo)

Resultados, Tablas, Gráficos:

(Añadir los resultados obtenidos por la aplicación VictronConnect o por medio de un multímetro AC/DC utilizando tablas o gráficos, dependiendo la metodología del docente.)

Conclusiones:

(La enseñanza que obtuvo casa estudiante al realizar esta prueba.)

Recomendaciones:

(Que propuesta realizan los estudiantes para que la práctica se realice correctamente.)

Referencias:

(Añadir en norma APA las referencias utilizadas en el marco teórico.)

Anexos:

(Fotografía de los estudiantes realizando la prueba para constatar que no existe copia de resultados a otro grupo.)

Anexo 13. Fotos durante pruebas en Universidad Politécnica Salesiana

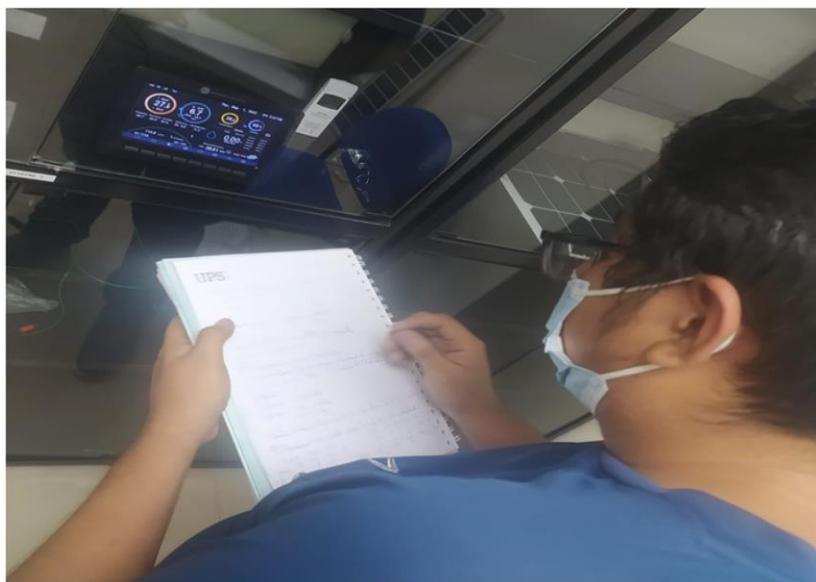


Figura 46. Lectura de irradiación utilizando estación meteorológica.

Fuente: Autores.



Figura 47. Panel Fotovoltaico de 150W para pruebas en terraza.

Fuente: Autores.



Figura 48. Condición climática viernes 5 de agosto del 2022.

Fuente: Autores.



Figura 49. Verificación de que el panel fotovoltaico no genera energía por la noche.

Fuente: Autores.

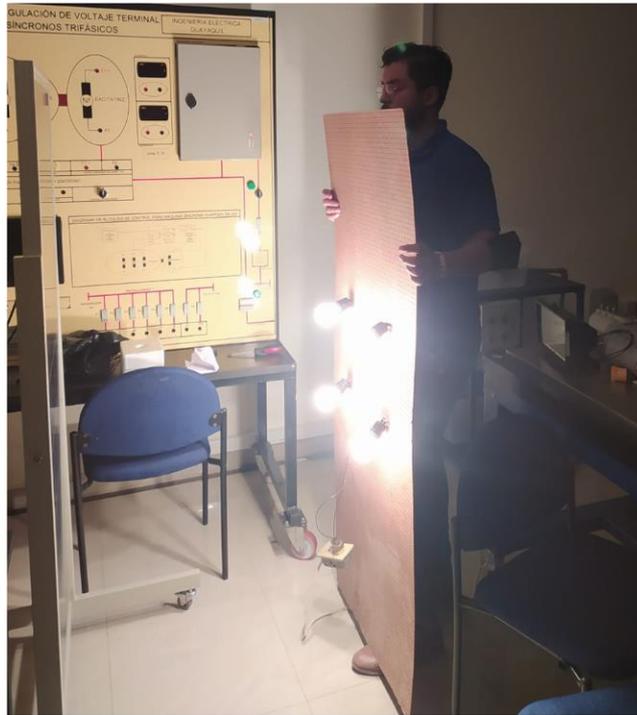


Figura 50. 4 focos incandescentes apuntando al panel fotovoltaico.

Fuente: Autores.



Figura 51. Reflector led apuntando al panel fotovoltaico.

Fuente: Autores



Figura 52. Lámpara halógena apuntando al panel fotovoltaico,

Fuente: Autores

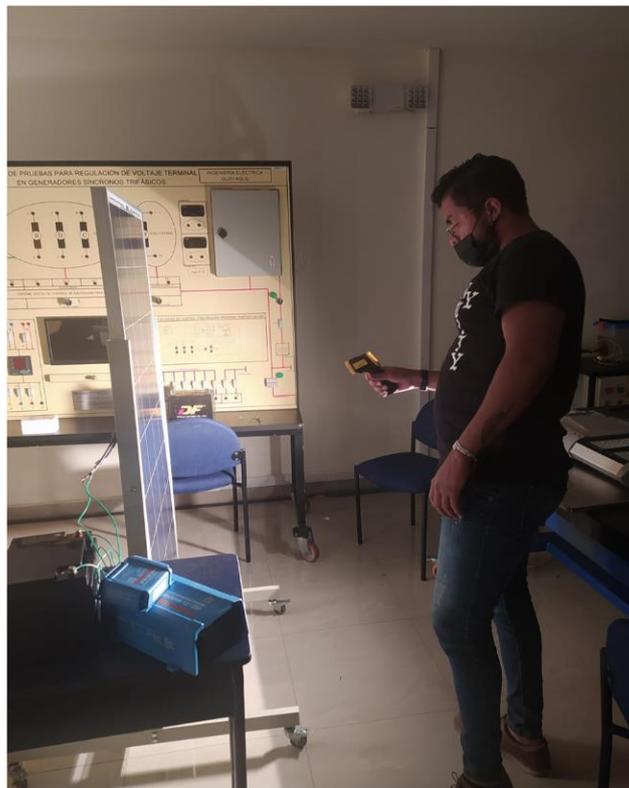


Figura 53. Toma de temperatura al panel fotovoltaico expuesto a lámpara halógena.

Fuente: Autores



Figura 54. Lectura de irradiación artificial utilizando el piranómetro.

Fuente: Autores

Anexo 14. Fotos durante pruebas en Comuna Masa 2



Figura 55. Viaje en lancha hasta la Comuna Masa 2.

Fuente: Autores.



Figura 56. Comprobación del sistema fotovoltaico aislado.

Fuente: Autores.



Figura 57. Vivienda de la señora Ana Valderde.

Fuente: Autores.



Figura 58. Lectura de datos irradiación solar

Fuente: Autores.