



TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO

Eficiencia de paneles solares para el suministro de energía en un invernadero destinado al cultivo de hortalizas en el departamento de Santander.

AUTORES

María Fernanda Toloza Teatino 1.098.807.485
Jaime Darío Gutiérrez González 1.096.957.699
Jonathan Fabián Pérez Orduz 1.098.761.073

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
20/11/2019**



TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO

Eficiencia de paneles solares para el suministro de energía en un invernadero destinado al cultivo de hortalizas en el departamento de Santander.

AUTORES

María Fernanda Toloza Teatino 1.098.807.485
Jaime Darío Gutiérrez González 1.096.957.699
Jonathan Fabián Pérez Orduz 1.098.761.073

Trabajo de Grado para optar al título de
Tecnólogo en electricidad industrial

DIRECTOR

Ingeniero MPE Fabio Alfonso González

Grupo de Investigación en Energía – GIE

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
20/11/2019**

R-DC-95

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO Y
PRÁCTICA

VERSIÓN: 01

Nota de Aceptación

Firma del jurado

Firma del Jurado

DEDICATORIA

Quisiera dedicar este trabajo a mi familia y en especial a mi abuela paterna Miriam Bueno de Pérez y a mi tío Carlos Pérez Bueno por la ayuda incondicional que me han brindado. Espero algún día poder recompensar todo lo que han hecho por mí.

Jonathan Fabián Pérez Orduz

A mi familia por la paciencia, apoyo y esfuerzo que siempre han tenido para conmigo. Siempre serán mi mayor motivación.

María Fernanda Toloza Teatino.

Este proyecto se lo dedico principalmente a mis padres, por el apoyo que me han proporcionado a lo largo de mi vida, que gracias a sus consejos y confianza me ayudaron a superar momentos difíciles.

Jaime Darío Gutiérrez González

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios porque siempre sentimos su influencia en nuestras vidas, lo que nos permite sentirnos orgullosos de la clase de persona que somos y se ve reflejado en nuestro buen comportamiento y nuestro esfuerzo por salir adelante, aunque no siempre sea fácil.

También a nuestros compañeros, familiares y amigos por el apoyo en este lindo proceso para cumplir con nuestras metas propuestas. Han sido indispensables en nuestro día a día para seguir fortaleciendo nuestros valores morales y nuestros conocimientos.

Finalmente, a nuestros docentes por inculcar valores en nosotros y proporcionarnos aportes académicos. En especial al ingeniero Fabio Alfonso González y el ingeniero Edgar Niño por su paciencia y ayuda, compartiendo sus conocimientos con nosotros.

María Fernanda Toloza Teatino.
Jaime Darío Gutiérrez González.
Jonathan Fabián Pérez Orduz.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	15
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	16
1.3. OBJETIVOS	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES	18
2. MARCOS REFERENCIALES	20
2.1. MARCO LEGAL.....	20
2.2. MARCO AMBIENTAL.....	20
2.3. MARCO TEÓRICO	20
3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO	22
3.1. DATOS SOBRE PRUEBAS DE EFICIENCIA REALIZADOS.....	22
3.2. MONTAJE DE PANELES FLEXIBLES	26
3.3. INVERNADERO DE HORTALIZAS Y ESPECIFICACIONES DE LA ZONA.....	28
3.4. COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	30
3.4.1. PANEL SOLAR FLEXIBLE.	30
3.4.2. PANEL SOLAR RÍGIDO.....	31
3.4.3. REGULADOR DE VOLTAJE.	32
3.4.4. BATERÍA	32
3.5. EQUIPOS DE MEDICIÓN.	32
3.5.1. MULTÍMETRO.....	33
3.5.2. TERMOPAR.	33
3.5.3. MEDIDOR DE RADIACIÓN SOLAR.....	34
3.5.4. MEDIDOR DE CARGA DE BATERÍA.	34
3.6. FACTOR GLOBAL DE PÉRDIDAS (K)	35
3.6.1. PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN	36
3.6.2. PÉRDIDAS DE RADIACIÓN SOLAR POR SOMBRAS	39
4. RESULTADOS	43
4.1. DEMANDA DE ENERGÍA REQUERIDA.....	43
4.2. FACTOR GLOBAL DE PÉRDIDAS (K)	44
4.3. CÁLCULO DE PANELES.....	52

4.3.1.	CÁLCULO DE PANELES FLEXIBLES.	52
4.3.2.	CÁLCULO DE PANELES RÍGIDOS.	54
4.4.	COMPARACIÓN COSTO-INSTALACIÓN GENERAL ENTRE LOS TIPOS DE PANELES	55
4.5.	PRUEBAS REALIZADAS.	56
4.5.1.	TABLAS DE RADIACIÓN CON EL PANEL A UN ÁNGULO DE 69°	59
4.5.2.	TABLAS DE RADIACIÓN CON EL PANEL A UN ÁNGULO DE 43°	63
4.5.3.	PRUEBAS DE BATERÍAS CON EL PANEL FLEXIBLE A UN ÁNGULO DE 69°	70
4.5.4.	PRUEBAS DE BATERÍAS CON EL PANEL FLEXIBLE A UN ÁNGULO DE 43°	71
<u>5.</u>	<u>CONCLUSIONES</u>	<u>74</u>
<u>6.</u>	<u>RECOMENDACIONES</u>	<u>75</u>
<u>7.</u>	<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>76</u>
<u>8.</u>	<u>ANEXOS.....</u>	<u>78</u>
8.1.	CARACTERÍSTICA TÉCNICA DEL PANEL FLEXIBLE	128
8.2.	CARACTERÍSTICA TÉCNICA DEL PANEL RÍGIDO	128
8.3.	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL INVERSOR.....	129
8.4.	IRRADIANCIA EN COLOMBIA.....	130
8.5.	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL REGULADOR	131
8.6.	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA BATERÍA	132
		132
8.7.	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA BOMBA	133
		133

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Eficiencia de diferentes tipos de paneles solares	22
Figura 2. Condiciones normales ambientales.	23
Figura 3. Condiciones de agua a 60 °C por encima del panel solar fotovoltaico.	23
Figura 4. Condiciones de vapor a 100 °C por encima del panel solar fotovoltaico.	24
Figura 5. a) Paneles orientados hacia el sol de la mañana. b) paneles orientados directamente bajo el sol de media tarde. c) paneles orientados hacia el sol de la tarde.	25
Figura 6. Relación de rendimiento de cada tipo de panel fotovoltaico.	26
Figura 7. Fijación directa de módulos fotovoltaicos flexibles a techo.	27
Figura 8. Módulo fotovoltaico adherido a un techo tipo TPO.	27
Figura 9. Cultivo de hortalizas	28
Figura 10. Prototipo invernadero	29
Figura 11. Invernadero	29
Figura 12. Longitud arco del techo	30
Figura 13. Panel flexible	30
Figura 14. Panel solar rígido	31
Figura 15. Regulador de voltaje	32
Figura 16. Batería	32
Figura 17. Multímetro	33
Figura 18. Termopar	33
Figura 19. Pirómetro	34
Figura 20. Medidor de carga de batería	34
Figura 21. Orientación e inclinación de los ángulos.	36
Figura 22. Diagrama de irradiación.	38
Figura 23. Perfil de obstáculos	39
Figura 24. Especificación de puntos de referencia	40
Figura 25. Diagrama de trayectoria solar para península Ibérica y Canarias	41
Figura 26. Consumo total	44
Figura 27. Perfil de obstáculos	45
Figura 28. Altura solar contra azimut para Cúcuta ubicación 1	46
Figura 29. Altura solar contra azimut para Cúcuta ubicación 2	47
Figura 30. Altura solar contra azimut para Cúcuta ubicación 3	48
Figura 31. Altura solar contra azimut para Cúcuta ubicación 4	49
Figura 32. Altura solar contra azimut para Cúcuta ubicación 5	50
Figura 33. Inversor	53
Figura 34. Pruebas paneles	56
Figura 35. División del panel flexible	57
Figura 36. Diagrama de bloques.	58
Figura 37. Promedio de irradiancia, agosto 09.	59
Figura 38. Promedio de irradiancia, agosto 01.	60
Figura 39. Promedio de irradiancia, agosto 09.	61
Figura 40. Promedio de irradiancia, agosto 13.	62
Figura 41. Comparación de la regresión lineal entre el panel rígido y el flexible, ángulo de 69°.	63

Figura 42. Promedio de irradiancia, octubre 02.	63
Figura 43. Promedio de irradiancia, octubre 04.	65
Figura 44. Promedio de irradiancia, octubre 07.	66
Figura 45. Promedio de irradiancia, octubre 08.	67
Figura 46. Promedio de irradiancia, octubre 09.	68
Figura 47. Promedio de irradiancia, octubre 11.	69
Figura 48. Comparación de la regresión lineal entre el panel rígido y el flexible, ángulo 43°.	70
Figura 49. Primera toma de medidas.	72
Figura 50. Cambio de ángulo panel flexible.	72
Figura 51. Último día de toma de medidas.	73
Figura 52. Montaje panel flexible sobre el invernadero.	73

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Voltaje y corriente de las pruebas realizadas	24
Tabla 2. Datos totales de la eficiencia de los 4 módulos.	25
Tabla 3. Factores de pérdidas.	35
Tabla 4. Pérdidas limite	36
Tabla 5. Coordenadas de referencia.....	40
Tabla 6. Ángulo de elevación y ángulo de acimut	40
Tabla 7. Tabla V-8	42
Tabla 8. Porcentaje de pérdidas.	42
Tabla 9. Cuadro consumo energético.	43
Tabla 10. Coordenadas ubicación 1.....	46
Tabla 11. Pérdidas.....	47
Tabla 12. Coordenadas ubicación 2.....	47
Tabla 13. Coordenadas ubicación 3.....	48
Tabla 14. Coordenadas ubicación 4.....	48
Tabla 15. Coordenadas ubicación 5.....	49
Tabla 16. Pérdidas.....	50
Tabla 17. Tabla de referencia.	51
Tabla 18. Datos recolectados julio 25, de 8-9 am.	78
Tabla 19. Datos recolectados julio 25, de 9-10 am.	80
Tabla 20. Datos recolectados julio 25, de 10-10:15 am.....	81
Tabla 21. Datos recolectados julio 25, de 10:40-11 am.....	82
Tabla 22. Datos recolectados julio 25, de 11:20-11:40 am.....	83
Tabla 23. Datos recolectados julio 25, de 12-2 pm.	84
Tabla 24. Datos recolectados julio 25, de 2:30-3 pm.	85
Tabla 25. Datos recolectados julio 25, de 3-3:30 pm.	86
Tabla 26. Datos recolectados julio 25, de 3:55 pm.....	87
Tabla 27. Datos recolectados agosto 01, de 8-9 am.	88
Tabla 28. Datos recolectados agosto 01, de 9-10 am.	89
Tabla 29. Datos recolectados agosto 01, de 10-10:30 am.	90
Tabla 30. Datos recolectados agosto 01, 10:40 am.	91
Tabla 31. Datos recolectados agosto 09, de 9-10 am.	92
Tabla 32. Datos recolectados agosto 09, de 10-10:30 am.	93
Tabla 33. Datos recolectados agosto 09, de 11-11:21 am.	94
Tabla 34. Datos recolectados agosto 09, 11:46 am.	95
Tabla 35. Datos recolectados agosto 13, de 9-9:30 am.	101
Tabla 36. Datos recolectados agosto 13, de 9:53-10:13 am.	102
Tabla 37. Datos recolectados agosto 13, de 10:35-11 am.	103
Tabla 38. Datos recolectados agosto 13, de 11:27-11:50 am.	104
Tabla 39. Datos recolectados agosto 13, de 11:27-11:50 am.	105
Tabla 40. Datos recolectados octubre 02, de 10:30-10:45 am	106
Tabla 41. Datos recolectados octubre 02, de 11:00-11:15 am	106
Tabla 42. Datos recolectados octubre 02, de 11:30-11:45 am	107
Tabla 43. Datos recolectados octubre 04, de 8:00-8:20 am	108

Tabla 44. Datos recolectados octubre 04, de 8:40-9:00 am	109
Tabla 45. Datos recolectados octubre 04, de 9:20-9:40 am	110
Tabla 46. Datos recolectados octubre 04, de 10:00 am	111
Tabla 47. Datos recolectados octubre 07, de 9:00-9:20 am	112
Tabla 48. Datos recolectados octubre 07, de 9:40-10:00 am	113
Tabla 49. Datos recolectados octubre 07, de 10:20-10:40 am	114
Tabla 50. Datos recolectados octubre 07, de 11:00-11:20 am	115
Tabla 51. Datos recolectados octubre 08, de 9:00-9:20 am	116
Tabla 52. Datos recolectados octubre 08, de 9:40-10:00 am	117
Tabla 53. Datos recolectados octubre 08, de 10:20-10:40 am	119
Tabla 54. Datos recolectados octubre 08, de 11:00-11:20 am	119
Tabla 55. Datos recolectados octubre 09, de 9:10-9:30 am	121
Tabla 56. Datos recolectados octubre 09, de 9:50-10:10 am	122
Tabla 57. Datos recolectados octubre 09, de 10:30-10:50 am	123
Tabla 58. Datos recolectados octubre 11, de 9:00-9:20 am	123
Tabla 59. Datos recolectados octubre 11, de 9:40-10:00 am	124
Tabla 60. Datos recolectados octubre 11, de 10:20-10:40 am	125
Tabla 61. Datos recolectados octubre 11, de 11:20 am	126
Tabla 62. Prueba tiempo de carga de las baterías, agosto 09.	70
Tabla 63. Prueba tiempo de carga de las baterías, agosto 13.	70
Tabla 64. Prueba tiempo de carga de las baterías, septiembre 27.....	71
Tabla 65. Prueba tiempo carga de las baterías, octubre 09.	71
Tabla 66. Prueba tiempo carga de las baterías, octubre 11.	71
Tabla 67. Prueba tiempo carga de las baterías, octubre 17.	71

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Área techo del invernadero.....	30
Ecuación 2. Energía producida por un panel.	31
Ecuación 3. Factor global de pérdidas	35
Ecuación 4. Inclinación máxima.....	37
Ecuación 5. Inclinación mínima.....	37
Ecuación 6. Pérdidas para $15^\circ < \beta < 90^\circ$	37
Ecuación 7. Pérdidas para $\beta \leq 15^\circ$	37
Ecuación 8. Ángulo de acimut.....	40
Ecuación 9. Ángulo de elevación	40
Ecuación 10. Número de paneles.	52
Ecuación 11. Número de paneles necesarios.	52
Ecuación 12. Número de paneles a lo ancho del techo.....	53
Ecuación 13. Número de paneles a lo largo del techo	53
Ecuación 14. Número máximo de paneles en serie	53
Ecuación 15. Número mínimo de paneles en serie	54
Ecuación 16. Número de ramas en paralelo	54

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto pretende evaluar la efectividad del uso de paneles solares flexibles aplicados en invernaderos dedicados al cultivo de hortalizas, pues estos paneles cuentan con diversas ventajas tales como ser más ligeros y su adaptación al integrarse fácilmente a diversas formas y tamaños.

Debido a que el principal interés de este proyecto es determinar la eficiencia de los paneles flexibles, se realizarán pruebas y comparaciones entre los tipos de paneles tales como: flexible, semiflexible y rígido, de manera que se pueda recopilar los datos obtenidos y determinar las diferencias y ventajas relativas.

Se espera obtener información que permita establecer el mejor desempeño de un sistema fotovoltaico mediante su eficiencia energética lo cual daría resultados óptimos para invernaderos eficientes y amigables con el medio ambiente.

PALABRAS CLAVE. Eficiencia, panel solar flexible, energías renovables, invernadero.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas fotovoltaicos son importantes ya que son una fuente inagotable y no contaminante, sin embargo, se presenta diversas dificultades a la hora de su instalación como el área disponible y los costos de los componentes del sistema. De ahí que se busquen soluciones efectivas para estos inconvenientes, como son los paneles solares flexibles.

En el proyecto se analiza mediante sus respectivas pruebas, la eficiencia de los paneles solares flexibles y su viabilidad para ser instalados en invernaderos con cultivos de hortalizas, teniendo en cuenta el área disponible. También se realizó una comparación respecto a los paneles rígidos y semiflexibles.

Para la realización del proyecto, se instaló el panel flexible en un prototipo con dos variaciones de ángulos, alimentado una batería y recolectando la irradiancia que llegaba al panel en toda la superficie instalada. Además, se instaló un panel solar rígido al cual se le realizaron las mediciones paralelamente del panel solar flexible, de manera que la comparación entre ellos se pudiera realizar.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La energía solar es cada vez más importante y tiene una mayor acogida tanto en el mundo como en Colombia. Sin embargo, la energía solar requiere de áreas grandes debido a su baja densidad de energía y la mayoría de la demanda energética se concentra en las ciudades donde el techo disponible es escaso o su arquitectura no es la adecuada para implementación de los paneles. (García, 2018)

Además, la eficiencia de los paneles o incluso su vida útil se puede ver afectada por la acumulación de polvo o suciedad en la superficie. De hecho, el principal factor que afecta la reducción de corriente que entrega el panel es la acumulación de polvo en la superficie. Se ha probado experimentalmente que, debido a la acumulación diaria de polvo, la eficiencia del panel se reduce hasta en un 50%. De ahí que dependiendo del lugar puede que no sea viable o se necesiten adecuaciones para la implementación de los paneles fotovoltaicos. (Patil, 2017)

También, las condiciones climáticas del lugar donde se instale el panel puede afectar su eficiencia. Por ejemplo, en un lugar donde se tenga una elevada temperatura y las velocidades del viento sean menores, el calor generado no podría escapar por lo que la pérdida de potencia sería significativa. (Waqarullah Kazim, 2017)

Otro inconveniente que surge con los paneles fotovoltaicos es que para obtenerse un buen rendimiento depende en gran medida de varios aspectos como la inclinación y orientación de estos equipos de manera que los rayos solares se reflejen de manera óptima. También la temporada, la ubicación, etc. (Wim J.C. Melis, 2014)

Adicional a lo ya mencionado, un estudio realizado en el 2017 llegó a la conclusión “que la forma habitual de gestionar la agricultura ya no es una opción, sino que hacen falta grandes transformaciones en los sistemas agrícolas, en las economías rurales y en cómo manejamos nuestros recursos naturales, es necesario actuar de manera rápida y decidida para garantizar la sostenibilidad de los sistemas alimentarios y agrícolas a largo plazo, ya que el cambio climático está repercutiendo en el rendimiento de los cultivos”. (FAO, 2018)

Por lo tanto, surge la pregunta de investigación: ¿Qué grado de eficiencia tiene la posibilidad de implementar paneles solares flexibles en un invernadero dedicado al cultivo de hortalizas?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Existe una tendencia mundial conocida como la Transición Energética, la cual busca modificar la matriz energética del mundo enfocada a fuentes con bajas emisiones de carbón, es decir basadas en energías limpias y renovables. Colombia al igual que el resto de países, se ha comprometido con impulsar el desarrollo de las energías renovables, entre esas la energía solar. Esto debido a que la energía fotovoltaica ha demostrado ser útil, confiable y segura. Incluso se han hecho avances en los paneles solares en cuanto a reducir el costo y aumento de eficiencia. (Zarruk, 2017) De ahí que es importante continuar enfocando proyectos hacia el avance de la energía solar. A pesar de que las condiciones climáticas y otras circunstancias pueden afectar la efectividad de los paneles, son definitivamente una buena inversión considerando su buen desempeño en los experimentos realizados en regiones con temperaturas y radiaciones elevadas. (Ray, 2010) Por eso este proyecto busca analizar si esta efectividad se mantiene al utilizar paneles solares flexibles.

Los paneles solares son cada vez más ligeros, flexibles y mantienen su confiabilidad al producir energía. Esto permite su adaptabilidad, pero también facilita su mantenimiento al integrarse fácilmente a varios tipos de forma y tamaños, por lo que se pueden implementar a edificios ya existentes sin necesidad de realizar cambios en la superficie de los techos. Ofrecen una solución a la baja versatilidad y a la mala estética de los paneles rígidos. Así que el valor agregado que ofrecen estos paneles, es que permite una mejor integración con el diseño y aprovechamiento del espacio. (Mario Plagiario, 2008). Los datos sobre la eficiencia de los paneles solares flexibles sobre los paneles solares rígidos son escasos. Sin embargo, es de resaltar que las eficiencias de los sistemas fotovoltaicos han aumentado a lo largo de los años hasta un 40% (Imran Ahmad Quadri, 2016)

Los nuevos desarrollos tecnológicos solares impulsan la generación de energía solar implementada en los invernaderos, siendo una de las modalidades de integración más efectivas la adaptación de módulos fotovoltaicos flexibles convencionales a cubiertas de invernaderos. Este tipo de módulos de vapor de silicio u otros materiales fotovoltaicos hacen que su peso sea mínimo. Al tratarse de materiales fotovoltaicos bien establecidos su disponibilidad y fiabilidad es alta. (CIESOL, 2016)

Al desarrollar este proyecto, se van a entregar todos los datos obtenidos de las pruebas, para que futuros estudiantes de ingeniería eléctrica puedan analizar los resultados obtenidos, además se va a donar el prototipo resultante a la universidad para que pueda ser mostrado y utilizado en el nuevo laboratorio de fuentes alternativas, donde podrán cambiar el panel y realizar pruebas con los diferentes tipos de paneles y ver los componentes de un sistema de energía solar. También, la investigación permite que los estudiantes pertenecientes al semillero tengan un proyecto que funcione como base para poder seguir ampliando la información sobre la eficiencia de los paneles solares.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la efectividad del uso de paneles solares para ser aplicados en invernaderos destinados al cultivo de hortalizas, mediante un estudio comparativo de diversas tecnologías.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información y datos asociados a la eficiencia de paneles solares flexibles con respecto a los paneles rígidos y semiflexibles para conocer sus diferencias entre eficiencia y montaje.
- Identificar los aspectos a mejorar en el invernadero prototipo, ya implementado para su respectiva mejora, y así tenerlo como elemento de referencia de las pruebas a realizar.
- Establecer un protocolo de pruebas mediante el equipo adecuado para estimar la eficiencia de los tres tipos de paneles propuestos.
- Diseñar un sistema a tamaño real con el panel más eficiente, que permita alimentar las cargas presentes en un invernadero para cultivo de hortalizas, evaluando sus costos.

1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

Los paneles solares flexibles han ganado popularidad con el paso de los años, al estar en el auge de la tecnología moderna. Principalmente por estar comprometida con el medio ambiente y contribuir con energías renovables, su diseño justifica múltiples aplicaciones positivas en cuanto a su fabricación; como las células mono cristalinas de alta eficiencia, su portabilidad, ligereza, resistencia a condiciones al aire libre y lo que más lo caracteriza es, la forma en la que puede amoldarse para instalar en superficies curvas, donde la sujeción de un panel convencional no podría armonizar con la apariencia de dicha superficie. (Tec, 2009)

Los paneles flexibles se han convertido en una alternativa innovadora cuyo propósito es apoyar el desarrollo y el ahorro eléctrico al utilizar energías limpias. Mediante estos paneles se ha buscado satisfacer distintas necesidades básicas como se hizo en un proyecto en 2013 que se llevó a cabo en el reconocido parque nacional Chicamocha, en Santander. Se pensó en la manera de aprovechar las carpas y ofrecer utilidad para las personas de manera que sirve a la para refrescarse, descansar y además cargar el móvil gracias al techo solar implementado. El proyecto consistió en utilizar dos motobombas solares y dos tanques plásticos de amortiguamiento de caudal, estos cubiertos por unas bancas y dos paneles flexibles de 68 vatios de última tecnología PVTF (photovoltaic thin film) que iban directamente conectados a las motobombas de 12/24v; estas se encargan de hacer que el agua depositada en los tanques suba hasta el techo del domo donde se encuentran instalados dos tubos con perforaciones tipo riego donde el agua fluye por gravedad descendiendo por la carpa plástica hasta llegar a los canales que conducen a los tanques de almacenado, este ciclo se repite con el fin de reducir la temperatura del domo, ya que “no importa que tan fuerte esté la radiación solar pues entre más fuerte sea el sol, más agua va a fluir sobre el techo del domo. (tiempo, 2013)

El uso de paneles solares está contribuyendo a la independencia de consumo energético en el diseño de casas modernas o innovación en objetos de uso diario, estas nuevas tecnologías están atrayendo con gran interés a inversionistas que tratan de contribuir con el cambio climático o simplemente buscar satisfacer una necesidad. Como es el caso de un estudiante que creó una carpa inteligente con paneles solares flexibles y luz LED para la ayuda inmediata donde llegado al caso se presentará la pérdida de la vivienda por una catástrofe natural o incendios. En el año 2018 el estudiante fue el creador del “Sunny Home” como llamo su prototipo. Y explica que “Se le ocurrió crear esta carpa en pro del desarrollo sustentable incorporando componentes como panel solar flexible, soporte de fibra de vidrio, luz led, y otras tecnologías para innovar en el diseño industrial del prototipo”. (Comunicaciones Universidad Talca, 2018)

Investigadores en 2016 tuvieron un avance significativo al crear celdas extra delgadas y livianas tanto así que fueron colocadas en funcionamiento sobre una burbuja sin que esta se explotara. (Chandler, 2016). Este proyecto tiene infinidad de aplicaciones pues podrían colocarse sobre casi cualquier material o superficie sin que afectara su peso o estructura. “Podría ser tan ligero que ni siquiera sabes que está ahí, en tu camisa o en tu cuaderno,

estas celdas podrían ser simplemente un complemento a las estructuras existentes". (Álvarez, 2016)

Dos profesores establecieron una alianza con el objetivo de investigar un nuevo material para crear celdas solares más flexibles que las que existen actualmente; este material es un mineral llamado perovskita, estas celdas tienen varias ventajas porque son muy livianas y pueden ser hechas en sustratos plásticos flexibles. La producción de este tipo de celdas es más económica que las celdas de silicio tradicionales, además cuando está el producto terminado puede ser de diferentes colores. (Guzmán, 2019)

En UCM-Madrid España, se desarrolló un modelo y simulación de un sistema fotovoltaico portátil. Este proyecto se basó en estudiar la posibilidad de incorporar una célula de litio de alta capacidad a un panel flexible. Este sistema propuesto puede llegar a ser muy versátil ya que se puede adaptar fácilmente al ambiente al que sea sometido y aparte de eso tiene un fácil acoplamiento a diferentes situaciones y elementos, también hay que agregar que gracias a sus reducidas dimensiones es muy liviano, pero sobre todo la gran capacidad de la batería de litio. (Alejandro Zapata, Matilde Santos, 2015).

En España, ININSA es una empresa dedicada a la fabricación de invernaderos, creo un modelo multicapa en el cual se puede soportar placas fotovoltaicas, esto con el fin de "conseguir la producción agrícola del cultivo y al mismo tiempo producir energía eléctrica obtenida de los paneles situados en el techo de la estructura". (Flores, 2011)

También, en la universidad de California pusieron a prueba una nueva tecnología la cual buscaba demostrar lo prometedores que resultan los invernaderos con propósito doble, es decir la captación de energía y el cultivo de alimentos. Es importante resaltar, que mediante las pruebas se pudo observar que estos invernaderos conseguían captar la energía solar sin afectar el crecimiento de las plantas. Esto se logra utilizando un sistema fotovoltaico de longitud de onda selectiva que consiste en paneles de techo transparentes con un tinte magenta luminiscente. Esta tecnología permite generar energía más eficiente y en armonía con los cultivos. (Loik, 2018)

Países como China cuentan con espectaculares invernaderos cubiertos de paneles solares. De hecho, investigadores en este tema destacan que "La energía fotovoltaica ha aumentado en los últimos años y los invernaderos fotovoltaicos pueden obtener beneficios tanto sociales como ambientales. (ELCACHO, 2017).

2. MARCOS REFERENCIALES

2.1. MARCO LEGAL

Para el desarrollo de esta actividad se tendrán en cuenta los preceptos de ley y reglamentación vigente en Colombia, consignados en la Norma Técnica Colombiana 2050 (Código Eléctrico Colombiano), Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), Ley 142 de 1994 (Régimen de los servicios públicos domiciliarios), Ley 143 de 1994 (Régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional) y la Ley 1715 de 2014 (Regula la Integración de las Energías Renovables No Convencionales al Sistema Energético Nacional), junto con las resoluciones establecidas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) que puedan aplicar.

2.2. MARCO AMBIENTAL

Este proyecto, dentro de sus disposiciones, busca la conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, según lo establecido en la LEY 99 de 1993.

Resolución Ministerio de Ambiente 1283 de 8 agosto de 2016, "Por la cual se establece el procedimiento y requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energías renovables - FNCER y gestión eficiente de la energía, para obtener los beneficios tributarios de que tratan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014 y se adoptan otras determinaciones"

Colombia es un país suscrito a numerosos tratados internacionales que velan por la conservación del medio ambiente, lo cual implica una responsabilidad tanto empresarial, académico, institucional y personal en cada uno de los colombianos, por eso se investiga y genera proyectos enfocados a energías renovables que permitan la mitigación de contaminantes ambientales que producen cambios climáticos. Al reducir la producción de gases de efecto invernadero incentivando las fuentes de energía renovables, se consigue incrementar la eficiencia energética. (Ruiz, 2013).

2.3. MARCO TEÓRICO

En el desarrollo de esta investigación, fueron utilizados como referentes teóricos, conceptos básicos de electricidad adquiridos como conocimiento previo por medio de cursos desarrollados en la universidad, así como la búsqueda exhaustiva en internet con respecto al dimensionamiento, características, diseño y el modo de empleo de paneles solares para obtención de una mayor eficiencia al momento de su instalación. Además de documentos investigativos sobre energía solar, que dicten algún precedente. (PERALTA, 2011)

ENERGÍAS RENOVABLES: Las energías renovables son aquellas que se obtienen a partir de fuentes naturales de las cuales se puede generar energía de forma limpia e indefinida. Se consideran energías renovables la energía solar, la eólica, la geotérmica y la hidráulica. También pueden incluirse en este grupo la biomasa y la energía mareomotriz.

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA: La energía solar fotovoltaica consiste en la transformación directa de la radiación y luz procedente del sol en electricidad. Esta transformación en energía eléctrica se consigue gracias a las placas fotovoltaicas y los diferentes tipos de materiales de los cuales están fabricadas las células fotovoltaicas.

PANEL SOLAR: Un panel solar es un dispositivo que aprovecha la energía del sol para generar calor o electricidad. Estos dispositivos están compuestos por celdas que normalmente son de silicio, este material tiene la capacidad de convertir la luz del sol en energía eléctrica.

LUZ LED: Es una fuente de luz constituida por un material semiconductor dotado de dos terminales. Se trata de un diodo de unión p-n, que emite luz cuando está activado.

AUTOSUFICIENTE: Estado del que es capaz de satisfacer sus necesidades con sus propios medios.

PUESTA A TIERRA: Es un mecanismo de seguridad que forma parte de las instalaciones eléctricas y que consiste en conducir eventuales desvíos de la corriente hacia la tierra, impidiendo que el usuario entre en contacto con la electricidad.

EFICIENCIA: Es la relación entre la cantidad de potencia entregada por el panel respecto a la potencia absorbida por el panel.

3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

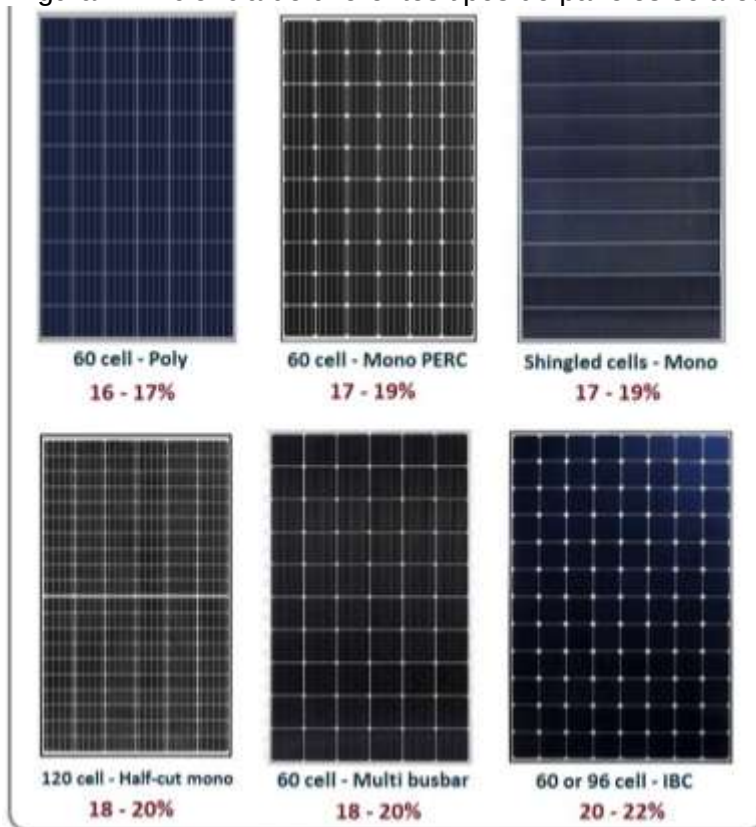
La finalidad de este proyecto es analizar la eficiencia de diferentes tipos paneles solares, de los cuales se escogieron para este proyecto los rígidos, semiflexibles y flexibles, con el fin de poder elegir el más eficiente para alimentar las cargas de un invernadero, el cual será utilizado para el cultivo de hortalizas.

Una vez obtenido los valores de corriente, voltaje e irradiancia de cada uno de ellos, se procede a realizar los cálculos de cuantos paneles solares son requeridos por cada tipo, esto teniendo en cuenta el área disponible para implementar el sistema fotovoltaico.

3.1. Datos sobre pruebas de eficiencia realizados.

Las pruebas para medir la eficiencia de los paneles se hacen bajo circunstancias estándar como una temperatura base de 25° y una irradiancia solar de 1000 W/m², teniendo los resultados de la Figura 1.

Figura 1. Eficiencia de diferentes tipos de paneles solares



Fuente: (Svarc, 2019)

Las diferencias en eficiencia, explica Jasón: “se deben a diversos factores como la celda, la distancia entre las celdas e incluso el color de la lámina posterior protectora del panel. Por ejemplo, una lámina de respaldo negra absorbe más calor y aumenta la temperatura de la celda por lo que reduce ligeramente la eficiencia de conversión total” (Svarc, 2019)

En un congreso realizado en México, se presentó un proyecto en que se buscó incrementar la eficiencia de los paneles solares mediante uso de la refracción. Realizaron tres pruebas diferentes, una en condiciones normales como se demuestra la Figura 2 y dos más con diferentes condiciones de temperatura, humedad y vapor de agua, en la Figura 3 se ve un panel con condiciones de agua de 60° C y en la Figura 4 con vapor a 100°C. (Martínez Patiño, Hernández Figueroa, Lozano García, Ireta Moreno, & Rubio Maya, 2013)

Figura 2. Condiciones normales ambientales.



Fuente: (Martínez Patiño, Hernández Figueroa, Lozano García, Ireta Moreno, & Rubio Maya, 2013)

Figura 3. Condiciones de agua a 60 °C por encima del panel solar fotovoltaico.



Fuente: (Martínez Patiño, Hernández Figueroa, Lozano García, Ireta Moreno, & Rubio Maya, 2013)

Figura 4. Condiciones de vapor a 100 °C por encima del panel solar fotovoltaico.



Fuente: (Martínez Patiño, Hernández Figueroa, Lozano García, Ireta Moreno, & Rubio Maya, 2013)

Tabla 1. Voltaje y corriente de las pruebas realizadas

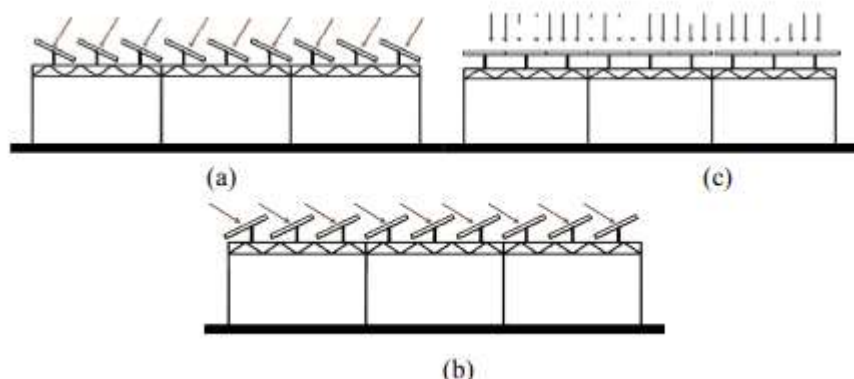
N. de prueba	Voltaje (volts)			Corriente (Ampers)
	Min.	Med.	Max.	
1	37.30	37.88	38.11	0.09909
2	39.36	3.37	39.41	0.093.6
3	35.83	38.03	38.99	0.1831

Fuente: (Martínez Patiño, Hernández Figueroa, Lozano García, Ireta Moreno, & Rubio Maya, 2013)

“De los resultados de la Tabla 1 se ve que la refracción que mayor se da es la del uso del vapor donde la corriente aumenta en contraste con el caso del uso del agua como medio de refracción. También se puede mencionar que la temperatura del panel aumentó con el uso de vapor de agua de forma ligera” (Martínez Patiño, Hernández Figueroa, Lozano García, Ireta Moreno, & Rubio Maya, 2013)

Otro proyecto realizado en Malasia midió y determino la eficiencia de módulos solares de silicio policristalino, monocristalino y amorfo mediante la aplicación de un rastreador solar de fecha/hora. (Ghazali M & Abdul Rahman, 2012)

Figura 5. a) Paneles orientados hacia el sol de la mañana. b) paneles orientados directamente bajo el sol de media tarde. c) paneles orientados hacia el sol de la tarde.



Fuente: (Ghazali M & Abdul Rahman, 2012)

La Figura 5 exhibe el movimiento básico del panel de acuerdo a la posición del sol en la mañana, mediodía y tarde, de manera que se aprovecharan los rayos solares óptimamente desde la mañana hasta la noche.

“Las pruebas se realizaron en el transcurso de 4 días, en los cuales se recolectaron 4 parámetros de cada uno de los módulos fotovoltaicos para cada etapa de este experimento, es decir, Corriente (A), Voltaje (V), Temperatura del módulo ($^{\circ}$ C) y Potencia (W). Estos parámetros se almacenaron en el registrador de datos en la sala de control cada 15 minutos. Teniendo como resultado unos datos totales registrados en la Tabla 2 ” (Ghazali M & Abdul Rahman, 2012)

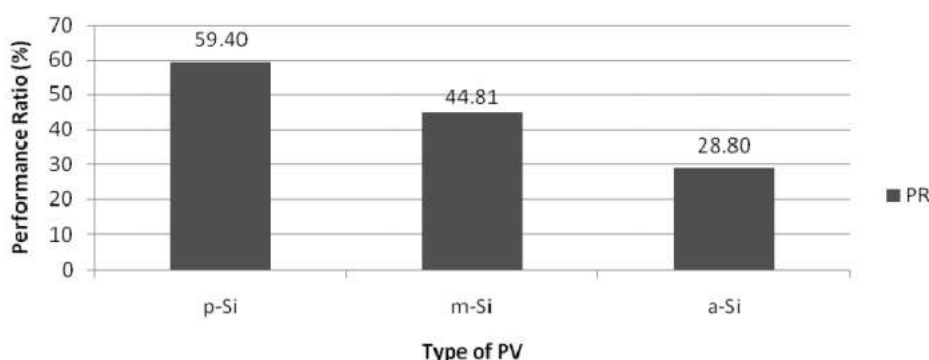
Tabla 2. Datos totales de la eficiencia de los 4 módulos.

Día	Radiación solar promedio (W/m ²)	Potencia promedio (W)	Eficiencia media del módulo (%)	Potencia promedio (W)	Eficiencia media del módulo (%)	Potencia promedio (W)	Eficiencia media del módulo (%)
		p-Si	p-Si	m-Si	m-Si	a-Si	a-Si
1	796.16	83.76	7.97	73.63	7.06	45.20	2.00
2	402.24	18.53	3.49	14.56	2.76	33.66	2.95
3	369.00	11.73	2.41	6.35	1.31	23.64	2.26
4	807.49	80.12	7.52	70.23	6.64	32.84	1.43
Eficiencia del módulo por fabricación			12.11		13.70		8.10

Fuente: (Ghazali M & Abdul Rahman, 2012)

“La eficiencia para el módulo policristalino es la más alta en comparación con el módulo solar monocristalino y amorfo en un período de 4 días con eficiencia 7.97% (día 1), 3.49% (día 2), 2.41% (día 3) y 7.52% (día 4) Sin embargo, existen diferencias en la eficiencia del módulo entre el módulo solar monocristalino y el amorfo. Como se muestra en el gráfico, la eficiencia del módulo monocristalino en el día 1 (7.06%) y el día 4 (6.64%) muestra una eficiencia significativamente mayor en comparación con el amorfo, que es 2.00% y 1.43%, respectivamente. Mientras que en los días 2 y 3, el módulo solar amorfo muestra una eficiencia ligeramente mejor que el módulo solar monocristalino.” (Ghazali M & Abdul Rahman, 2012)

Figura 6. Relación de rendimiento de cada tipo de panel fotovoltaico.



Fuente: (Ghazali M & Abdul Rahman, 2012)

Con estos resultados y la relación de rendimiento de la Figura 6, se llega a la conclusión de que el policristalino tiene una mayor eficiencia de salida de potencia en comparación de los otros dos cuando se tiene un nivel de radiación solar promedio. Sin embargo, cuando el nivel de radiación es bajo, el policristalino tiene un rendimiento más bajo que el monocristalino. Con esto se concluye que el rendimiento del módulo policristalino depende del nivel de radiación solar.

Por otro lado, El módulo fotovoltaico monocristalino produce más calor que los módulos mono y amorfo, lo que afecta su potencia de salida y por ende su eficiencia. En el caso del policristalino mantiene temperaturas bajas, aunque son un poco más altas que las del módulo amorfo. (Ghazali M & Abdul Rahman, 2012)

3.2. Montaje de paneles flexibles

La mayoría de sistemas fotovoltaicos actuales cuentan con diversos componentes para poder ser instalados en los techos, como: marcos metálicos rígidos con soportes básicos, balastos y otros que ocasionan que el sistema sea pesado y se necesite un alto costo de mano de obra para su instalación. El gran peso restringe el uso de sistemas fotovoltaicos en un gran porcentaje de techos. Sin embargo, los sistemas fotovoltaicos flexibles, son livianos y usan pocos componentes metálicos, esto permite que tengan costos

potencialmente bajos en su instalación pues reducen la carga del trabajo. (Halbe, Novak, Sharpe, Housser, & Haldar, 2014)

Fijación directa es el método más usado para unir módulos flexibles a techos. Se adhieren los módulos mediante un adhesivo de butilo de doble cara a lo largo del perímetro o cubriendo toda la lámina. Este método es relativamente económico, además de que el ángulo del techo permite que el agua de lluvia fluya a través de los módulos y evita que se ensucien. Las Figura 7 y Figura 8, se observa la instalación de estos paneles y como queda adherido incluso a techos tipo TPO.

Sin embargo, el método de conexión directa puede llegar a tener problemas de “adhesión en la interfaz del módulo-techo debido al desajuste del coeficiente de expansión térmica entre los diferentes materiales.” (Halbe, Novak, Sharpe, Housser, & Haldar, 2014)

Figura 7. Fijación directa de módulos fotovoltaicos flexibles a techo.



Fuente: (Halbe, Novak, Sharpe, Housser, & Haldar, 2014)

Figura 8. Módulo fotovoltaico adherido a un techo tipo TPO.



Fuente: (Halbe, Novak, Sharpe, Housser, & Haldar, 2014)

3.3. Invernadero de hortalizas y especificaciones de la zona.

Los invernaderos son estructuras de apoyo a la producción agrícola y sirven para proteger cultivos como se ve en la Figura 9, por lo que son herramientas modernas que impulsan el desarrollo de la agricultura, basadas en una serie de tecnologías que definen la agricultura de precisión. Además, la principal ventaja que ofrecen los cultivos protegidos es la capacidad de poder modificar a conveniencia determinadas condiciones climáticas y contrarrestar los efectos negativos derivados del medio ambiente en forma de precipitación, vientos o plagas.(Abraham, 2006).

Figura 9. Cultivo de hortalizas



Fuente: (MSC, 2017)

Se deben tener en cuenta varios aspectos a la hora de la creación de un invernadero como:

- Ubicación
 - Orientación del invernadero
 - Diseño del invernadero
 - Manejo de la temperatura del invernadero
 - Elección de especies hortícolas
- (González, 2004)

La ubicación tomada como referencia mantiene una temperatura entre 17 y 25 grados centígrados.

En este caso, las medidas establecidas son estándar para invernaderos de estructura tipo capilla. Tomando como base las siguientes medidas del área:

“Largo = 15 m

Ancho= 9,8 m

Alto total = 4 m

Alto de pared= 2,5 m

Radio de curvatura = 8,8 m”

(Yili Eliana Ortiz, Jaime Benítez, Jonathan Benítez, 2019)

Con el fin de simular la posición en la que estaría el panel flexible del invernadero real, se utilizó un prototipo diseñado tipo capilla, con un techo semicircular expuesto en la Figura 10.

Figura 10. Prototipo invernadero

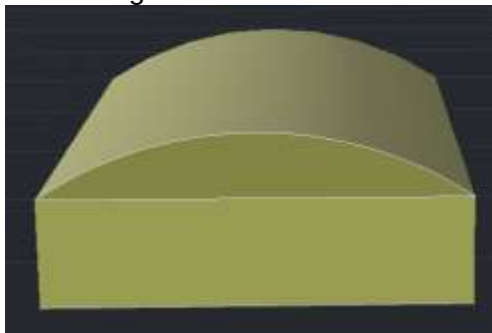


Fuente: Autores

Aunque este prototipo fue útil para realizar las pruebas correspondientes respecto a la posición del panel, requiere una mejora en cuanto al consumo de cargas que permita un óptimo control de descargue de la batería y que se pueda ejecutar el funcionamiento de estas cargas mediante el panel directamente.

Para hallar el área del techo correspondiente al invernadero especificado, se realizó un prototipo en AutoCAD 3D como se puede observar en la Figura 11, después se utiliza la herramienta arco para calcular la curvatura del domo, a esta se le saca la longitud y se multiplica por el largo del invernadero como se muestra en la Figura 12.

Figura 11. Invernadero



Fuente: Autores

Figura 12. Longitud arco del techo



Fuente: Autores

Longitud del arco= 10,49 m
Largo= 15 m

$$\begin{aligned} \text{Área techo} &= \text{Longitud} * \text{Largo} \\ \text{Ecuación 1. Área techo del invernadero} \\ \text{Área techo} &= 10,49 \text{ m} * 15 \text{ m} = 157,35 \end{aligned}$$

3.4. Componentes del sistema fotovoltaico.

Los dispositivos usados en los diferentes sistemas fotovoltaicos son de características similares de manera que permitan la efectiva comparación entre ellos. Durante las pruebas se utilizaron para monitorear de la carga de las baterías y la temperatura ambiente.

3.4.1. Panel solar flexible.

Figura 13. Panel flexible



Fuente: (Renogy, 2019)

Se usó un panel solar flexible con el fin de determinar si era eficiente su uso. Gracias a su fácil adaptación resulta útil para implementar en distintas superficies. El panel seleccionado

fue el RNG-100DB-H fabricado por una empresa estadounidense llamada RENOGY presentado en la Figura 13.

Mediante las características del panel disponible en el Anexo 8.1, se puede determinar la energía que produce el panel, con la siguiente ecuación.

$$E_{panel} = I_{panel} * V_{panel} * HSP * Ef [Whd]$$

Ecuación 2. Energía producida por un panel.

Dónde:

I_{panel} = Corriente optima de operación

V_{panel} = Voltaje de circuito abierto

HSP = Hora solar pico

Ef = Eficiencia de la celda fotovoltaica

3.4.2. Panel solar rígido.

Figura 14. Panel solar rígido



Fuente: (Deutschland, s.f.)

El panel rígido seleccionado que se tiene como referencia el visible en la Figura 14, el TE-1250/110 fabricado por una empresa alemana llamada TOTAL ENERGY.

De igual manera que en el panel flexible, se necesita conocer sus características disponibles en el Anexo 8.2, para hallar la energía producida por el panel.

3.4.3. Regulador de voltaje.

Figura 15. Regulador de voltaje



Fuente: Autores

Mediante el regulador de voltaje visible en la Figura 15, se controla automáticamente la energía de la batería y el panel solar, manteniendo el nivel de voltaje constante; cerca de un valor deseado, esto para evitar daños en los componentes del experimento propuesto. Las características técnicas de pueden encontrar en el Anexo 8.5.

3.4.4. Batería

Figura 16. Batería



Fuente: Autores

Se contó con una fuente de almacenamiento reversible (carga y descarga) marca LEOCH DJW (12V-4.5AH) que se ve en la Figura 16, con la cual se acumuló la energía eléctrica que podrá utilizar en momentos de poca insolación. Sus características se encuentran especificadas en el Anexo 8.6

3.5. Equipos de medición.

La eficiencia de los paneles se determinó gracias al uso de equipos de medición que mostraban la cantidad de radiación solar que captaban los paneles, además del voltaje y corriente que suministraban.

3.5.1. *Multímetro.*

Figura 17. Multímetro



Fuente: Autores

Los paneles solares en sus especificaciones muestran el voltaje que generarán cuando estén funcionando al máximo de su rendimiento. Por lo tanto, se usó el multímetro de la Figura 17 para analizar constantemente la cantidad de voltaje que estaban suministrando los paneles. También, se emplearon para tener registro de la cantidad de corriente que estaban generando los dos paneles, tanto el flexible como el rígido, la cual es directamente proporcional a la intensidad de luz solar que absorba el panel solar.

3.5.2. *Termopar.*

Figura 18. Termopar



Fuente: Autores

Es importante tener en cuenta la temperatura a la cual está sometido el panel solar pues está afecta directamente su rendimiento. Por eso se usó el termopar de la Figura 18, para comprobar las condiciones de temperatura en las que se encontraban los paneles al momento de tomar las medidas.

3.5.3. Medidor de radiación solar.

Figura 19. Pirómetro



Fuente: Autores

Un medidor de radiación solar también llamado pirómetro permite determinar la potencia solar con la medida dada en W/m^2 , que se puede leer directamente de su pantalla. Este instrumento enseñado en la Figura 19, fue usado para comprobar la eficiencia de los paneles flexibles, y percibir su capacidad para captar la radiación y compararla con la obtenida por un panel rígido. Sirve también para dar una ubicación óptima para nuevas instalaciones y tiene memoria interna de 32.000 valores de medición, los datos que entrega y tamaño compacto permite un uso favorable para la puesta en funcionamiento. Estos datos pueden ser transmitidos al computador con ayuda del software por medio de un puerto serie. También dispone de una carcasa resistente a la intemperie su medición y tamaño compacto permite un uso agradable.

3.5.4. Medidor de carga de batería.

Figura 20. Medidor de carga de batería



Fuente: Autores

Mediante el medidor de carga de la Figura 20, se conoce la medida precisa e inmediata del nivel de carga que tienen las baterías. Este dispositivo no necesita baterías ni energía eléctrica para funcionar. Se beneficia con una protección de polaridad inversa, es decir; no presentará falla si se conecta en sentido inverso. Además, cuenta con una carcasa impermeable, una LCD display acompañada con 5 botones; el botón POWER para encender y apagar el dispositivo, el botón SEL selecciona el valor fijo y decimal, el botón Ok se confirma la selección y dos botones de subir-bajar que se utilizan para modificar valores. Su pequeño y cómoda estructura lo hacen fácil de transportar.

3.6. Factor global de pérdidas (K)

Para que se pueda garantizar un efectivo rendimiento de la instalación, es necesario establecer todas las posibles pérdidas del sistema para medir el rendimiento general de la instalación. Constituye una magnitud muy importante para evaluar la efectividad de la instalación. Este valor se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$K = \left(1 - \frac{P1}{100}\right) * \left(1 - \frac{P2}{100}\right) * \dots * \left(1 - \frac{Pn}{100}\right)$$

Ecuación 3. Factor global de pérdidas

Dónde $P1$, $P2$, Pn son las pérdidas dadas en porcentaje (%) (Gomez, 2019)

Para el cálculo de las pérdidas se tienen en cuenta diversos factores, como se puede observar en la Tabla 3. Además, se tienen predeterminados unos valores típicos de pérdidas en función del tipo de componente de la instalación.

Tabla 3. Factores de pérdidas.

CONCEPTO	PÉRDIDAS EN%
Temperatura del panel	Ver carac. Técn.
Polvo y suciedad	1-8
Dispersión de parámetros entre módulos	2
Auto descarga de las baterías	0,5
Rendimiento del proceso de carga y descarga	5-10
Inversor	5-20
Regulador	5-10
Cableado desde los paneles al regulador	1,5
Cableado del resto de la instalación	3-5

Fuente: (Gomez, 2019)

Aparte de estos factores, también se deben tener en cuenta las pérdidas por inclinación y sombras.

3.6.1. Pérdidas por orientación e inclinación

La normatividad de ahorro energético HE 5 de España, establece una Tabla 4 con unos valores límites para pérdida por inclinación y orientación, los cuales varían en función de tres casos diferentes.

Tabla 4. Pérdidas límite

CASO	ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN	SOMBRAS	TOTAL
GENERAL	10%	10%	15%
SUPERPOSICIÓN	20%	15%	30%
INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA	40%	20%	50%

Fuente: Sección HE 5

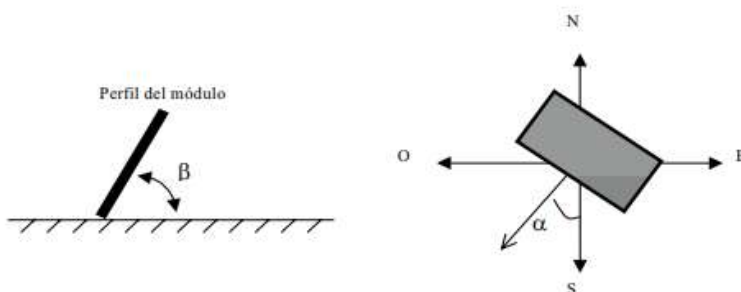
Integración arquitectónica: Es cuando los paneles cumplen dos funciones, energética y arquitectónica, actúan como revestimiento, cerramiento o sombreado y además sustituyen elementos constructivos convencionales.

Superposición: Se da cuando se colocan los paneles en paralelo al techo sin cumplir la doble funcionalidad de la arquitectónica.

General: En los que no se producen los otros casos, serán general. Como instalar estructuras y sobre ellas colocar los paneles solares.

Para este cálculo se necesita calcular los ángulos mostrados en la Figura 21, un ángulo β y el ángulo de acimut (α).

Figura 21. Orientación e inclinación de los ángulos.



Fuente: Sección HE 5

El ángulo β es el ángulo que forma el panel solar respecto al plano horizontal, de manera que si está horizontal sería 0° y si se encuentra vertical sería 90° . Por otro lado, el ángulo de acimut (α) es el proyectado sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. De manera que si está orientado al sur será 0° , al este -90° y al oeste 90° . (Código Técnico de la Edificación, 2006)

Los puntos de intersección del límite de pérdidas con la recta de acimut proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima. Si no existe tal intersección significaría que las pérdidas sobrepasan el límite. Mientras que cuando se intersectan, se obtiene valores para latitud $\varphi = 41^\circ$ (en el caso de proyectos realizados en España), y los límites de inclinación se corrigen en función de la diferencia entre la latitud concreta del lugar y la latitud de 41° , utilizando las fórmulas:

$$\beta_{\text{máx}} = \text{Inclinación (par } \varphi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud})$$

Ecuación 4. Inclinación máxima

$$\beta_{\text{min}} = \text{Inclinación (par } \varphi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud}), \text{ siendo } 5^\circ \text{ su valor mínimo}$$

Ecuación 5. Inclinación mínima

Finalmente, se utiliza la siguiente fórmula para hallar las pérdidas.

$$\text{Pérdidas [\%]} = 100 * [1,2 * 10^{-4} * (\beta - \varphi + 10)^2 + 3,5 * 10^{-5} \alpha^2]$$

Ecuación 6. Pérdidas para $15^\circ < \beta < 90^\circ$

$$\text{Pérdidas [\%]} = 100 * [1,2 * 10^{-4} * (\beta - \varphi + 10)^2]$$

Ecuación 7. Pérdidas para $\beta \leq 15^\circ$

Teniendo que:

β ángulo de inclinación en grados sexagesimales

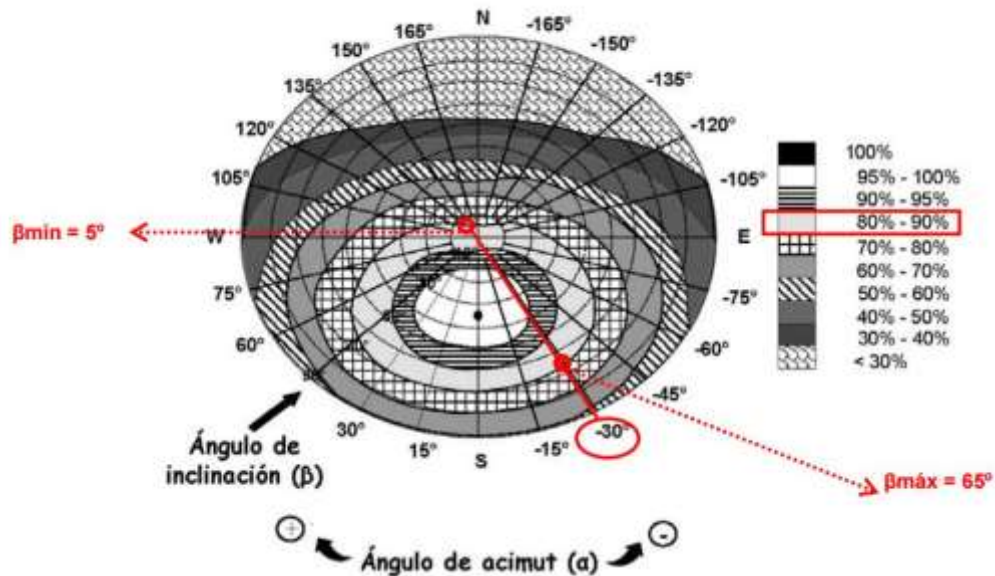
α ángulo de acimut en grados sexagesimales

φ es la latitud en grados sexagesimales.

En el siguiente ejemplo se observa cómo se realiza la comprobación de pérdidas por orientación e inclinación de una instalación fotovoltaica situada en Alicante ($\varphi=38'4^\circ$), sobre la cubierta inclinada a 1 agua de un edificio comercial. Los módulos fotovoltaicos irán SUPERPUESTOS. Tienen la misma inclinación que la cubierta, fijada en 35° . La orientación de los módulos será $\alpha = -30$ (este).

Entonces, para realizar el cálculo de pérdidas por inclinación, se debe conocer la latitud y el ángulo azimut ya que estos dos son fundamentales para la solución del ejercicio. Además de conocer el tipo de caso de la instalación para saber cuál va a ser el porcentaje de pérdidas permitidas. Para este ejemplo se va a usar el caso de SUPERPOSICION, que tiene un porcentaje máximo de pérdidas del 20%.

Figura 22. Diagrama de irradiación.



Fuente: (Gomez, Unidad 2-Radiación solar, 2019)

Sabiendo el porcentaje permitido de pérdidas se va a la Figura 22 que es el diagrama de irradiación, en el cual se ubica el ángulo acimut, también se escoge el anillo que representa el porcentaje de pérdidas, una vez seleccionado el anillo, se traza una línea la cual va a través del anillo esto con el objetivo de identificar el β_{Max} y el β_{min} .

Para la latitud del ejercicio que es de 38.4, se usan las ecuaciones 4 y 5 de manera que, las inclinaciones máximas y mínimas serían:

$$\begin{aligned}\beta_{\text{máx}} &= 65^\circ - (41^\circ - 38.4^\circ) \\ \beta_{\text{máx}} &= 62.4^\circ \\ \beta_{\text{mín}} &= 5^\circ - (41^\circ - 38.4^\circ) \\ \beta_{\text{mín}} &= 2.4^\circ \text{ Se toma el mínimo de } 5^\circ \text{ según la norma}\end{aligned}$$

Dada que la inclinación que se tiene está dentro del rango, se van a obtener pérdidas admisibles, aplicando la ecuación 6 se obtiene el porcentaje de pérdidas del sistema.

$$\begin{aligned}\text{Pérdidas}(\%) &= 100[1,2 * 10^{-4} * (35-38.4+10)^2 + 3,5 * 10^{-5} * -30^2] \\ \text{Pérdidas}(\%) &= 3,67\%\end{aligned}$$

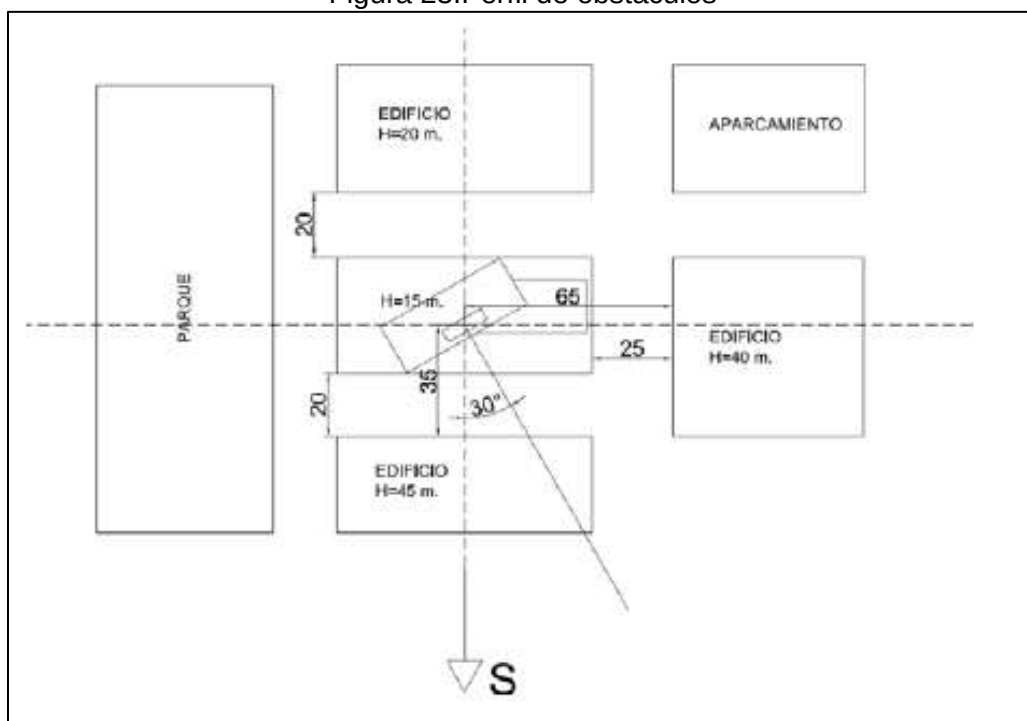
Las pérdidas por orientación e inclinación tienen un porcentaje de 3,67%

3.6.2. Pérdidas de radiación solar por sombras

Las pérdidas por sombras se causan cuando existe un obstáculo que interfiere entre la trayectoria del sol y el panel solar, y esto se ve reflejado en su generación de energía. Se expresan como porcentaje de la radiación global que incidiría sobre la superficie si no hubiera sombras.

En el siguiente ejemplo se explica el procedimiento para su determinación. El perfil de los obstáculos que rodean al edificio es el mostrado en la Figura 23 (teniendo en cuenta que el edificio comercial tiene una altura $h = 15$ m):

Figura 23. Perfil de obstáculos



Fuente: (Gomez, Unidad 2-Radiación solar, 2019)

Lo primero que se realiza es la identificación de los principales obstáculos que afectan la superficie de la instalación como lo especifica la Figura 24, esto con el fin de calcular las coordenadas del ángulo acimut y elevación.

Figura 24. Especificación de puntos de referencia



Fuente: (Gomez, Unidad 2-Radiación solar, 2019)

Tabla 5. Coordenadas de referencia

Punto	X	Y	Z
1	40	35	30
2	-40	35	30
3	-25	35	25
4	-25	-15	25

Fuente: (Gomez, Unidad 2-Radiación solar, 2019)

Una vez calculadas las coordenadas de cada punto de referencia en la Tabla 5, se procede a calcular el acimut y la elevación por medio de las siguientes fórmulas, y se registra en la Tabla 6.

$$\alpha = \text{sen}^{-1} \left(\frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \right)$$

Ecuación 8. Ángulo de acimut

$$\beta = \text{sen}^{-1} \left(\frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \right)$$

Ecuación 9. Ángulo de elevación

Tabla 6. Ángulo de elevación y ángulo de acimut

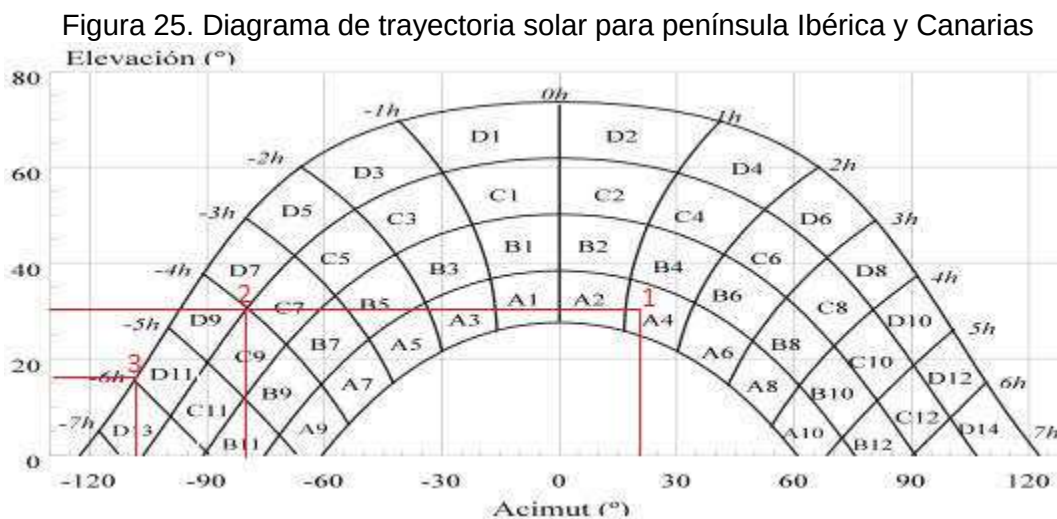
Punto	X	Y	Z	α	α Corregido	β
1	40	35	30	49	19	29,44
2	-40	35	30	-49	-79	29,44
3	-25	35	25	-62	-92	18,71
4	-25	-15	25	-108	-138	20,06

Fuente: (Gomez, Unidad 2-Radiación solar, 2019)

En este caso se aplica una corrección al ángulo azimut, debido a que la ubicación de este ejemplo se encuentra en España, esta corrección solo se aplica para lugares que se encuentran muy por encima o por debajo de la línea del ecuador. Para este ejercicio se utiliza un ángulo de corrección de 30° que es el ángulo que se crea con referencia a la ubicación del sistema fotovoltaico con respecto al sur.

Una vez obtenidos el acimut y la elevación se procede a ubicar estos valores en el diagrama de trayectorias del sol, este diagrama depende del sitio de ubicación del sistema, ya que este depende de la latitud.

Para este ejemplo se utiliza un diagrama que está diseñado para una latitud de 41° , que es la latitud de España.



Fuente: (Código Técnico de la Edificación, 2006)

Como se puede ver en la Figura 25 no se ve ubicado el punto 4, dado que los valores del diagrama no dan para ubicar ese punto.

Una vez ubicados los puntos en el diagrama, se miran y se identifica cuales bandas se ven afectadas del diagrama.

Para este ejemplo se ven afectadas las siguientes bandas: A1,A2,A3,A4,A5,A7,A9,B5,B7,B9,B11,C7,C9,D13.

Cuando se ha identificado las bandas afectadas, se aplica el porcentaje de la porción afectada por la sombra, ahora se toma el valor del coeficiente de la tabla correspondiente al ejercicio, para este caso se utilizó la Tabla 7, que es la tabla de referencia C.2 ($\beta=35$; $\alpha=30$)

Tabla 7. Tabla V-8

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = -30^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,22
11	0,00	0,03	0,37	1,26
9	0,21	0,70	1,05	2,50
7	1,34	1,28	1,73	3,79
5	2,17	1,79	2,21	4,70
3	2,90	2,05	2,43	5,20
1	3,12	2,13	2,47	5,20
2	2,88	1,96	2,19	4,77
4	2,22	1,60	1,73	3,91
6	1,27	1,11	1,25	2,84
8	0,52	0,57	0,65	1,64
10	0,02	0,10	0,15	0,50
12	0,00	0,00	0,03	0,05
14	0,00	0,00	0,00	0,08

Fuente: (Gomez, Unidad 2-Radiación solar, 2019)

Tabla 8. Porcentaje de pérdidas.

Porciones	%Ocupado	Coeficiente	%Pérdida
A1	25	3,12	0,78
A2	25	2,88	0,72
A3	50	2,9	1,45
A4	25	2,22	0,55
A5	100	2,17	2,17
A7	100	1,34	1,34
A9	100	0,21	0,21
B5	25	1,79	0,44
B7	75	1,28	0,96
B9	100	0,7	0,7
B11	50	0,03	0,01
C7	25	1,73	0,43
C9	50	1,05	0,52
D13	50	0,22	0,11
TOTAL			10,41

Fuente: (Gomez, Unidad 2-Radiación solar, 2019)

Para calcular el porcentaje de pérdidas, se multiplica el %Ocupado* Coeficiente, se suman todas las pérdidas y se obtiene el total de pérdidas por sombras como se hizo en la Tabla 8.

Finalmente, las pérdidas por sombras tienen un porcentaje de 10,41%

4. RESULTADOS

4.1. Demanda de energía requerida.

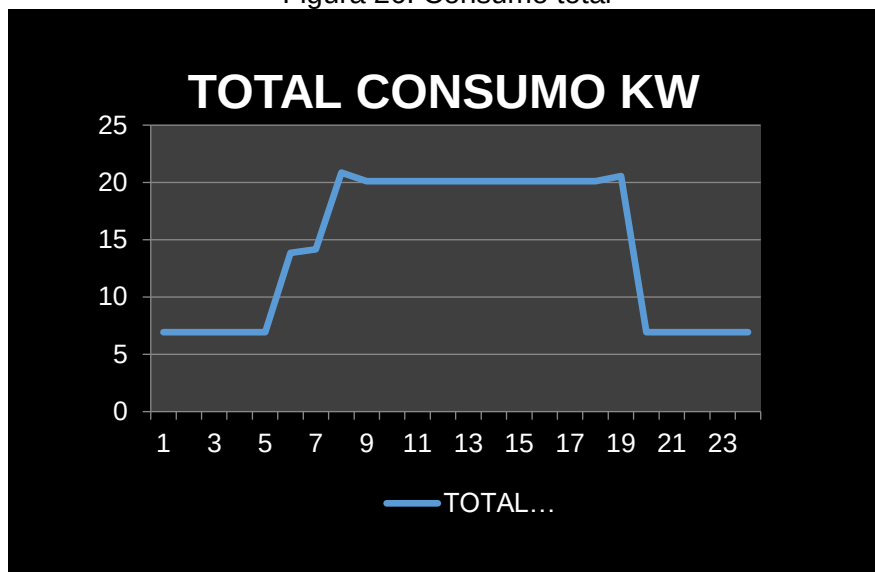
Los invernaderos requieren de equipos específicos para su funcionamiento como son sistemas de riego, sistemas de luminaria y sistemas de refrigeración, en este caso se usó el consumo especificado en el proyecto base mostrado en la Tabla 9. Sin embargo, se realizó un cambio en el consumo pues se aumentó la potencia de la bomba de riego por que la utilizada anteriormente era muy pequeña para llevar el agua necesaria hacia la distribución en los aspersores. Esta bomba de 1 caballo se describe en el anexo 8.7.

Tabla 9. Cuadro consumo energético.

HORAS	SISTEMA RIEGO KW	SISTEMA DE LUMINARIA KW	SISTEMA DE REFRIGERACION KW	TOTAL CONSUMO KW
0	0	0,432	6,5	6,932
1	0	0,432	6,5	6,932
2	0	0,432	6,5	6,932
3	0	0,432	6,5	6,932
4	0	0,432	6,5	6,932
5	0	7,344	6,5	13,844
6	0,746	6,912	6,5	14,158
7	0,746	6,912	13,2	20,858
8	0	6,912	13,2	20,112
9	0	6,912	13,2	20,112
10	0	6,912	13,2	20,112
11	0	6,912	13,2	20,112
12	0	6,912	13,2	20,112
13	0	6,912	13,2	20,112
14	0	6,912	13,2	20,112
15	0	6,912	13,2	20,112
16	0	6,912	13,2	20,112
17	0	6,912	13,2	20,112
18	0	7,344	13,2	20,544
19	0	0,432	6,5	6,932
20	0	0,432	6,5	6,932
21	0	0,432	6,5	6,932
22	0	0,432	6,5	6,932
23	0	0,432	6,5	6,932
24	0	0,432	6,5	6,932

Fuente: Autores

Figura 26. Consumo total



Fuente: Autores

Al hacer el análisis de la gráfica se obtiene un promedio aproximado de consumo de 14,449 KW-h durante el día, el cual da un consumo diario de 346,776 KW-h/día. Este promedio se multiplica por el factor de pérdidas (K) y se obtiene el consumo total durante el día.

4.2. Factor global de pérdidas (K)

Como se explicó en el apartado 3.6, la eficiencia y potencia de los paneles se ve afectada por diversas condiciones, que se deben tener en cuenta para asegurar que la demanda energética entregada por el sistema sea la necesaria.

Teniendo en cuenta la tabla 3, se tomaron los porcentajes máximos para este caso, de manera que:

- *Polvo y suciedad = 8%*
- *Dispersión de parámetros en módulos = 2%*
- *Auto descargas de la batería = 0,5%*
- *Rendimiento del proceso de carga y descarga = 7%*
- *Cableado de los paneles al regulador = 1,5%*
- *Cableado del resto de la instalación = 5%*
- *Temperatura = 4,0%*
- *Inversor = 5%*
- *Regulador = 5%*

Sin embargo, para las pérdidas por inclinación, orientación y sombras se debe calcular específicamente para la instalación correspondiente.

- Pérdidas por orientación e inclinación =

A diferencia de los países desarrollados, Colombia todavía no cuenta con una normativa técnica que permita minimizar las pérdidas de energía por orientación e inclinación de los módulos fotovoltaicos.

“En el caso de las fachadas verticales las pérdidas fueron mínimo del 48%, correspondientes a orientaciones Este-Oeste, en ciudades cercanas al Ecuador. Esto indicaría que en una futura normativa se deberían permitir mayores pérdidas por este concepto, respecto al CTE de España” (Nieto, 2013)

Como guía se utiliza como referencia la ciudad de Cúcuta, ya que es la ciudad con una latitud semejante a la de la zona de instalación del invernadero. En la ciudad de Cúcuta las pérdidas máximas permitidas son del 48%. (Nieto, 2013)

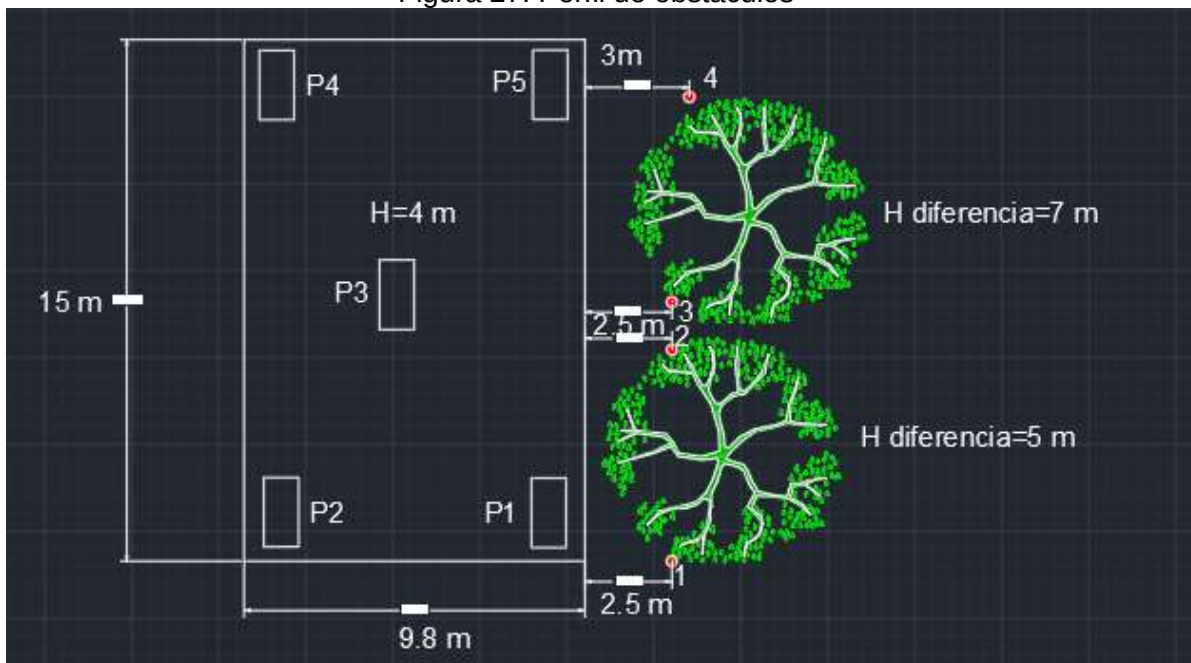
$$\begin{aligned} \text{Pérdidas}(\%) &= 100[1,2 * 10^{-4} * (68-7.8+10)^2 + 3,5 * 10^{-5} * -60^2] \\ \text{Pérdidas}(\%) &= 46.53\% \end{aligned}$$

Las pérdidas por orientación e inclinación tienen un porcentaje de 46.53%

- Pérdidas por sombras =

Dada la ubicación del invernadero, las sombras que podrían interferir en la eficiencia de los paneles serían árboles que estén en dicha zona, en la Figura 27 se toman dos árboles como referencia.

Figura 27. Perfil de obstáculos



Fuente: Autores

Mediante la ecuación 4 y la ecuación 5 se hallan las coordenadas para cada módulo respecto a todos los puntos de referencia, los resultados de cada uno de los puntos de ven en las Tabla 10, Tabla 11, Tabla 12, Tabla 13, Tabla 14, Tabla 15.

Al tener el ángulo de acimut y la elevación se ubican estos valores en el diagrama de trayectorias del sol. Sin embargo, el diagrama no está disponible para la ubicación del proyecto por tal motivo se utiliza el diagrama de trayectorias del sol diseñado para la ciudad de Cúcuta, se selecciona este diagrama debido a que la latitud de este es semejante a la Bucaramanga.

Tabla 10. Coordenadas ubicación 1.

Coordenadas P1					
Punto	X	Y	Z	α	β
1	0	2,5	5	0°	63,43°
2	-6,5	3	5	-65,22°	34,93°
3	-7	3	7	-66,8°	42,58°
4	-13	3,5	7	-74,93°	27,47°

Fuente: Autores

Figura 28. Altura solar contra azimut para Cúcuta ubicación 1

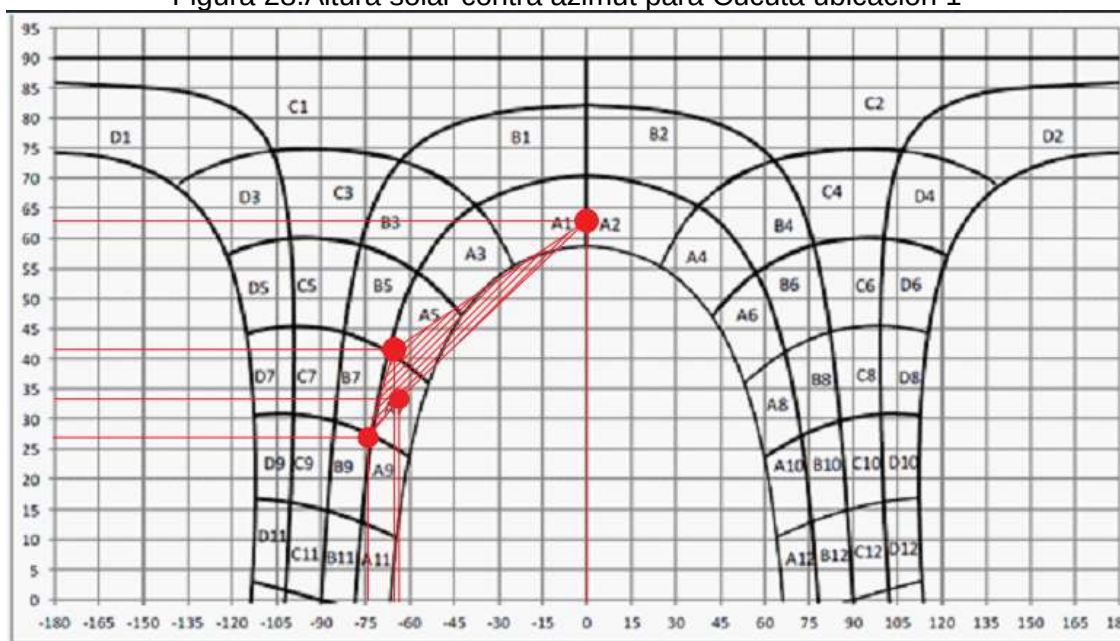


Tabla 11. Pérdidas.

Porciones	%Ocupada	Coeficiente	%Perdida
A1	0	2,76	0
A3	0	3,56	0
A5	0,5	3,85	1,925
A7	0,5	3,61	1,805
		TOTAL	3,73

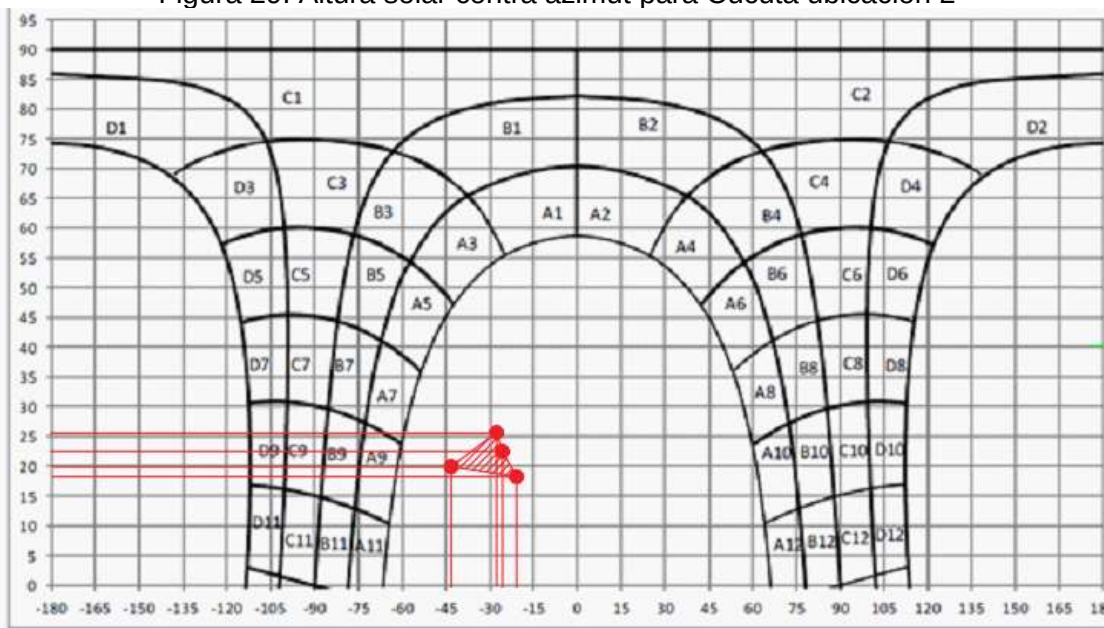
Fuente: Autores

Tabla 12. Coordenadas ubicación 2.

Coordenadas P2					
Punto	X	Y	Z	A	β
1	0	12,3	5	0°	22,12°
2	-6,5	12,8	5	-26,92°	19,2°
3	-7	12,8	7	-28,67°	25,63°
4	-13	13,3	7	-44,34°	20,62°

Fuente: Autores

Figura 29. Altura solar contra azimut para Cúcuta ubicación 2



Fuente: (Nieto, 2013)

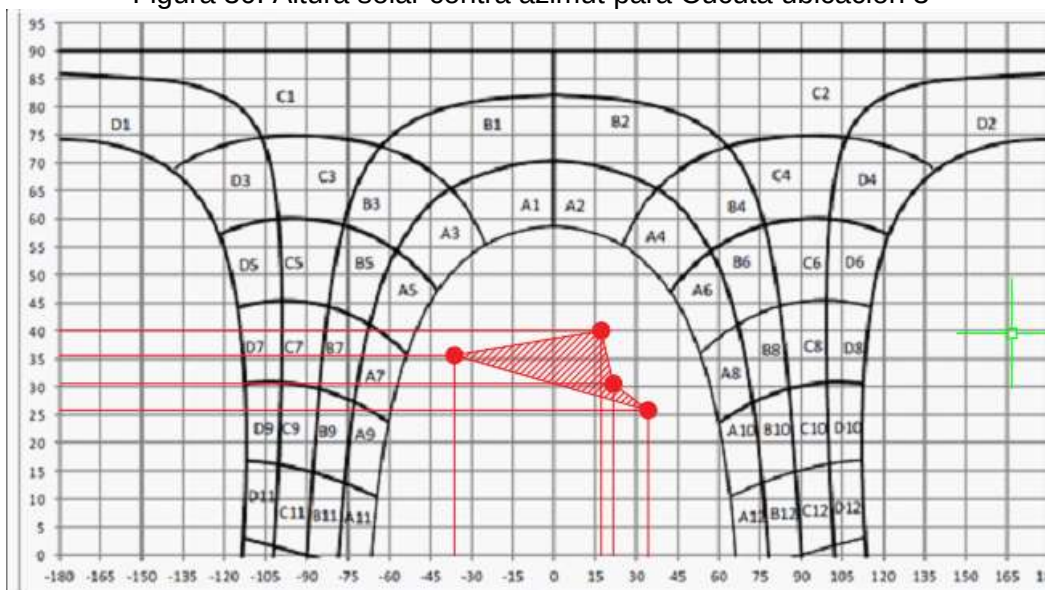
Esta zona no se ve afectada por las sombras reflejado en la Figura 29. Altura solar contra azimut para Cúcuta ubicación 2, por tal motivo no se obtienen pérdidas por sombras.

Tabla 13. Coordenadas ubicación 3.

Coordenadas P3					
Punto	X	Y	Z	α	β
1	7,5	7,4	5	39,4°	25,4°
2	3	7,9	5	20,4°	30,61°
3	2,5	7,9	7	17,6°	40,19°
4	5,5	7,9	7	-39,4°	36,02°

Fuente: Autores

Figura 30. Altura solar contra azimuth para Cúcuta ubicación 3



Fuente: (Nieto, 2013)

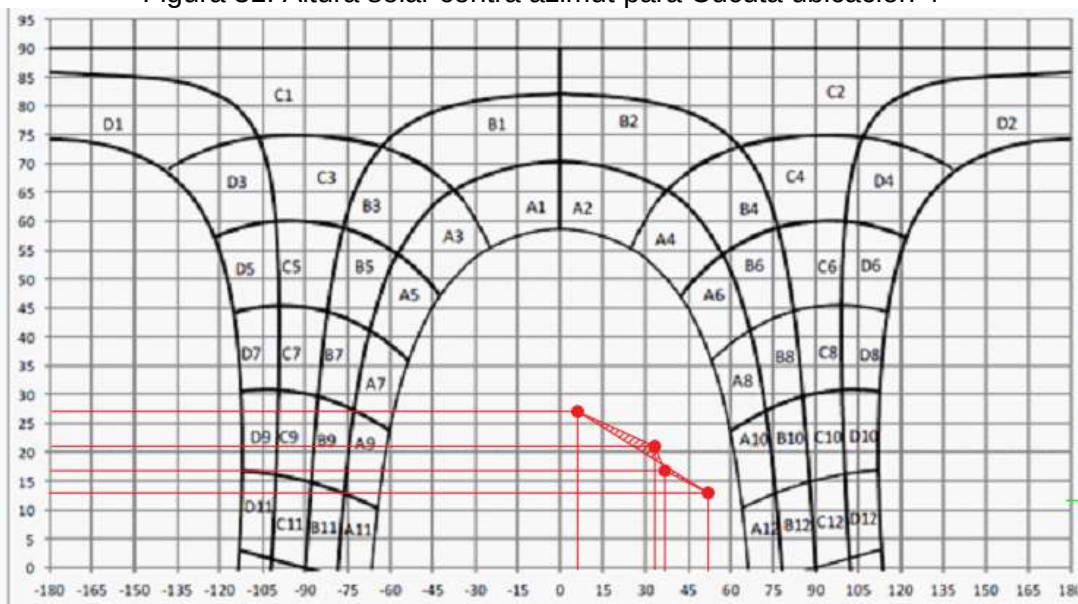
Esta zona no se ve afectada por las sombras en la Figura 30, por tal motivo no se obtienen pérdidas por sombras.

Tabla 14. Coordenadas ubicación 4.

Coordenadas P4					
Punto	X	Y	Z	α	β
1	15	12,3	5	50,64°	14,45°
2	9,5	12,3	5	37,7°	17,83°
3	8,5	13,3	7	32,58°	23,91°
4	2	13,3	7	8,65°	27,5°

Fuente: Autores

Figura 31. Altura solar contra azimut para Cúcuta ubicación 4



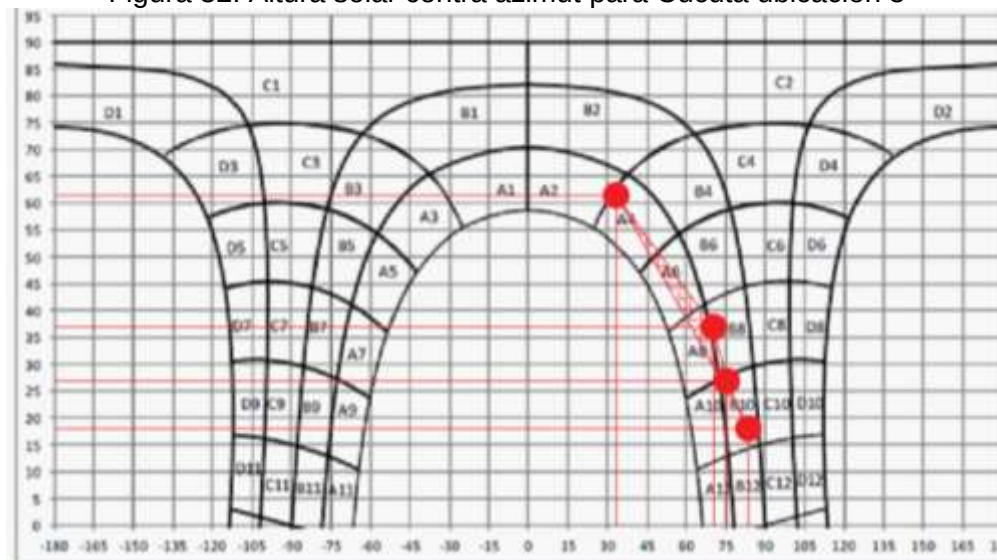
Esta zona no se ve afectada por las sombras como se muestra en la Figura 31, por tal motivo no se obtienen pérdidas por sombras.

Tabla 15. Coordenadas ubicación 5.

Coordenadas P5					
Punto	X	Y	Z	α	β
1	15	2,5	5	80,53°	18,2
2	9,5	2,5	5	75,25°	26,97
3	8,5	3	7	70,55°	37,83°
4	2	3	7	33,69°	62,74°

Fuente: Autores

Figura 32. Altura solar contra azimut para Cúcuta ubicación 5



Fuente: (Nieto, 2013)

En la Figura 32 se ve que las bandas afectadas son: A4, A6, A8, B8, B10. Para las pérdidas se toma el valor del coeficiente de la Tabla 17, la C.2($\beta=35$; $\alpha=-30$). Las pérdidas totales están en la Tabla 16.

Tabla 16. Pérdidas.

Porciones	%Ocupada	Coeficiente	%Pérdida
A4	0,25	0,37	0,0925
A6	0,25	0,00	0
A8	0,5	0,00	0
B8	0,25	0,00	0
B10	0	0,00	0
		TOTAL	0,0925

Fuente: Autores

$$\% \text{pérdidas por sombras} = 3.73 + 0.0925$$

$$\% \text{pérdidas por sombras} = 3.8225\%$$

Tabla 17. Tabla de referencia.

	$\beta=60^\circ \alpha=-90^\circ$			
	A	B	D	E
13	0	0	0,14	0,35
11	1,98	0,9	0,83	1,93
9	2,92	1,34	1,25	2,75
7	3,61	1,67	1,55	3,34
5	3,85	1,79	1,67	3,54
3	3,56	1,67	1,56	3,29
1	2,76	1,3	1,22	2,59
2	1,61	0,77	0,74	1,6
4	0,37	0,2	0,2	0,49
6	0	0	0	0
8	0	0	0	0
10	0	0	0	0
12	0	0	0	0
14	0	0	0	0

Fuente: (Nieto, 2013)

De acuerdo a los resultados se toma un porcentaje de pérdidas del 3.8225% por sombra y se encuentra dentro del rango que muestra la tabla 4.

- *Factor global de pérdidas (k)*

Una vez obtenidos todos los porcentajes de pérdidas, se utiliza la ecuación 3 para hallar las pérdidas globales.

$$K = \left(1 - \frac{3,38225\%}{100}\right) * \left(1 - \frac{46,53\%}{100}\right) * \left(1 - \frac{8\%}{100}\right) * \left(1 - \frac{2\%}{100}\right) * \left(1 - \frac{0,5\%}{100}\right) * \left(1 - \frac{7\%}{100}\right) \\ * \left(1 - \frac{1,5\%}{100}\right) * \left(1 - \frac{5\%}{100}\right) * \left(1 - \frac{4\%}{100}\right) * \left(1 - \frac{5\%}{100}\right) * \left(1 - \frac{5\%}{100}\right)$$

$$K = 0,35122592\%$$

$$E_{requ} = (\text{consumo Kw/h}) * k \\ E_{requ} = (\text{consumo Kw/h}) + E_{requ} \\ E_{requ} = (14,449) * 0,35122592 = 5,0749Kw \\ E_{requ} = 14,449 + 5,0749 \\ E_{requ} = 19,52386 Kw/h$$

4.3. Cálculo de paneles.

Al tener determinada toda la demanda energética que se requiere se puede proceder al cálculo de la cantidad de paneles solares que se instalarán. Se hizo un estimado con un sistema de paneles flexibles y otro con paneles rígidos.

4.3.1. Cálculo de paneles flexibles.

Para realizar el cálculo de los paneles flexibles se necesita primero conocer la cantidad de Energía producida por cada panel (Ver ecuación 1), teniendo en cuenta que:

La corriente máxima del panel es de 5,29 A, el voltaje máximo del panel es de 22,5 V la eficiencia del panel de 21% como se especifica en el Anexo 8.1 y la hora solar pico que para la zona especificada teniendo en cuenta la radiación solar disponible se mantiene entre 4 y 4.5 HSP, que se ve en el Anexo 8.4.

$$E_{panel} = 5,29 \text{ A} * 22,5 \text{ V} * 4 * 0,21 [\text{Whd}]$$

$$E_{panel} = 100[\text{Whd}]$$

Este valor se divide por 12 siendo la cantidad de horas de luz solar disponibles.

$$E_{panel} = 8,333[\text{Wh}]$$

El cálculo de paneles aproximados que se pueden ubicar en el área disponible del techo se halla dividiendo el área del techo (ver ecuación 1) entre el área del panel (Anexo 8.1)

$$N. \text{ paneles} = \frac{\text{area del techo}}{\text{area panel}}$$

Ecuación 10. Número de paneles.

$$N. \text{ paneles} = \frac{157,35}{1,219 * 0,549} = 235,12 = 235$$

Con la cantidad de paneles disponibles se puede calcular la cantidad de energía generada por los paneles.

$$E_{generada \text{ total}} = E_{generada} * N. \text{ paneles}$$

$$E_{generada \text{ total}} = 5,29 \text{ A} * 22,5 \text{ V} * 4 * 0,21 * 235 [\text{Whd}]$$

$$E_{generada \text{ total}} = 23495 [\text{Whd}]$$

Para determinar la cantidad de paneles que se necesitan para suplir la potencia hora requerida se halla dividiendo la energía requerida sobre la energía de un panel.

$$N. \text{ paneles} = \frac{E_{requ}}{E_{panel}}$$

Ecuación 11. Número de paneles necesarios.

$$N. \text{ paneles} = \frac{19,52386}{0,08} = 244,048 = 245$$

Se requieren 245 paneles para suplir la demanda energética del invernadero, para los cuales se cuenta con el área suficiente. Ahora, para conocer cuántos paneles pueden colocarse tanto en el ancho y largo del techo, se realizan las siguientes operaciones.

$$N. \text{ panel ancho} = \frac{\text{ancho techo}}{\text{ancho panel}}$$

Ecuación 12. Número de paneles a lo ancho del techo

$$N. \text{ panel ancho} = \frac{10,49m}{0,549m} = 19,11 \approx 19$$

$$N. \text{ panel largo} = \frac{\text{largo techo}}{\text{largo panel}}$$

Ecuación 13. Número de paneles a lo largo del techo

$$N. \text{ paneles largo} = \frac{15m}{1,219m} = 12,30 \approx 13$$

Finalmente, para conocer la cantidad de paneles máximos que se pueden conectar en serie y paralelo, se necesitan el voltaje y la corriente máxima del inversor. El cual, en este caso, se eligió el inversor Sunny TriPower Core 1, el modelo de la Figura 33, que tiene una potencia máxima de 50 KW.

Figura 33. Inversor



Fuente: (Solar, 2008)

El voltaje máximo del inversor es de 800 V, un voltaje mínimo de 150 V y la corriente de 30 A (ver anexo 8.3).

$$N. \text{ máx paneles en serie} = \frac{V_{\text{inv-max}}}{V_{\text{panel}}}$$

Ecuación 14. Número máximo de paneles en serie

$$N. \text{máx paneles en serie} = \frac{800V}{22,5V} = 35,55 \approx 36$$

$$N. \text{mín paneles en serie} = \frac{V_{\text{inv-min}}}{V_{\text{panel}}} + 1$$

Ecuación 15. Número mínimo de paneles en serie

$$N. \text{mín paneles en serie} = \frac{150V}{22,5V} + 1 = 7,66 \approx 8$$

$$N. \text{ramas en paralelo} = \frac{I_{\text{inv-max}}}{I_{\text{panel}}}$$

Ecuación 16. Número de ramas en paralelo

$$N. \text{ramas en paralelo} = \frac{30A}{5,29A} = 5,67 \approx 5$$

Teniendo en cuenta la cantidad de paneles que pueden colocarse en el área del techo, se realiza una conexión mixta de manera que se genere la potencia requerida. Para calcular dicha potencia se realiza la siguiente ecuación, colocando 19 paneles en serie con 5 ramales en paralelo y a este resultado se le multiplica por 6, que son las 6 entradas del inversor y se halla la energía total del sistema.

$$I_{\text{gen}} = I_{\text{panel}} * N. \text{ramas en paralelo}$$

$$I_{\text{gen}} = 5,29 * 5 = 26,45 A$$

$$V_{\text{gen}} = V_{\text{panel}} * N. \text{paneles en el ramal}$$

$$V_{\text{gen}} = 22,5 * 19 = 427,5 V$$

$$E_{\text{gensftv}} = I_{\text{gen}} * V_{\text{gen}} * HSP * 0,21$$

$$E_{\text{gensftv}} = 26,45 * 427,5 * 4 * 0,21 * 5 = 47490,97 Wh = 47,49 KWh$$

Como se observa en el resultado, la Energía generada por los paneles instalados en el área del techo, no es suficiente para suplir la demanda total energética del invernadero. Sin embargo, sí alcanza para cubrir la demanda máxima durante el día.

4.3.2. Cálculo de paneles rígidos.

Se halla la energía producida por un solo panel, teniendo en cuenta que la corriente máxima del panel es de 6,3 A, el voltaje máximo es de 21,7 V y la eficiencia del panel es de 11%.

$$E_{\text{panel}} = 6,3 A * 21,7 V * 4 * 0,11 [Whd]$$

$$E_{\text{panel}} = 60 [Whd]$$

$$E_{\text{panel}} = 5,012 Wh$$

Ahora se calcula la cantidad de paneles que se pueden ubicar en el techo. (Ecuación 3)

$$N. \text{paneles} = \frac{157,35}{1,46 * 0,66} = 162,57 = 162$$

$$E_{\text{generada total}} = 6,3 A * 21,7 V * 4 * 0,11 * 163 [Whd]$$

$$E_{\text{generada total}} = 9804,84 [Whd]$$

Se necesita calcular el número de paneles que se necesitan para la demanda energética por hora.

$$N. \text{ paneles} = \frac{19,52386}{0,05} = 390,4772 = 391$$

Se necesitan 391 paneles, mientras que en el área disponible solo se podrían ubicar 162 paneles. Sin embargo, se calculó la cantidad de paneles que pueden ubicarse tanto al ancho como al largo del techo y también la máxima cantidad de paneles en serie y los ramales en paralelo.

$$N. \text{ panel ancho} = \frac{10,49m}{0,66m} = 15,82 \approx 15$$

$$N. \text{ paneles largo} = \frac{15m}{1,46m} = 10,2 \approx 10$$

$$N. \text{ máx paneles en serie} = \frac{800V}{21,7V} = 36,86 \approx 36$$

$$N. \text{ mín paneles en serie} = \frac{150V}{21,7V} + 1 = 7,91 \approx 8$$

$$N. \text{ ramas en paralelo} = \frac{30A}{6,3A} = 4,76 \approx 4$$

Al igual que en los paneles flexibles, se realiza una conexión mixta de manera que se genere la máxima potencia dada por los paneles. Para calcular dicha potencia se colocan 16 paneles en serie con 4 ramales en paralelo y a este resultado se le multiplica por 6, que son las 6 entradas del inversor y se halla la energía total del sistema.

$$\begin{aligned} I_{gen} &= 6,3 * 4 = 25,2 A \\ V_{gen} &= 21,7 * 16 = 347,2 V \\ E_{gensftv} &= 25,2 * 347,2 * 4 * 0,11 * 5 = 19248,768 Wh = 19,768 KWh \end{aligned}$$

4.4. Comparación costo-instalación general entre los tipos de paneles

La demanda máxima necesaria durante el día es suplida por 245 paneles flexibles, de los cuales 235 se pueden colocar en el techo. Por tanto:

$$\begin{aligned} \text{Número de paneles sobrantes} &= 245 - 235 \\ \text{Número de paneles sobrantes} &= 10 \text{ paneles solares} \end{aligned}$$

Estos paneles sería necesario ubicarlos en un área extra, para ello se necesita el área total de los paneles que es $0,669231 m^2$:

$$\begin{aligned}\text{Área necesaria} &= 0,669231 * 10 \\ \text{Área necesaria} &= 6,69231 \cong 7 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Comercialmente, los paneles solares flexibles se encuentran a un precio de \$600.000 y el metro cuadrado de terreno costaría \$400.000 pesos.

$$\begin{aligned}\text{Costo total de paneles} &= 245 * 669.000 \\ \text{Costo total de paneles} &= 163'905.000 \\ \text{Costo área necesaria} &= 7 * 400.000 \\ \text{Costo área necesaria} &= 2'800.000\end{aligned}$$

$$\text{Costo total de instalación de paneles flexibles} = 2'800.000 + 163'905.000 = 166'705.000$$

Los paneles solares rígidos no pueden ser colocados en el área del techo debido a la forma de este, por tanto, se debe hacer el cálculo para colocar todos los paneles en el suelo, que cada uno tiene un área de $0,9636 \text{ m}^2$:

$$\begin{aligned}\text{Área necesaria} &= 0,9636 * 391 \\ \text{Área necesaria} &= 376,7676 \cong 377 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Para los paneles solares flexibles se encuentra un precio de \$402.000 y en este caso los 377 metros cuadrados tendrían un costo de \$90'000.000, de manera que:

$$\begin{aligned}\text{Costo total de paneles} &= 391 * 402.000 \\ \text{Costo total de paneles} &= 157'182.000\end{aligned}$$

$$\text{Costo total de instalación de paneles rígidos} = 90'000.000 + 157'182.000 = 247'182.000$$

El precio de ambos paneles fue tomado como referencia de una marca reconocida estadounidense llamada RENOGY, de manera que pudiera realizarse la comparación.

Aunque el precio de los paneles flexibles es más elevado, en cuanto a costo total se ve más rentable por cuestiones de área, pues instalar los paneles rígidos implica una alta inversión de espacio, sin tener en cuenta el costo de la mano de obra.

4.5. Pruebas realizadas.

Figura 34. Pruebas paneles



Fuente. Autores

Se realizaron pruebas simultáneas entre el panel flexible y el panel rígido con idénticas condiciones, es decir, ubicación geográfica, clima y temperatura iguales. Esto con el fin de identificar la viabilidad y eficiencia de cada uno de ellos. Como se observa en la Figura 34, para las pruebas del panel flexible se ubicó en el techo del prototipo de invernadero, mientras que para el rígido se usó un soporte para inclinarlo con el ángulo necesario.

Estas pruebas se realizaron en dos etapas, en la primera etapa se registraron los datos del panel flexible con una curvatura de 69° y en la segunda se registran los datos del panel flexible con una curvatura de 43° . En estas dos etapas, el panel rígido se mantuvo con un ángulo de 8° con dirección al sur. Esto se realizó con el fin de analizar la eficiencia del panel flexible en dos diferentes posiciones.

En las siguientes tablas se muestran las medidas tomadas cada 15 minutos, registrando valores de voltaje, corriente y radiación solar de cada uno, como adicional, se midió el tiempo de carga de las baterías en algunas de las pruebas. Como se expresó en la parte 3 de este proyecto, los equipos utilizados tenían especificaciones similares, de manera que los resultados dados pueden ser comparados eficientemente.

Cabe resaltar que debido a que las pruebas con el panel flexible se realizaron con dos ángulos diferentes y a la similitud de características entre ellos, se asumió el panel flexible y el semiflexible como uno solo, por eso no se hace mención a este último.

Tanto en las tablas como las gráficas se observa que al panel flexible se le tomaron 9 medidas diferentes en cada prueba, esto se realizó por que la irradiancia que llegaba al panel solar no era equitativa debido a su disposición, por tanto, se dividió del modo mostrado en la Figura 35.

Figura 35. División del panel flexible



Fuente: Autores

Para las pruebas se dispuso del sistema de la Figura 36.

Figura 36. Diagrama de bloques.

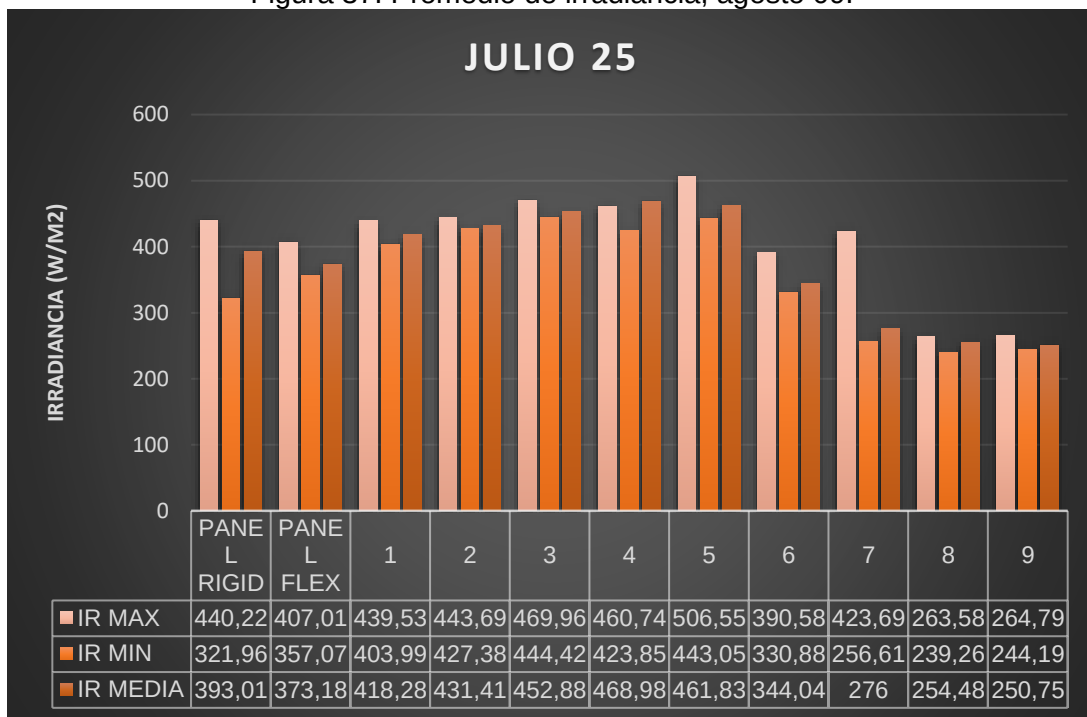


Fuente: Autor

4.5.1. Tablas de radiación con el panel a un ángulo de 69°

En las siguientes figuras se ve un promedio de irradiancia de cada día, dado que al panel flexible se le tomaron nueve datos diferentes de irradiancia, se promedia para poder comparar su eficiencia.

Figura 37. Promedio de irradiancia, agosto 09.



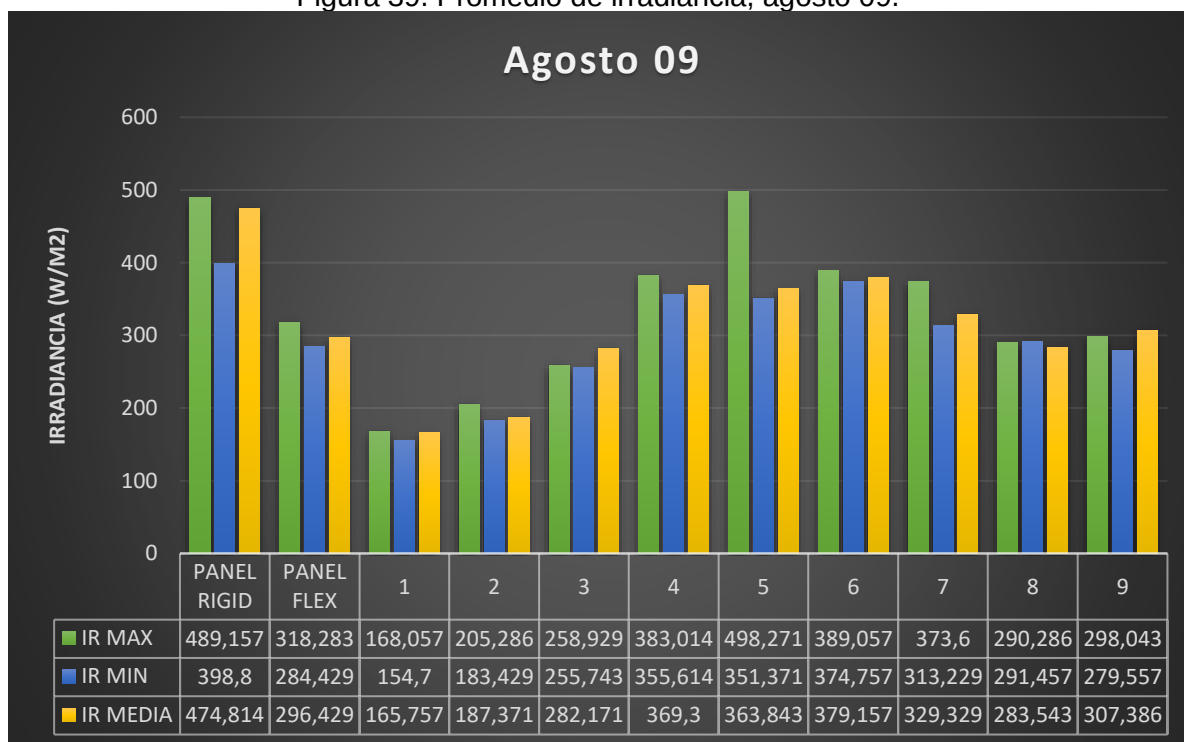
Fuente: Autores

Figura 38. Promedio de irradiancia, agosto 01.



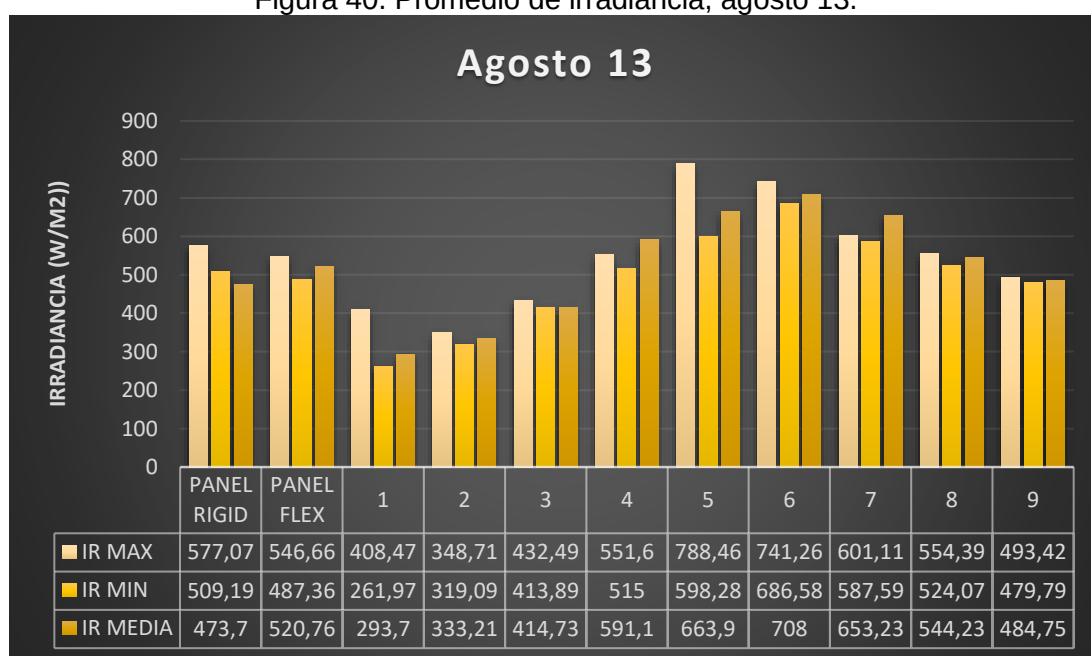
Fuente: Autores

Figura 39. Promedio de irradiancia, agosto 09.



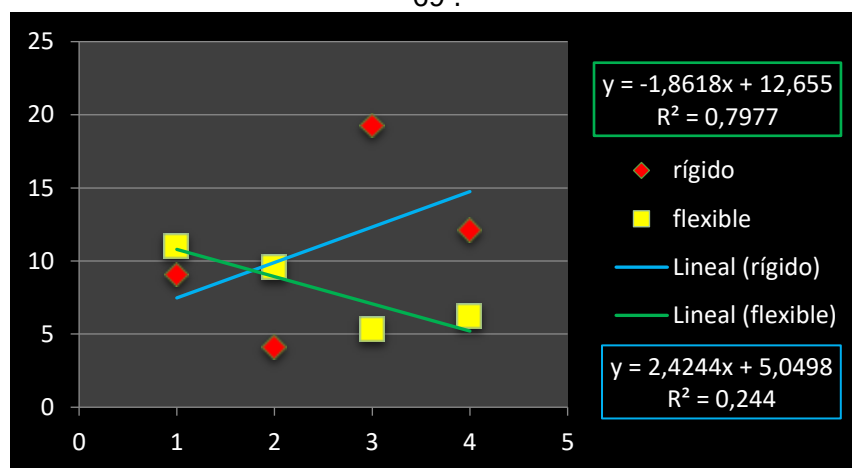
Fuente: Autores

Figura 40. Promedio de irradiancia, agosto 13.



Fuente: Autores

Figura 41. Comparación de la regresión lineal entre el panel rígido y el flexible, ángulo de 69°.

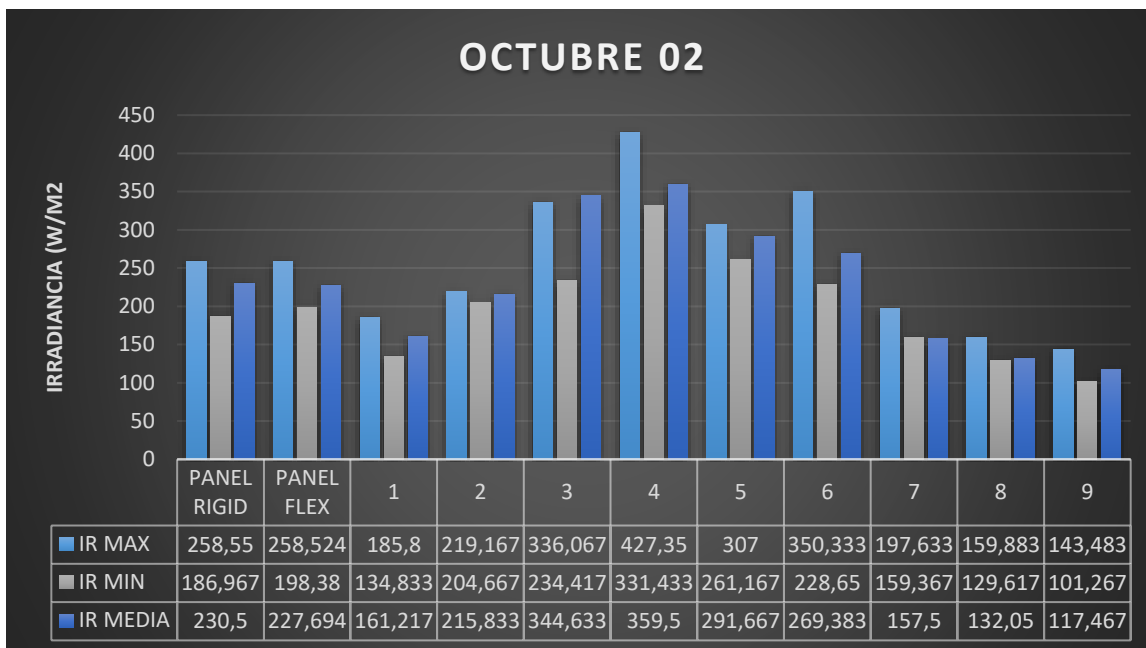


Fuente: Autores

Con los valores de corriente y voltaje de cada panel, se realizó una Figura 41, de potencia tanto del panel flexible como del panel rígido, el eje x representa la cantidad de días que se tomaron pruebas con esa disposición y el eje y es la potencia generada. Como dejan ver las Figura 37, Figura 38, Figura 39 y Figura 40, además de las Tabla 24, Tabla 25, Tabla 26, Tabla 27, Tabla 28, Tabla 29, Tabla 30, Tabla 31, Tabla 32, Tabla 33, Tabla 34, Tabla 35, Tabla 36, Tabla 37, Tabla 38, Tabla 39, Tabla 40, Tabla 46, Tabla 47, Tabla 48, Tabla 49 y Tabla 50 a medida que aumentaba la temperatura del panel, la corriente del panel rígido aumentaba mientras que la del flexible disminuía, por ende, resulto ser más eficiente el rígido por su potencia.

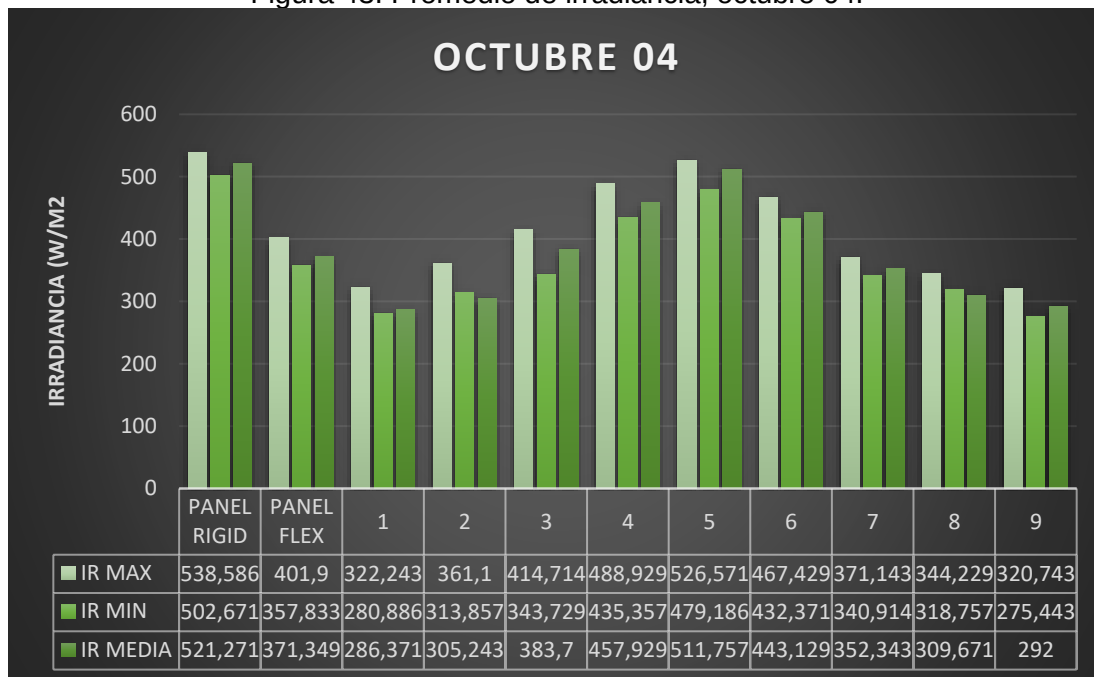
4.5.2. Tablas de radiación con el panel a un ángulo de 43°

Figura 42. Promedio de irradiancia, octubre 02.



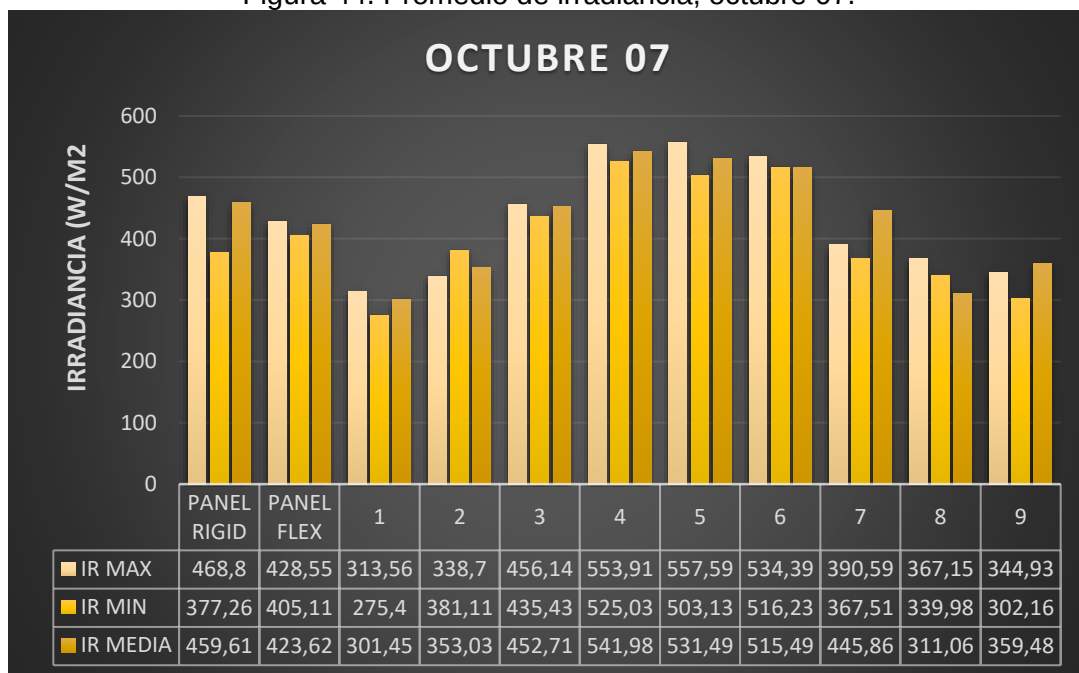
Fuente: Autores

Figura 43. Promedio de irradiancia, octubre 04.



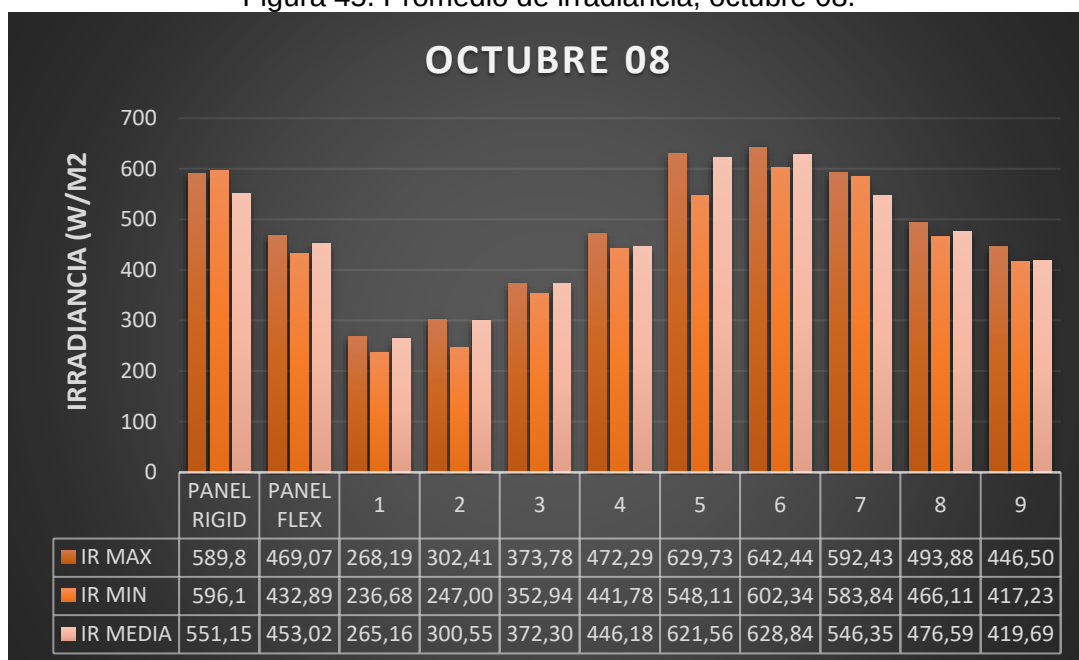
Fuente: Autores

Figura 44. Promedio de irradiancia, octubre 07.



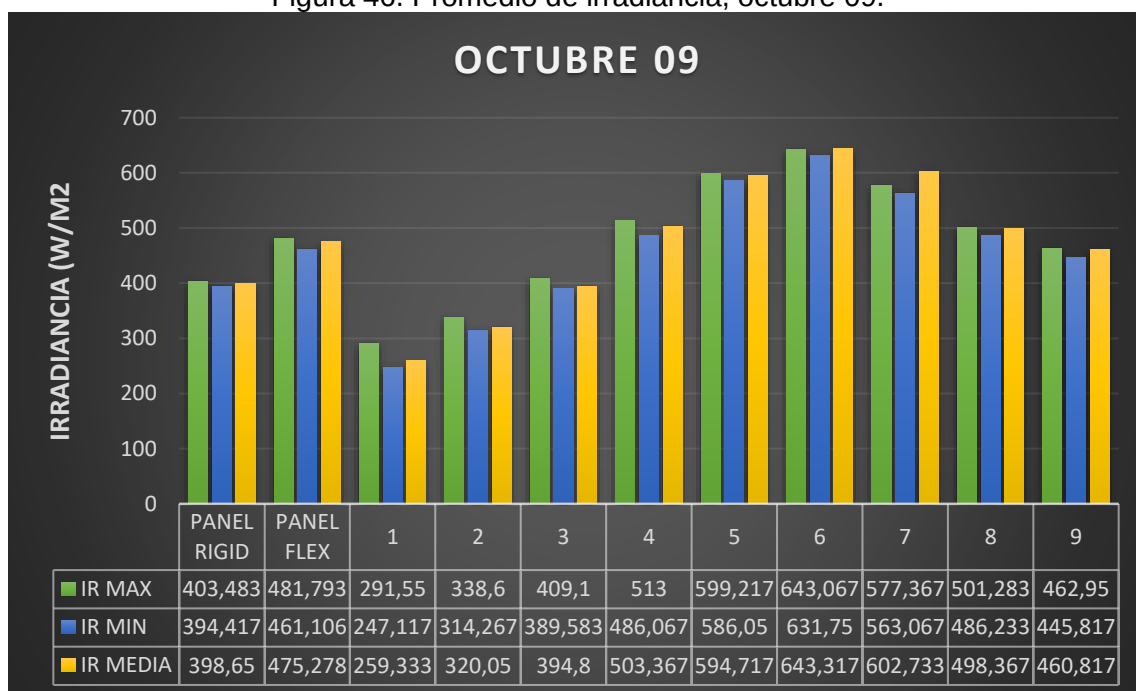
Fuente: Autores

Figura 45. Promedio de irradiancia, octubre 08.



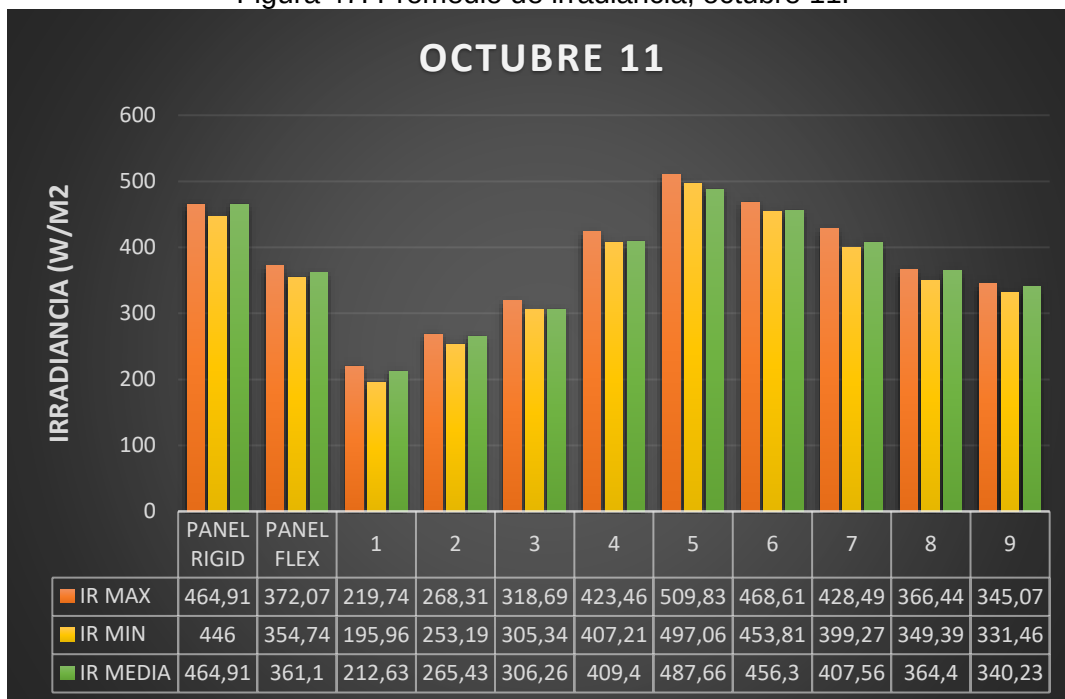
Fuente: Autores

Figura 46. Promedio de irradiancia, octubre 09.



Fuente: Autores

Figura 47. Promedio de irradiancia, octubre 11.

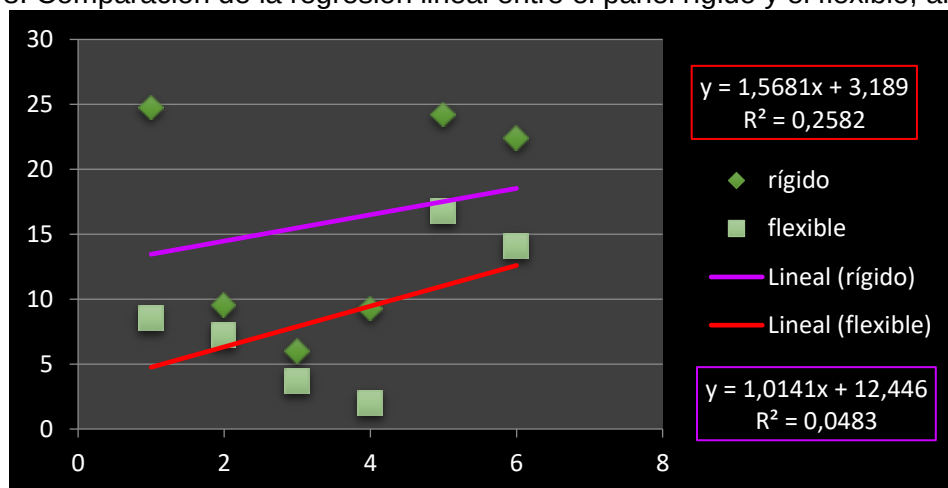


Fuente: Autores

Como se observa en las tablas 18 a la 61, la temperatura ambiente a la que estuvieron expuestos los paneles durante las pruebas oscilaron entre 25 y 32 grados centígrados. Debido a que las condiciones climáticas no eran elevadas ni drásticas no afectaron las medidas establecidas. También, las pruebas se realizaron en horas de la mañana, regularmente de 8:00 am hasta 2:00 pm por cuestiones atmosféricas, ya que en horas de la tarde comenzaba a llover. Cabe resaltar, que en algunas tablas se puede apreciar una fluctuación en la irradiación debido a la presencia de nubes dispersas.

En las figuras de la 37 a la 47 muestran las comparaciones entre la irradiancia captada por el panel rígido y el panel flexible conseguidas en diferentes días y promediando los datos derivados de las diferentes horas en las que se realizaron las pruebas. Los resultados muestran que los paneles rígidos absorben una irradiancia un poco mayor a la de los paneles flexibles, porque es constante en toda su área. Por otro lado, el panel flexible no recibe la misma cantidad de rayos solares en sus diferentes secciones.

Figura 48. Comparación de la regresión lineal entre el panel rígido y el flexible, ángulo 43°.



Fuente: Autores

Aunque se cambió el panel flexible de un ángulo de 69 a 43 grados, la potencia del rígido continuó estando por encima, de hecho, fue mucho mayor la diferencia entre ambas potencias.

4.5.3. Pruebas de baterías con el panel flexible a un ángulo de 69°

Tabla 18. Prueba tiempo de carga de las baterías, agosto 09.

Prueba tiempo de carga de las baterías 09/08/2019						
Tipo de panel	Porcentaje inicial	Hora de inicio	Hora de control	Porcentaje de control	Hora final	Porcentaje final
Panel rígido	5%	9:20 am	10:35 am	43%	11:15 am	100%
Panel flexible	7%	9:20 am	10:35 am	38%	11:25 am	100%

Fuente: Autores

Tabla 19. Prueba tiempo de carga de las baterías, agosto 13.

Prueba tiempo de carga de las baterías 13/08/2019						
Tipo de panel	Porcentaje inicial	Hora de inicio	Hora de control	Porcentaje de control	Hora final	Porcentaje final
Panel rígido	10%	9:10 am	10:35 am	60%	10:58 am	100%
Panel flexible	15%	9:10 am	10:35 am	55%	11:05 am	100%

Fuente: Autores

Tabla 20. Prueba tiempo de carga de las baterías, septiembre 27.

Prueba tiempo de carga de las baterías 27/09/2019						
Tipo de panel	Porcentaje inicial	Hora de inicio	Hora de control	Porcentaje de control	Hora final	Porcentaje final
Panel rígido	2%	8:56 am	9:36 am	40%	11:15 am	100%
Panel flexible	0%	8:56 am	9: 36 am	35%	11:30 am	100%

Fuente: Autores

4.5.4. Pruebas de baterías con el panel flexible a un ángulo de 43°

Tabla 21. Prueba tiempo carga de las baterías, octubre 09.

Prueba tiempo de carga de las baterías 09/10/2019						
Tipo de panel	Porcentaje inicial	Hora de inicio	Hora de control	Porcentaje de control	Hora final	Porcentaje final
Panel rígido	15%	9:10 am	10:30 am	62%	11:00 am	100%
Panel flexible	12%	9:10 am	10:30 am	50%	11:20 am	100%

Fuente: Autores

Tabla 22. Prueba tiempo carga de las baterías, octubre 11.

Prueba tiempo de carga de las baterías 11/10/2019						
Tipo de panel	Porcentaje inicial	Hora de inicio	Hora de control	Porcentaje de control	Hora final	Porcentaje final
Panel rígido	15%	9:00 am	9:55 am	43%	11:00 am	100%
Panel flexible	20%	9:00 am	9:55 am	45%	11:10 am	100%

Fuente: Autores

Tabla 23. Prueba tiempo carga de las baterías, octubre 17.

Prueba tiempo de carga de las baterías 17/10/2019						
Tipo de panel	Porcentaje inicial	Hora de inicio	Hora de control	Porcentaje de control	Hora final	Porcentaje final
Panel rígido	30%	9:20 am	10:28 am	58%	11:30 am	100%
Panel flexible	25%	9:20 am	10:28 am	63%	11:30 am	100%

Nota: Al realizar esta prueba el cielo se encontraba nublado.

Fuente: Autores

En las Tabla 18, Tabla 19, Tabla 20, Tabla 21, Tabla 22, y Tabla 23 se observa que el panel flexible tarda más tiempo que el panel rígido en cargar la batería, y aunque la diferencia no es muy grande, si queda comprobado que este último genera más potencia gracias a la uniformidad de irradiancia que capta.

Figura 49. Primera toma de medidas.



Figura 50. Cambio de ángulo panel flexible.



Figura 51. Último día de toma de medidas.



Figura 52. Montaje panel flexible sobre el invernadero.



ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

Las Figura 49, Figura 50, Figura 51y Figura 52 son evidencias de las pruebas realizadas a los paneles durante las semanas planeadas.

5. CONCLUSIONES

- Debido a que el material y características de los paneles flexibles y semiflexibles son muy parecidos, la eficiencia es similar por tal motivo solo se hace mención del panel flexible en el documento.
- La eficiencia de los paneles depende en gran medida del material de la celda con el que haya sido fabricado y de las condiciones en las que se encuentre la instalación. Gracias a la información recolectada se puede concluir que los paneles policristalinos son los más recomendables pues tiene una buena eficiencia y mantiene una baja temperatura, lo que permite que no se vea altamente afectada la potencia entregada. Mientras que en el caso del monocristalino es útil para lugares con baja radiación solar, pues produce más calor que los demás materiales.
- Al realizar los cálculos de energía generada por cada tipo de panel, se obtiene como resultado que el área es pequeña para la instalación total de todos los paneles flexibles, pues la energía demanda es considerablemente alta por lo que se requiere un espacio extra. Sin embargo, el área demandada por la instalación con paneles rígidos es mayor a la requerida por los paneles flexibles.
- Luego de realizarse continuas pruebas a los dos tipos de paneles simultáneamente, se observó que los paneles rígidos tienen una pequeña ventaja a la hora de captar la radiación solar con respecto al panel flexible.
- Las pruebas realizadas con el panel flexible fueron en dos etapas en las cuales se modificó el ángulo de este, para identificar que tanto se afectaba su eficiencia. No obstante, no se apreció una diferencia notable pues sus valores de corriente y voltaje fueron muy parecidos en las dos etapas de pruebas.
- Las pruebas de las baterías demostraron que la diferencia entre los dos tipos de paneles es mínima en cuanto al tiempo de carga de ellas, debido a que el contraste de tiempo fue un promedio de 10 minutos.
- El rendimiento de los paneles se podría ver afectado por la temperatura a la que están sometidos, ya que cuando se empezaban las pruebas en la mañana la corriente que entregaban los dos paneles era baja, pero a medida que los paneles estaban expuestos al sol, la corriente aumentaba hasta estabilizarse.

6. RECOMENDACIONES

- Para unos resultados exactos y confiables respecto a la demanda energética necesaria, es indispensable hallar o crear los diagramas de irradiación y diagrama de trayectoria solar, de manera que los cálculos por pérdidas de orientación, inclinación y sombras sean correctos.
- En caso de ser necesario más pruebas sobre la eficiencia de los paneles flexibles, hacerse pruebas con diferentes disposiciones y ángulos a los mencionados en este proyecto.
- Siempre que se realice la instalación de sistemas fotovoltaicos es indispensable tener procedimientos para: plan de vigilancia, que consiste en observar y verificar el correcto funcionamiento de los parámetros principales e incluir la limpieza de los paneles. Y un plan de mantenimiento preventivo. Esto siguiendo las directrices estipuladas por el código técnico de la edificación, sección HE 5 de España.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abraham, J. A. (2006). *Producción de hortalizas bajo invernadero*. Mexico: Fundación produce.
- Alejandro Zapata, Matilde Santos. (04 de 09 de 2015). Modelo y simulación de un sistema fotovoltaico portátil. Madrid, España.
- Castañeda, M. L. (2014). *Uso y acceso a las energías renovables en territorios rurales*. San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- CIESOL. (26 de 02 de 2016). Energía solar para invernaderos, un nuevo enfoque basado en la innovación en sistemas y redes energéticas. Almería, España.
- Clare, C. (2014). *Electricidad*. Bucaramanga .
- Código Técnico de la Edificación. (2006). Documento Básico de Ahorro de Energía. España.
- Deutschland, E. (s.f.). *TOTAL*. Obtenido de <https://www.total.com/en/germany>
- ELCACHO, J. (12 de 06 de 2017). Producir electricidad en el invernadero, una innovación renovable muy prometedora.
- FAO. (2018). *El futuro de la alimentación y la agricultura: Vías alternativas hacia el 2050*. Roma: FAO.
- Fernández, M. E. (03 de 2013). FONDO FINANCIERO DE PROYECTOS DE DESARROLLO . *fectos del cambio climático en la producción de cultivos por sectores*. Colombia: IDEAM.
- Flores. (2011). Invernaderos con paneles solares. *Flores y plantas*.
- Garrido, A. A. (2009). *La energía como elemento esencial de desarrollo*.
- Geographic, N. (2010). *Energía hidroeléctrica*.
- Ghazali M, A., & Abdul Rahman, A. (29 de 05 de 2012). The Performance of Three Different Solar Panels for Solar Electricity Applying Solar Tracking Device under the Malaysian Climate Condition. Pulau Pinang, Malasia.
- Gomez, A. R. (2019). Unidad 2-Radiación solar. En *Energía solar fotovoltaica. Autoconsumo. Energía solar térmica* (pág. 304). Madrid: España.
- Gomez, A. R. (2019). Unidad 4-Energía solar fotovoltaica:instalaciones fotovoltaicas aisladas y conectadas a la red. En *Energía solar fotovoltaica. Autoconsumo. Energía solar térmica* (1 ed., pág. 304). Madrid, España: Centro de Estudios Financieros.
- González, M. I. (2004). *Poducción de hortalizas en invernadero*. Chillán, Chile: proyecto CADEPA.
- Guzmán, L. (18 de 02 de 2019). Celdas flexibles y coloreadas podrían masificar definitivamente la energía solar. Chile.
- Halbe, A., Novak, J., Sharpe, K., Housser, G., & Haldar, P. (2014). Evaluation of mounting mechanisms for the installation of lightweight PV systems on commercial rooftops. Albany, Nueva York, USA.
- Loik, M. (2018). Nueva tecnología solar que permite a los invernaderos generar energía y cultivar alimentos. *EcoInventos*.
- Marcela Bonilla, H. H. (2017). *Factores de emisión del sistema interconectado nacional colombia-SIN*. Bogotá: UPME.
- Mario Plagiario, R. C. (2008). *Flexible solar cells vol*. ChemSusChem.

- Martínez Patiño, J., Hernández Figueroa, M., Lozano García, J., Ireta Moreno, F., & Rubio Maya, C. (13 de 03 de 2013). Uso de la refracción para el incremento de la eficiencia. Cuernavaca Morelos, México.
- MSC, G. (27 de 01 de 2017). *Blog grupo MSC*. Obtenido de <https://grupomsc.com/blog/invernadero/6-ventajas-del-cultivo-invernadero>
- Nieto, L. F. (11 de 2013). Desarrollo de herramientas para el dimensionamiento y simulación de sistemas fotovoltaicos en Colombia. Colombia.
- Ray, K. L. (2010). *Photovoltaic Cell efficiency at Elevated Temperatures*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- Renesas Electronics. (2017). *Renesas*. Obtenido de <https://jobs.renesas.com>
- Renogy. (2019). *Renogy power*. Obtenido de <https://www.renogy.com/100-watt-12-volt-flexible-monocrystalline-solar-panel/>
- renovables, C. (2015). *Click renovables*. Obtenido de <http://www.clickrenovables.com/blog/como-calcular-una-instalacion-solar-fotovoltaica-en-5-pasos/>
- Ruiz, J. P. (2013). ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO PRODUCIDA DURANTE EL AÑO 2013. Bogotá, Colombia.
- Rural, ABC. (2014). Importancia del riego en agricultura. ABC.
- Siabato, F. P. (11 de 10 de 2004). Energías renovables y desarrollo sostenible en zonas rurales de Colombia. Bogotá, Colombia: Universidad Javeriana.
- Solar, E. (2008). *Exel Solar*. Obtenido de <https://www.exelsolar.com>
- Solarcentury. (2016). Colombia se posiciona como uno de los países más atractivos para la inversión en energías renovables. *Mundo eléctrico*, 46-47.
- Subdirección de Planeación Energética. (2003). *Plan Energético Nacional*. Unidad de Planeación Minero Energética.
- Svarc, J. (30 de 03 de 2019). *Clean Energy Reviews*. Obtenido de <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/most-efficient-solar-panels>
- Waqarullah Kazim, T. U. (2017). Efficiency analysis of Polycrystalline PV panels after ten years of exposure in UAE conditions. Ras Al Khainah, UAE.
- Wim J.C. Melis, S. K. (16 de 05 de 2014). Increasing Solar Panel Efficiency in a Sustainable Manner. Chatam Maritime , United Kingdom.
- XM S.A. E.S.P. (2016). Masificación del uso de energías renovables, un compromiso de todos. *Mundo eléctrico*, 18-19.
- Yili Eliana Ortiz, Jaime Benítez, Jonathan Benítez. (08 de 03 de 2019). Implementación de sistema de energía para alimentar un invernadero prototipo para el cultivo de Solanum phureja. Bucaramanga, Santander, Colombia.
- Zarruk, C. A. (2017). El futuro de las FNCER en Colombia. *Mundo Eléctrico*, 12-13.

8. ANEXOS

8.1. Tablas recolección de datos

8.1.1. *Tablas de radiación con el panel a un ángulo de 69°*

Tabla 24. Datos recolectados julio 25, de 8-9 am.

	FECHA:	25/07/19
	HORA:	8:46 am
	TEMPERATURA:	27°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	20,5
	CORRIENTE:	0,5
1)	R MAX	420
	R MIN	37,4
	R MEDIA	418
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,20
	CORRIENTE:	0,56
1)	RMAX	758
	RMIN	749
	RMEDIA	750
2)	RMAX	800
	RMIN	798
	RMEDIA	805
3)	RMAX	791
	RMIN	788
	RMEDIA	790
4)	RMAX	776
	RMIN	757
	RMEDIA	761
5)	RMAX	568
	RMIN	561
	RMEDIA	558
6)	RMAX	376,5
	RMIN	355,2
	RMEDIA	380,7
7)	RMAX	115
	RMIN	92
	RMEDIA	102,3
8)	RMAX	100
	RMIN	93,2
	RMEDIA	96,4
9)	RMAX	116,3
	RMIN	112,2
	RMEDIA	114,3

	FECHA:	25/07/19
	HORA:	9:08 am
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	22,2
	CORRIENTE:	0,54
1)	R MAX	481,9
	R MIN	415,9
	R MEDIA	476,4
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	20,2
	CORRIENTE:	0,58
1)	RMAX	778,6
	RMIN	727,2
	RMEDIA	790,6
2)	RMAX	794
	RMIN	784,2
	RMEDIA	786,4
3)	RMAX	809,7
	RMIN	802,6
	RMEDIA	805,4
4)	RMAX	813,6
	RMIN	800,3
	RMEDIA	810,7
5)	RMAX	685,2
	RMIN	669,6
	RMEDIA	700,1
6)	RMAX	349,5
	RMIN	303,4
	RMEDIA	333,8
7)	RMAX	101,3
	RMIN	94,4
	RMEDIA	106,9
8)	RMAX	99,2
	RMIN	92,7
	RMEDIA	99,3
9)	RMAX	117,6
	RMIN	109,4
	RMEDIA	114,2

Fuente: Autores

Tabla 25. Datos recolectados julio 25, de 9-10 am.

	FECHA:	25/07/19
	HORA:	9:28 am
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE:	19,4
	CORRIENTE:	0,59
1)	R MAX	548,7
	R MIN	528
	R MEDIA	530,2
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE :	13
	CORRIENTE:	0,62
1)	RMAX	740
	RMIN	721,1
	RMEDIA	738,3
2)	RMAX	800,6
	RMIN	787
	RMEDIA	796
3)	RMAX	838
	RMIN	833,9
	RMEDIA	840,2
4)	RMAX	827,4
	RMIN	814
	RMEDIA	812,2
5)	RMAX	686
	RMIN	642
	RMEDIA	774
6)	RMAX	425,5
	RMIN	394,4
	RMEDIA	404,2
7)	RMAX	153,9
	RMIN	139,5
	RMEDIA	152
8)	RMAX	105,9
	RMIN	99,8
	RMEDIA	99,1
9)	RMAX	100,1
	RMIN	98,6
	RMEDIA	102,9

	FECHA:	25/07/19
	HORA:	9:43
	TEMPERATURA:	31°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE:	19,3
	CORRIENTE:	0,58
1)	R MAX	539,7
	R MIN	427,2
	R MEDIA	533,6
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE :	19,8
	CORRIENTE:	0,66
1)	RMAX	718,6
	RMIN	696,7
	RMEDIA	708,2
2)	RMAX	770,4
	RMIN	751,6
	RMEDIA	758,8
3)	RMAX	792,3
	RMIN	780,2
	RMEDIA	776,1
4)	RMAX	816,1
	RMIN	811,9
	RMEDIA	818,2
5)	RMAX	761,9
	RMIN	743,9
	RMEDIA	760,6
6)	RMAX	529,7
	RMIN	484,2
	RMEDIA	550,4
7)	RMAX	201,7
	RMIN	75
	RMEDIA	78,2
8)	RMAX	104,4
	RMIN	100,7
	RMEDIA	110,6
9)	RMAX	127,2
	RMIN	121,1
	RMEDIA	128,1

Fuente: Autores

Tabla 26. Datos recolectados julio 25, de 10-10:15 am.

	FECHA:	25/07/19
	HORA:	10:00
	TEMPERATURA:	30°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE:	19
	CORRIENTE:	0,6
1)	R MAX	628,2
	R MIN	578,1
	R MEDIA	597,9
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE :	15,17
	CORRIENTE:	0,74
1)	RMAX	775,6
	RMIN	730,1
	RMEDIA	775,2
2)	RMAX	821,8
	RMIN	804
	RMEDIA	802
3)	RMAX	841
	RMIN	828
	RMEDIA	834,6
4)	RMAX	859,6
	RMIN	853,5
	RMEDIA	857,8
5)	RMAX	806,7
	RMIN	781,9
	RMEDIA	792,5
6)	RMAX	531,4
	RMIN	484,2
	RMEDIA	502,1
7)	RMAX	309,7
	RMIN	394,2
	RMEDIA	290,3
8)	RMAX	158,9
	RMIN	150,2
	RMEDIA	152,9
9)	RMAX	140,4
	RMIN	132,3
	RMEDIA	140

	FECHA:	25/07/19
	HORA:	10:15
	TEMPERATURA:	33°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE:	18,9
	CORRIENTE:	0,65
1)	R MAX	709
	R MIN	682,9
	R MEDIA	700,8
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE :	13,44
	CORRIENTE:	1,17
1)	RMAX	692,1
	RMIN	638,5
	RMEDIA	691,9
2)	RMAX	787,1
	RMIN	756,7
	RMEDIA	791,4
3)	RMAX	868,3
	RMIN	691,4
	RMEDIA	690,2
4)	RMAX	795,2
	RMIN	498
	RMEDIA	694,2
5)	RMAX	877,1
	RMIN	813
	RMEDIA	925,7
6)	RMAX	762,5
	RMIN	638,1
	RMEDIA	551,4
7)	RMAX	386,3
	RMIN	219,5
	RMEDIA	399
8)	RMAX	224,1
	RMIN	217,8
	RMEDIA	223,1
9)	RMAX	195,7
	RMIN	191,7
	RMEDIA	204,2

Fuente: Autores

Tabla 27. Datos recolectados julio 25, de 10:40-11 am.

	FECHA:	25/07/19
	HORA:	10:40
	TEMPERATURA:	31°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE:	18,88
	CORRIENTE:	0,66
1)	R MAX	782
	R MIN	470
	R MEDIA	778
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE :	13,55
	CORRIENTE:	1,38
1)	RMAX	645,4
	RMIN	300
	RMEDIA	265
2)	RMAX	723,4
	RMIN	663,3
	RMEDIA	645,4
3)	RMAX	658,3
	RMIN	617,2
	RMEDIA	641
4)	RMAX	205,1
	RMIN	191,3
	RMEDIA	188
5)	RMAX	186,5
	RMIN	179,2
	RMEDIA	178
6)	RMAX	159,5
	RMIN	155,4
	RMEDIA	157,2
7)	RMAX	129,9
	RMIN	114,2
	RMEDIA	124,7
8)	RMAX	112,2
	RMIN	107,6
	RMEDIA	107,8
9)	RMAX	98,6
	RMIN	95
	RMEDIA	97,3

	FECHA:	25/07/19
	HORA:	11:00 am
	TEMPERATURA:	31°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE:	19,5
	CORRIENTE:	0,27
1)	R MAX	530,5
	R MIN	437,6
	R MEDIA	539
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE :	15,34
	CORRIENTE:	1,18
1)	RMAX	678,8
	RMIN	661,8
	RMEDIA	678,3
2)	RMAX	238,5
	RMIN	209,1
	RMEDIA	187,9
3)	RMAX	331,7
	RMIN	255,8
	RMEDIA	361,7
4)	RMAX	576,3
	RMIN	523,4
	RMEDIA	683,5
5)	RMAX	1027
	RMIN	714
	RMEDIA	556,2
6)	RMAX	508
	RMIN	352,9
	RMEDIA	355,9
7)	RMAX	2509
	RMIN	240,1
	RMEDIA	281,3
8)	RMAX	164,8
	RMIN	161,8
	RMEDIA	162,9
9)	RMAX	143,9
	RMIN	137,6
	RMEDIA	140,3

Fuente: Autores

Tabla 28. Datos recolectados julio 25, de 11:20-11:40 am.

	FECHA:	25/07/19
	HORA:	11:20 am
	TEMPERATURA:	30°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	20,1
	CORRIENTE:	0,30
1)	R MAX	185,9
	R MIN	155,4
	R MEDIA	194,6
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,36
	CORRIENTE:	0,13
1)	RMAX	544,9
	RMIN	548,5
	RMEDIA	548,8
2)	RMAX	645,4
	RMIN	591,3
	RMEDIA	625,5
3)	RMAX	781,9
	RMIN	754,3
	RMEDIA	735,2
4)	RMAX	803,2
	RMIN	696,7
	RMEDIA	994,3
5)	RMAX	1163
	RMIN	666,7
	RMEDIA	724,8
6)	RMAX	570,6
	RMIN	376
	RMEDIA	470
7)	RMAX	296,5
	RMIN	262,5
	RMEDIA	279,4
8)	RMAX	219,9
	RMIN	190,5
	RMEDIA	310,9
9)	RMAX	323,6
	RMIN	296,5
	RMEDIA	302,3

	FECHA:	25/07/19
	HORA:	11:40
	TEMPERATURA:	31°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,35
	CORRIENTE:	0,92
1)	R MAX	665,8
	R MIN	205,7
	R MEDIA	274,4
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	18,9
	CORRIENTE:	0,87
1)	RMAX	270
	RMIN	267,9
	RMEDIA	325,3
2)	RMAX	252,3
	RMIN	237,8
	RMEDIA	249,3
3)	RMAX	309,2
	RMIN	288
	RMEDIA	302,6
4)	RMAX	312,8
	RMIN	300,1
	RMEDIA	314,4
5)	RMAX	351,2
	RMIN	342,6
	RMEDIA	346,8
6)	RMAX	281,1
	RMIN	214,8
	RMEDIA	278,1
7)	RMAX	236
	RMIN	226,2
	RMEDIA	224,7
8)	RMAX	211,9
	RMIN	194
	RMEDIA	197,6
9)	RMAX	421,1
	RMIN	310,2
	RMEDIA	346

Fuente: Autores

Tabla 29. Datos recolectados julio 25, de 12-2 pm.

	FECHA:	25/07/19
	HORA:	12: am
	TEMPERATURA:	30°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE:	12,5
	CORRIENTE:	0,3
1)	R MAX	952
	R MIN	541
	R MEDIA	587
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE :	17,36
	CORRIENTE:	0,77
1)	RMAX	220,7
	RMIN	210,3
	RMEDIA	208,7
2)	RMAX	235,7
	RMIN	229,7
	RMEDIA	228,9
3)	RMAX	248,7
	RMIN	237,8
	RMEDIA	236
4)	RMAX	268,8
	RMIN	261,4
	RMEDIA	260
5)	RMAX	278,6
	RMIN	274
	RMEDIA	273
6)	RMAX	245,2
	RMIN	243
	RMEDIA	240
7)	RMAX	184,8
	RMIN	176,1
	RMEDIA	177
8)	RMAX	157,1
	RMIN	147
	RMEDIA	146
9)	RMAX	134,1
	RMIN	181,3
	RMEDIA	181,5

	FECHA:	25/07/19
	HORA:	02:06
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE:	13,57
	CORRIENTE:	0,82
1)	R MAX	126,8
	R MIN	122,6
	R MEDIA	129,4
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE :	19,2
	CORRIENTE:	0,13
1)	RMAX	92,7
	RMIN	88,2
	RMEDIA	89,7
2)	RMAX	104,2
	RMIN	98,6
	RMEDIA	99,4
3)	RMAX	111,1
	RMIN	103,6
	RMEDIA	104,5
4)	RMAX	143,3
	RMIN	84,6
	RMEDIA	143
5)	RMAX	183,3
	RMIN	179
	RMEDIA	177,4
6)	RMAX	186,5
	RMIN	181,3
	RMEDIA	181,5
7)	RMAX	164,2
	RMIN	160,6
	RMEDIA	159,5
8)	RMAX	150,2
	RMIN	139,9
	RMEDIA	146,7
9)	RMAX	138,3
	RMIN	134,7
	RMEDIA	136,3

Fuente: Autores

Tabla 30. Datos recolectados julio 25, de 2:30-3 pm.

	FECHA:	25/07/19
	HORA:	2:30 pm
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,7
	CORRIENTE:	0,68
1)	R MAX	90,4
	R MIN	68,5
	R MEDIA	95
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	18,61
	CORRIENTE:	0,7
1)	RMAX	65
	RMIN	61,6
	RMEDIA	63,4
2)	RMAX	71,5
	RMIN	67,9
	RMEDIA	69,7
3)	RMAX	82,5
	RMIN	79,4
	RMEDIA	80,1
4)	RMAX	90,9
	RMIN	78,3
	RMEDIA	89,6
5)	RMAX	115,1
	RMIN	117
	RMEDIA	122
6)	RMAX	153,7
	RMIN	152
	RMEDIA	155
7)	RMAX	146,8
	RMIN	138,9
	RMEDIA	140,7
8)	RMAX	130,1
	RMIN	123,8
	RMEDIA	125
9)	RMAX	118,2
	RMIN	114,5
	RMEDIA	120

	FECHA:	25/07/19
	HORA:	2:50 PM
	TEMPERATURA:	30°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,9
	CORRIENTE:	0,47
1)	R MAX	168,7
	R MIN	162,9
	R MEDIA	165,7
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	20,5
	CORRIENTE:	0,7
1)	RMAX	97,3
	RMIN	89,8
	RMEDIA	93,4
2)	RMAX	101,5
	RMIN	97,8
	RMEDIA	98,7
3)	RMAX	117,4
	RMIN	113,4
	RMEDIA	115,3
4)	RMAX	143,3
	RMIN	138,1
	RMEDIA	142
5)	RMAX	182,7
	RMIN	178,5
	RMEDIA	182,3
6)	RMAX	200,9
	RMIN	196,3
	RMEDIA	207,9
7)	RMAX	214,9
	RMIN	213
	RMEDIA	205,4
8)	RMAX	187,1
	RMIN	180,4
	RMEDIA	187,2
9)	RMAX	169,2
	RMIN	166
	RMEDIA	171,3

Fuente: Autores

Tabla 31. Datos recolectados julio 25, de 3-3:30 pm.

	FECHA:	25/07/19
	HORA:	3:15 PM
	TEMPERATURA:	28°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE:	18,7
	CORRIENTE:	0,78
1)	R MAX	180,2
	R MIN	172,7
	R MEDIA	183
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE :	19,7
	CORRIENTE:	0,5
1)	RMAX	177,9
	RMIN	172,7
	RMEDIA	170,1
2)	RMAX	175,6
	RMIN	172,9
	RMEDIA	174,8
3)	RMAX	188,8
	RMIN	167,5
	RMEDIA	169,8
4)	RMAX	156,8
	RMIN	159,1
	RMEDIA	160,2
5)	RMAX	230,3
	RMIN	200,9
	RMEDIA	235
6)	RMAX	491,7
	RMIN	313
	RMEDIA	250
7)	RMAX	230
	RMIN	219,9
	RMEDIA	222
8)	RMAX	552,7
	RMIN	282,9
	RMEDIA	362
9)	RMAX	401,5
	RMIN	211,9
	RMEDIA	210,4

	FECHA:	25/07/19
	HORA:	3:35 PM
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE:	18,8
	CORRIENTE:	0,45
1)	R MAX	141,8
	R MIN	136,4
	R MEDIA	143,1
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE :	18,2
	CORRIENTE:	0,57
1)	RMAX	95
	RMIN	91,1
	RMEDIA	93,4
2)	RMAX	104,4
	RMIN	101,9
	RMEDIA	102,3
3)	RMAX	113
	RMIN	109,9
	RMEDIA	110,5
4)	RMAX	128,9
	RMIN	125,5
	RMEDIA	130,6
5)	RMAX	168,7
	RMIN	163,5
	RMEDIA	179,7
6)	RMAX	205,5
	RMIN	203,8
	RMEDIA	220,5
7)	RMAX	968,9
	RMIN	809,5
	RMEDIA	953,6
8)	RMAX	956
	RMIN	948,9
	RMEDIA	955,6
9)	RMAX	914,9
	RMIN	904,6
	RMEDIA	920,2

Fuente: Autores

Tabla 32. Datos recolectados julio 25, de 3:55 pm.

	FECHA:	25/07/19
	HORA:	3:55 PM
	TEMPERATURA:	31°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	20
	CORRIENTE:	0,43
1)	R MAX	332,1
	R MIN	331
	R MEDIA	335
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	20,3
	CORRIENTE:	0,5
1)	RMAX	121,4
	RMIN	113,4
	RMEDIA	120,5
2)	RMAX	116,3
	RMIN	113,6
	RMEDIA	112,4
3)	RMAX	106,5
	RMIN	104,2
	RMEDIA	105,7
4)	RMAX	115,2
	RMIN	112,2
	RMEDIA	113
5)	RMAX	340
	RMIN	305
	RMEDIA	365
6)	RMAX	662
	RMIN	576,9
	RMEDIA	610
7)	RMAX	816,5
	RMIN	786,7
	RMEDIA	795
8)	RMAX	846,4
	RMIN	836,2
	RMEDIA	843
9)	RMAX	840,8
	RMIN	833,7
	RMEDIA	833,5

Fuente: Autores

Tabla 33. Datos recolectados agosto 01, de 8-9 am.

	FECHA:	01/08/19
	HORA:	8:36
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-5
	TEMPERATURA:	27°C
	VOLTAJE:	19,97
	CORRIENTE:	0,19
1)	R MAX	336,4
	R MIN	285
	R MEDIA	349,1
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-5
	TEMPERATURA:	27°C
	VOLTAJE :	20,64
	CORRIENTE:	0,73
1)	RMAX	111,9
	RMIN	108,2
	RMEDIA	111,5
2)	RMAX	117,4
	RMIN	108,4
	RMEDIA	103,8
3)	RMAX	100,9
	RMIN	98
	RMEDIA	107,7
4)	RMAX	147
	RMIN	135,8
	RMEDIA	155,3
5)	RMAX	479,6
	RMIN	318,4
	RMEDIA	473
6)	RMAX	731,2
	RMIN	709,1
	RMEDIA	717,7
7)	RMAX	788,2
	RMIN	739,3
	RMEDIA	747,5
8)	RMAX	718
	RMIN	195
	RMEDIA	182,6
9)	RMAX	667,9
	RMIN	639,7
	RMEDIA	648,9

	FECHA:	01/08/19
	HORA:	9:00
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-5
	TEMPERATURA:	28°C
	VOLTAJE:	19,7
	CORRIENTE:	0,16
1)	R MAX	130,7
	R MIN	119,7
	R MEDIA	124,7
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-5
	TEMPERATURA:	28°C
	VOLTAJE :	13,26
	CORRIENTE:	0,43
1)	RMAX	66,2
	RMIN	62,1
	RMEDIA	66,6
2)	RMAX	71
	RMIN	69,6
	RMEDIA	71,6
3)	RMAX	90,9
	RMIN	76,5
	RMEDIA	85,4
4)	RMAX	134,1
	RMIN	121,6
	RMEDIA	128,9
5)	RMAX	216,5
	RMIN	202,8
	RMEDIA	220,9
6)	RMAX	279,8
	RMIN	274
	RMEDIA	280,2
7)	RMAX	306,9
	RMIN	297,3
	RMEDIA	318,8
8)	RMAX	379,4
	RMIN	241,6
	RMEDIA	363,1
9)	RMAX	320,9
	RMIN	315,1
	RMEDIA	313,3

Fuente: Autores

Tabla 34. Datos recolectados agosto 01, de 9-10 am.

	FECHA:	01/08/19
	HORA:	9:23
	TEMPERATURA:	26°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE:	19,51
	CORRIENTE:	0,43
1)	R MAX	740,4
	R MIN	696,5
	R MEDIA	352,3
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE :	19,95
	CORRIENTE:	1,06
1)	RMAX	178
	RMIN	174
	RMEDIA	180,5
2)	RMAX	194,2
	RMIN	181,5
	RMEDIA	191,9
3)	RMAX	228,2
	RMIN	223,9
	RMEDIA	222,7
4)	RMAX	249,3
	RMIN	242
	RMEDIA	243,7
5)	RMAX	286,9
	RMIN	278,7
	RMEDIA	289,1
6)	RMAX	288,4
	RMIN	280,4
	RMEDIA	279,7
7)	RMAX	251,8
	RMIN	244,9
	RMEDIA	247,2
8)	RMAX	214,2
	RMIN	209,5
	RMEDIA	212,3
9)	RMAX	203,8
	RMIN	195,7
	RMEDIA	203,3

	FECHA:	01/08/19
	HORA:	945
	TEMPERATURA:	28°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE:	19,3
	CORRIENTE:	0,24
1)	R MAX	183,3
	R MIN	129,5
	R MEDIA	188,1
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE :	14,24
	CORRIENTE:	0,76
1)	RMAX	129,5
	RMIN	124,3
	RMEDIA	123,9
2)	RMAX	137
	RMIN	133,5
	RMEDIA	132,1
3)	RMAX	155,4
	RMIN	147,9
	RMEDIA	148,5
4)	RMAX	162,3
	RMIN	157,1
	RMEDIA	158,8
5)	RMAX	158,9
	RMIN	153,7
	RMEDIA	155
6)	RMAX	141,6
	RMIN	122
	RMEDIA	136,6
7)	RMAX	114,7
	RMIN	113
	RMEDIA	112
8)	RMAX	99,8
	RMIN	96,7
	RMEDIA	97,7
9)	RMAX	86,9
	RMIN	85,7
	RMEDIA	86,2

Fuente: Autores

Tabla 35. Datos recolectados agosto 01, de 10-10:30 am.

	FECHA:	01/08/19
	HORA:	10:05
	TEMPERATURA:	26°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	14,49
	CORRIENTE:	0,11
1)	R MAX	18,4
	R MIN	7,4
	R MEDIA	18,9
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	18,46
	CORRIENTE:	0,09
1)	RMAX	13,2
	RMIN	11,1
	RMEDIA	14,3
2)	RMAX	16,8
	RMIN	15,1
	RMEDIA	16,6
3)	RMAX	18,4
	RMIN	15,7
	RMEDIA	16,7
4)	RMAX	19,7
	RMIN	16,6
	RMEDIA	18,7
5)	RMAX	21,8
	RMIN	19
	RMEDIA	20,3
6)	RMAX	18,6
	RMIN	16,1
	RMEDIA	18,6
7)	RMAX	16,6
	RMIN	14,5
	RMEDIA	15,3
8)	RMAX	13,8
	RMIN	12
	RMEDIA	12,4
9)	RMAX	12
	RMIN	9,7
	RMEDIA	12,4

	FECHA:	01/08/19
	HORA:	10:20
	TEMPERATURA:	26
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,36
	CORRIENTE:	0,16
1)	R MAX	50,6
	R MIN	40,4
	R MEDIA	49,7
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	13,30
	CORRIENTE:	0,21
1)	RMAX	63,3
	RMIN	60,4
	RMEDIA	65,6
2)	RMAX	71,9
	RMIN	70,2
	RMEDIA	71,5
3)	RMAX	74,8
	RMIN	73,1
	RMEDIA	76,7
4)	RMAX	78,8
	RMIN	74,4
	RMEDIA	79
5)	RMAX	80,2
	RMIN	77,9
	RMEDIA	79,3
6)	RMAX	74,4
	RMIN	61
	RMEDIA	63
7)	RMAX	49,7
	RMIN	46,3
	RMEDIA	48,7
8)	RMAX	43,9
	RMIN	40,3
	RMEDIA	43
9)	RMAX	40,8
	RMIN	38
	RMEDIA	40

Fuente: Autores

Tabla 36. Datos recolectados agosto 01, 10:40 am.

	FECHA:	01/08/19
	HORA:	10:40
	TEMPERATURA:	27
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE:	18,9
	CORRIENTE:	0,25
1)	R MAX	236
	R MIN	227,6
	R MEDIA	231,6
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE :	17,34
	CORRIENTE:	0,71
1)	RMAX	186,6
	RMIN	176,9
	RMEDIA	182,9
2)	RMAX	209,9
	RMIN	199,8
	RMEDIA	201,3
3)	RMAX	233,9
	RMIN	223,4
	RMEDIA	226,6
4)	RMAX	309,7
	RMIN	299,6
	RMEDIA	333,3
5)	RMAX	525,1
	RMIN	490,1
	RMEDIA	550,8
6)	RMAX	586,6
	RMIN	576,6
	RMEDIA	608,7
7)	RMAX	438,3
	RMIN	429,5
	RMEDIA	381,2
8)	RMAX	312
	RMIN	295
	RMEDIA	317,8
9)	RMAX	288,4
	RMIN	275,8
	RMEDIA	220,9

Fuente: Autores

Tabla 37. Datos recolectados agosto 09, de 9-10 am.

	FECHA:	09/08/19
	HORA:	9:18
	TEMPERATURA:	29 ° C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,64
	CORRIENTE:	0,23
1)	R MAX	582,1
	R MIN	538,9
	R MEDIA	566,6
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	18,5
	CORRIENTE:	0,15
1)	RMAX	82,9
	RMIN	77,7
	RMEDIA	85,5
2)	RMAX	81,7
	RMIN	75,6
	RMEDIA	78,5
3)	RMAX	149,1
	RMIN	130,7
	RMEDIA	122,3
4)	RMAX	287,3
	RMIN	253,5
	RMEDIA	283,2
5)	RMAX	647,7
	RMIN	637
	RMEDIA	640,3
6)	RMAX	836,8
	RMIN	842,2
	RMEDIA	844,5
7)	RMAX	827,7
	RMIN	807,4
	RMEDIA	816,9
8)	RMAX	769,2
	RMIN	744,5
	RMEDIA	758,7
9)	RMAX	689,4
	RMIN	675,2
	RMEDIA	702,6

	FECHA:	09/08/19
	HORA:	9:50
	TEMPERATURA:	31°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,4
	CORRIENTE:	1,8
1)	R MAX	504,9
	R MIN	269,4
	R MEDIA	532
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	17,8
	CORRIENTE:	0,14
1)	RMAX	109,5
	RMIN	100,7
	RMEDIA	106,2
2)	RMAX	133,5
	RMIN	113,6
	RMEDIA	117
3)	RMAX	237,4
	RMIN	176,7
	RMEDIA	242
4)	RMAX	487,1
	RMIN	439,3
	RMEDIA	482
5)	RMAX	525,9
	RMIN	375,4
	RMEDIA	452
6)	RMAX	490,7
	RMIN	383,6
	RMEDIA	428,5
7)	RMAX	333
	RMIN	271,2
	RMEDIA	315
8)	RMAX	232,9
	RMIN	230,3
	RMEDIA	226,8
9)	RMAX	285
	RMIN	255
	RMEDIA	267,9

Fuente: Autores

Tabla 38. Datos recolectados agosto 09, de 10-10:30 am.

	FECHA:	09/08/19
	HORA:	10:09
	TEMPERATURA:	28
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,34
	CORRIENTE:	1,91
1)	R MAX	664,4
	R MIN	624,1
	R MEDIA	676
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	18,47
	CORRIENTE:	0,14
1)	RMAX	146,4
	RMIN	140,1
	RMEDIA	135,7
2)	RMAX	150,4
	RMIN	133
	RMEDIA	138,8
3)	RMAX	318,4
	RMIN	285,6
	RMEDIA	390,1
4)	RMAX	447,9
	RMIN	263,3
	RMEDIA	270,6
5)	RMAX	401,5
	RMIN	294,2
	RMEDIA	280
6)	RMAX	324,1
	RMIN	320,9
	RMEDIA	320,6
7)	RMAX	283,8
	RMIN	273,7
	RMEDIA	329,8
8)	RMAX	306,9
	RMIN	370
	RMEDIA	263,5
9)	RMAX	249,7
	RMIN	240,3
	RMEDIA	256,6

	FECHA:	09/08/19
	HORA:	10:33
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,5
	CORRIENTE:	1,25
1)	R MAX	900
	R MIN	627,2
	R MEDIA	8888
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,7
	CORRIENTE:	0,15
1)	RMAX	257,5
	RMIN	198,8
	RMEDIA	250
2)	RMAX	326,1
	RMIN	321,4
	RMEDIA	322
3)	RMAX	473,4
	RMIN	476,6
	RMEDIA	489
4)	RMAX	701,3
	RMIN	695
	RMEDIA	702
5)	RMAX	991,5
	RMIN	257,3
	RMEDIA	256
6)	RMAX	256,2
	RMIN	257,6
	RMEDIA	248
7)	RMAX	470,4
	RMIN	211,3
	RMEDIA	208
8)	RMAX	176,1
	RMIN	172,1
	RMEDIA	172
9)	RMAX	161,4
	RMIN	156
	RMEDIA	157,2

Fuente: Autores

Tabla 39. Datos recolectados agosto 09, de 11-11:21 am.

	FECHA:	09/08/19
	HORA:	10:55
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,31
	CORRIENTE:	0,89
1)	R MAX	231,6
	R MIN	222,2
	R MEDIA	230,4
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	18,62
	CORRIENTE:	0,15
1)	RMAX	175,5
	RMIN	168,7
	RMEDIA	172,5
2)	RMAX	191,7
	RMIN	187,7
	RMEDIA	189,8
3)	RMAX	203,2
	RMIN	200,9
	RMEDIA	203,7
4)	RMAX	228,8
	RMIN	219,9
	RMEDIA	219,5
5)	RMAX	223,6
	RMIN	218,8
	RMEDIA	222,6
6)	RMAX	190
	RMIN	187,1
	RMEDIA	186,6
7)	RMAX	198,1
	RMIN	134,7
	RMEDIA	138,8
8)	RMAX	123,4
	RMIN	108,6
	RMEDIA	124,1
9)	RMAX	117,4
	RMIN	111,7
	RMEDIA	116,7

	FECHA:	09/08/19
	HORA:	11:21
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,3
	CORRIENTE:	0,66
1)	R MAX	264,8
	R MIN	245,4
	R MEDIA	266
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	18,7
	CORRIENTE:	1
1)	RMAX	185
	RMIN	180,8
	RMEDIA	188
2)	RMAX	298
	RMIN	199,4
	RMEDIA	207
3)	RMAX	145,4
	RMIN	237,4
	RMEDIA	238
4)	RMAX	288,4
	RMIN	281,5
	RMEDIA	287
5)	RMAX	316,6
	RMIN	298,4
	RMEDIA	314,7
6)	RMAX	283,3
	RMIN	278,6
	RMEDIA	280
7)	RMAX	224,7
	RMIN	221,8
	RMEDIA	225
8)	RMAX	185,4
	RMIN	179
	RMEDIA	182
9)	RMAX	330,7
	RMIN	287,3
	RMEDIA	320

Fuente: Autores

Tabla 40. Datos recolectados agosto 09, 11:46 am.

	FECHA:	09/08/19
	HORA:	11:46
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,32
	CORRIENTE:	0,2
1)	R MAX	276,3
	R MIN	264,4
	R MEDIA	263,9
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,85
	CORRIENTE:	0,25
1)	RMAX	219,6
	RMIN	216,1
	RMEDIA	222,4
2)	RMAX	255,6
	RMIN	253,3
	RMEDIA	258,5
3)	RMAX	285,6
	RMIN	282,3
	RMEDIA	290,1
4)	RMAX	240,3
	RMIN	336,8
	RMEDIA	340,8
5)	RMAX	381,1
	RMIN	378,5
	RMEDIA	381,3
6)	RMAX	342,3
	RMIN	353,3
	RMEDIA	345,9
7)	RMAX	277,5
	RMIN	272,5
	RMEDIA	2718
8)	RMAX	238,1
	RMIN	235,7
	RMEDIA	257,7
9)	RMAX	252,7
	RMIN	231,4
	RMEDIA	330,7

Fuente: Autores

Tabla 41. Datos recolectados agosto 13, de 9-9:30 am.

	FECHA:	13/08/19
	HORA:	9:10
	TEMPERATURA:	27°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,84
	CORRIENTE:	0,52
1)	R MAX	410,5
	R MIN	382,3
	R MEDIA	398,4
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	16,80
	CORRIENTE:	0,10
1)	RMAX	99,5
	RMIN	125,7
	RMEDIA	128,7
2)	RMAX	127,4
	RMIN	124,3
	RMEDIA	126,3
3)	RMAX	153,1
	RMIN	137,8
	RMEDIA	156,8
4)	RMAX	272,3
	RMIN	266,2
	RMEDIA	283,9
5)	RMAX	510,1
	RMIN	481,9
	RMEDIA	487,9
6)	RMAX	706,5
	RMIN	681,7
	RMEDIA	701,7
7)	RMAX	722,8
	RMIN	707,6
	RMEDIA	700,5
8)	RMAX	651,1
	RMIN	624,7
	RMEDIA	650,3
9)	RMAX	627,2
	RMIN	613,2
	RMEDIA	627,1

	FECHA:	13/08/19
	HORA:	9:33
	TEMPERATURA:	28°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,6
	CORRIENTE:	0,6
1)	R MAX	508,6
	R MIN	437,6
	R MEDIA	513
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,6
	CORRIENTE:	0,4
1)	RMAX	121,6
	RMIN	115,1
	RMEDIA	122
2)	RMAX	124,3
	RMIN	118
	RMEDIA	119,4
3)	RMAX	191,1
	RMIN	176,1
	RMEDIA	183
4)	RMAX	380,6
	RMIN	361
	RMEDIA	378
5)	RMAX	603
	RMIN	98,6
	RMEDIA	633
6)	RMAX	797,5
	RMIN	739,3
	RMEDIA	744
7)	RMAX	735,8
	RMIN	720,5
	RMEDIA	756
8)	RMAX	680
	RMIN	676,7
	RMEDIA	680,2
9)	RMAX	646
	RMIN	623
	RMEDIA	633

Fuente: Autores

Tabla 42. Datos recolectados agosto 13, de 9:53-10:13 am.

	FECHA:	13/08/19
	HORA:	9:53
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,39
	CORRIENTE:	0,89
1)	R MAX	626,3
	R MIN	608
	R MEDIA	684,5
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,45
	CORRIENTE:	0,7
1)	RMAX	728
	RMIN	124
	RMEDIA	127
2)	RMAX	126,1
	RMIN	122,8
	RMEDIA	135,2
3)	RMAX	143,7
	RMIN	121,8
	RMEDIA	138,2
4)	RMAX	374,9
	RMIN	369,7
	RMEDIA	436,9
5)	RMAX	723,8
	RMIN	697,5
	RMEDIA	728,2
6)	RMAX	884
	RMIN	871,2
	RMEDIA	873,8
7)	RMAX	831,4
	RMIN	821,6
	RMEDIA	823,6
8)	RMAX	745,2
	RMIN	734,7
	RMEDIA	728,5
9)	RMAX	627,8
	RMIN	649,5
	RMEDIA	645,7

	FECHA:	13/08/19
	HORA:	10:13
	TEMPERATURA:	30°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,2
	CORRIENTE:	0,7
1)	R MAX	660,4
	R MIN	449,1
	R MEDIA	658
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	18,7
	CORRIENTE:	0,6
1)	RMAX	152,7
	RMIN	147,9
	RMEDIA	149,7
2)	RMAX	210,7
	RMIN	201,5
	RMEDIA	203,7
3)	RMAX	314,9
	RMIN	297,1
	RMEDIA	300
4)	RMAX	314,9
	RMIN	297,1
	RMEDIA	300
5)	RMAX	567,9
	RMIN	287,3
	RMEDIA	240
6)	RMAX	846,7
	RMIN	824,5
	RMEDIA	850
7)	RMAX	848
	RMIN	833
	RMEDIA	865
8)	RMAX	852,7
	RMIN	837,8
	RMEDIA	824
9)	RMAX	761,4
	RMIN	749,1
	RMEDIA	740,6

Fuente: Autores

Tabla 43. Datos recolectados agosto 13, de 10:35-11 am.

	FECHA:	13/08/19
	HORA:	10:35
	TEMPERATURA:	32°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE:	19,25
	CORRIENTE:	0,71
1)	R MAX	752,5
	R MIN	677,1
	R MEDIA	762,1
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE :	19,42
	CORRIENTE:	0,21
1)	RMAX	196,3
	RMIN	150,4
	RMEDIA	180,3
2)	RMAX	276,9
	RMIN	240,6
	RMEDIA	256,1
3)	RMAX	409
	RMIN	403,6
	RMEDIA	422,6
4)	RMAX	611,1
	RMIN	694,2
	RMEDIA	601,2
5)	RMAX	838,36
	RMIN	809,5
	RMEDIA	819,5
6)	RMAX	906,5
	RMIN	896,1
	RMEDIA	895,1
7)	RMAX	750,2
	RMIN	730,1
	RMEDIA	720,1
8)	RMAX	637
	RMIN	623
	RMEDIA	609,9
9)	RMAX	498,8
	RMIN	475,6
	RMEDIA	497,5

	FECHA:	13/08/19
	HORA:	11:00 am
	TEMPERATURA:	31°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE:	18,36
	CORRIENTE:	0,73
1)	R MAX	685,2
	R MIN	547,6
	R MEDIA	740
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-5
	VOLTAJE :	19,34
	CORRIENTE:	0,31
1)	RMAX	885
	RMIN	94
	RMEDIA	310,7
2)	RMAX	296,5
	RMIN	210,7
	RMEDIA	227,2
3)	RMAX	215,9
	RMIN	176,1
	RMEDIA	203,3
4)	RMAX	252,2
	RMIN	226,4
	RMEDIA	216,6
5)	RMAX	299,4
	RMIN	289,2
	RMEDIA	274,8
6)	RMAX	260,8
	RMIN	255
	RMEDIA	264
7)	RMAX	154,5
	RMIN	183,1
	RMEDIA	804,3
8)	RMAX	483,3
	RMIN	298,8
	RMEDIA	280
9)	RMAX	241,4
	RMIN	230,9
	RMEDIA	222,4

Fuente: Autores

Tabla 44. Datos recolectados agosto 13, de 11:27-11:50 am.

	FECHA:	13/08/19
	HORA:	11:27
	TEMPERATURA:	31°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,15
	CORRIENTE:	0,59
1)	R MAX	877,7
	R MIN	839,7
	R MEDIA	295,9
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,81
	CORRIENTE:	0,14
1)	RMAX	405,9
	RMIN	382,8
	RMEDIA	410,5
2)	RMAX	517,2
	RMIN	495,2
	RMEDIA	506,6
3)	RMAX	666,7
	RMIN	658,9
	RMEDIA	636,5
4)	RMAX	851,8
	RMIN	771
	RMEDIA	852,9
5)	RMAX	1008
	RMIN	992,7
	RMEDIA	1003
6)	RMAX	934,7
	RMIN	923
	RMEDIA	905,7
7)	RMAX	687,7
	RMIN	677,5
	RMEDIA	652
8)	RMAX	527,4
	RMIN	532
	RMEDIA	523,8
9)	RMAX	442,2
	RMIN	431,8
	RMEDIA	438,3

	FECHA:	13/08/19
	HORA:	11:50
	TEMPERATURA:	30°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,54
	CORRIENTE:	0,30
1)	R MAX	185,9
	R MIN	155,4
	R MEDIA	194,6
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,36
	CORRIENTE:	0,13
1)	RMAX	544,9
	RMIN	548,5
	RMEDIA	548,8
2)	RMAX	645,4
	RMIN	591,3
	RMEDIA	625,5
3)	RMAX	781,9
	RMIN	754,3
	RMEDIA	735,2
4)	RMAX	803,2
	RMIN	696,7
	RMEDIA	994,3
5)	RMAX	1163
	RMIN	666,7
	RMEDIA	724,8
6)	RMAX	570,6
	RMIN	376
	RMEDIA	470
7)	RMAX	296,5
	RMIN	262,5
	RMEDIA	279,4
8)	RMAX	219,9
	RMIN	190,5
	RMEDIA	310,9
9)	RMAX	323,6
	RMIN	296,5
	RMEDIA	302,3

Fuente: Autores

Tabla 45. Datos recolectados agosto 13, de 11:27-11:50 am.

	FECHA:	13/08/19
	HORA:	11:27
	TEMPERATURA:	31°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,15
	CORRIENTE:	0,59
1)	R MAX	877,7
	R MIN	839,7
	R MEDIA	295,9
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,81
	CORRIENTE:	0,14
1)	RMAX	405,9
	RMIN	382,8
	RMEDIA	410,5
2)	RMAX	517,2
	RMIN	495,2
	RMEDIA	506,6
3)	RMAX	666,7
	RMIN	658,9
	RMEDIA	636,5
4)	RMAX	851,8
	RMIN	771
	RMEDIA	852,9
5)	RMAX	1008
	RMIN	992,7
	RMEDIA	1003
6)	RMAX	934,7
	RMIN	923
	RMEDIA	905,7
7)	RMAX	687,7
	RMIN	677,5
	RMEDIA	652
8)	RMAX	527,4
	RMIN	532
	RMEDIA	523,8
9)	RMAX	442,2
	RMIN	431,8
	RMEDIA	438,3

	FECHA:	13/08/19
	HORA:	11:50
	TEMPERATURA:	30°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,54
	CORRIENTE:	0,30
1)	R MAX	185,9
	R MIN	155,4
	R MEDIA	194,6
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,36
	CORRIENTE:	0,13
1)	RMAX	544,9
	RMIN	548,5
	RMEDIA	548,8
2)	RMAX	645,4
	RMIN	591,3
	RMEDIA	625,5
3)	RMAX	781,9
	RMIN	754,3
	RMEDIA	735,2
4)	RMAX	803,2
	RMIN	696,7
	RMEDIA	994,3
5)	RMAX	1163
	RMIN	666,7
	RMEDIA	724,8
6)	RMAX	570,6
	RMIN	376
	RMEDIA	470
7)	RMAX	296,5
	RMIN	262,5
	RMEDIA	279,4
8)	RMAX	219,9
	RMIN	190,5
	RMEDIA	310,9
9)	RMAX	323,6
	RMIN	296,5
	RMEDIA	302,3

Fuente: Autores

Tabla 46. Datos recolectados agosto 13, de 9-9:30 am.

	FECHA:	13/08/19
	HORA:	9:10
	TEMPERATURA:	27°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,84
	CORRIENTE:	0,52
1)	R MAX	410,5
	R MIN	382,3
	R MEDIA	398,4
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	16,80
	CORRIENTE:	0,10
1)	RMAX	99,5
	RMIN	125,7
	RMEDIA	128,7
2)	RMAX	127,4
	RMIN	124,3
	RMEDIA	126,3
3)	RMAX	153,1
	RMIN	137,8
	RMEDIA	156,8
4)	RMAX	272,3
	RMIN	266,2
	RMEDIA	283,9
5)	RMAX	510,1
	RMIN	481,9
	RMEDIA	487,9
6)	RMAX	706,5
	RMIN	681,7
	RMEDIA	701,7
7)	RMAX	722,8
	RMIN	707,6
	RMEDIA	700,5
8)	RMAX	651,1
	RMIN	624,7
	RMEDIA	650,3
9)	RMAX	627,2
	RMIN	613,2
	RMEDIA	627,1

	FECHA:	13/08/19
	HORA:	9:33
	TEMPERATURA:	28°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,6
	CORRIENTE:	0,6
1)	R MAX	508,6
	R MIN	437,6
	R MEDIA	513
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,6
	CORRIENTE:	0,4
1)	RMAX	121,6
	RMIN	115,1
	RMEDIA	122
2)	RMAX	124,3
	RMIN	118
	RMEDIA	119,4
3)	RMAX	191,1
	RMIN	176,1
	RMEDIA	183
4)	RMAX	380,6
	RMIN	361
	RMEDIA	378
5)	RMAX	603
	RMIN	98,6
	RMEDIA	633
6)	RMAX	797,5
	RMIN	739,3
	RMEDIA	744
7)	RMAX	735,8
	RMIN	720,5
	RMEDIA	756
8)	RMAX	680
	RMIN	676,7
	RMEDIA	680,2
9)	RMAX	646
	RMIN	623
	RMEDIA	633

Fuente: Autores

Tabla 47. Datos recolectados agosto 13, de 9:53-10:13 am.

	FECHA:	13/08/19
	HORA:	9:53
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,39
	CORRIENTE:	0,89
1)	R MAX	626,3
	R MIN	608
	R MEDIA	684,5
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,45
	CORRIENTE:	0,7
1)	RMAX	728
	RMIN	124
	RMEDIA	127
2)	RMAX	126,1
	RMIN	122,8
	RMEDIA	135,2
3)	RMAX	143,7
	RMIN	121,8
	RMEDIA	138,2
4)	RMAX	374,9
	RMIN	369,7
	RMEDIA	436,9
5)	RMAX	723,8
	RMIN	697,5
	RMEDIA	728,2
6)	RMAX	884
	RMIN	871,2
	RMEDIA	873,8
7)	RMAX	831,4
	RMIN	821,6
	RMEDIA	823,6
8)	RMAX	745,2
	RMIN	734,7
	RMEDIA	728,5
9)	RMAX	627,8
	RMIN	649,5
	RMEDIA	645,7

	FECHA:	13/08/19
	HORA:	10:13
	TEMPERATURA:	30°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,2
	CORRIENTE:	0,7
1)	R MAX	660,4
	R MIN	449,1
	R MEDIA	658
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	18,7
	CORRIENTE:	0,6
1)	RMAX	152,7
	RMIN	147,9
	RMEDIA	149,7
2)	RMAX	210,7
	RMIN	201,5
	RMEDIA	203,7
3)	RMAX	314,9
	RMIN	297,1
	RMEDIA	300
4)	RMAX	314,9
	RMIN	297,1
	RMEDIA	300
5)	RMAX	567,9
	RMIN	287,3
	RMEDIA	240
6)	RMAX	846,7
	RMIN	824,5
	RMEDIA	850
7)	RMAX	848
	RMIN	833
	RMEDIA	865
8)	RMAX	852,7
	RMIN	837,8
	RMEDIA	824
9)	RMAX	761,4
	RMIN	749,1
	RMEDIA	740,6

Fuente: Autores

Tabla 48. Datos recolectados agosto 13, de 10:35-11 am.

	FECHA:	13/08/19
	HORA:	10:35
	TEMPERATURA:	32°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,25
	CORRIENTE:	0,71
1)	R MAX	752,5
	R MIN	677,1
	R MEDIA	762,1
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,42
	CORRIENTE:	0,21
1)	RMAX	196,3
	RMIN	150,4
	RMEDIA	180,3
2)	RMAX	276,9
	RMIN	240,6
	RMEDIA	256,1
3)	RMAX	409
	RMIN	403,6
	RMEDIA	422,6
4)	RMAX	611,1
	RMIN	694,2
	RMEDIA	601,2
5)	RMAX	838,36
	RMIN	809,5
	RMEDIA	819,5
6)	RMAX	906,5
	RMIN	896,1
	RMEDIA	895,1
7)	RMAX	750,2
	RMIN	730,1
	RMEDIA	720,1
8)	RMAX	637
	RMIN	623
	RMEDIA	609,9
9)	RMAX	498,8
	RMIN	475,6
	RMEDIA	497,5

	FECHA:	13/08/19
	HORA:	11:00 am
	TEMPERATURA:	31°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,36
	CORRIENTE:	0,73
1)	R MAX	685,2
	R MIN	547,6
	R MEDIA	740
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,34
	CORRIENTE:	0,31
1)	RMAX	885
	RMIN	94
	RMEDIA	310,7
2)	RMAX	296,5
	RMIN	210,7
	RMEDIA	227,2
3)	RMAX	215,9
	RMIN	176,1
	RMEDIA	203,3
4)	RMAX	252,2
	RMIN	226,4
	RMEDIA	216,6
5)	RMAX	299,4
	RMIN	289,2
	RMEDIA	274,8
6)	RMAX	260,8
	RMIN	255
	RMEDIA	264
7)	RMAX	154,5
	RMIN	183,1
	RMEDIA	804,3
8)	RMAX	483,3
	RMIN	298,8
	RMEDIA	280
9)	RMAX	241,4
	RMIN	230,9
	RMEDIA	222,4

Fuente: Autores

Tabla 49. Datos recolectados agosto 13, de 11:27-11:50 am.

	FECHA:	13/08/19
	HORA:	11:27
	TEMPERATURA:	31°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,15
	CORRIENTE:	0,59
1)	R MAX	877,7
	R MIN	839,7
	R MEDIA	295,9
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,81
	CORRIENTE:	0,14
1)	RMAX	405,9
	RMIN	382,8
	RMEDIA	410,5
2)	RMAX	517,2
	RMIN	495,2
	RMEDIA	506,6
3)	RMAX	666,7
	RMIN	658,9
	RMEDIA	636,5
4)	RMAX	851,8
	RMIN	771
	RMEDIA	852,9
5)	RMAX	1008
	RMIN	992,7
	RMEDIA	1003
6)	RMAX	934,7
	RMIN	923
	RMEDIA	905,7
7)	RMAX	687,7
	RMIN	677,5
	RMEDIA	652
8)	RMAX	527,4
	RMIN	532
	RMEDIA	523,8
9)	RMAX	442,2
	RMIN	431,8
	RMEDIA	438,3

	FECHA:	13/08/19
	HORA:	11:50
	TEMPERATURA:	30°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,54
	CORRIENTE:	0,30
1)	R MAX	185,9
	R MIN	155,4
	R MEDIA	194,6
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,36
	CORRIENTE:	0,13
1)	RMAX	544,9
	RMIN	548,5
	RMEDIA	548,8
2)	RMAX	645,4
	RMIN	591,3
	RMEDIA	625,5
3)	RMAX	781,9
	RMIN	754,3
	RMEDIA	735,2
4)	RMAX	803,2
	RMIN	696,7
	RMEDIA	994,3
5)	RMAX	1163
	RMIN	666,7
	RMEDIA	724,8
6)	RMAX	570,6
	RMIN	376
	RMEDIA	470
7)	RMAX	296,5
	RMIN	262,5
	RMEDIA	279,4
8)	RMAX	219,9
	RMIN	190,5
	RMEDIA	310,9
9)	RMAX	323,6
	RMIN	296,5
	RMEDIA	302,3

Fuente: Autores

Tabla 50. Datos recolectados agosto 13, de 11:27-11:50 am.

	FECHA:	13/08/19
	HORA:	11:27
	TEMPERATURA:	31°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,15
	CORRIENTE:	0,59
1)	R MAX	877,7
	R MIN	839,7
	R MEDIA	295,9
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,81
	CORRIENTE:	0,14
1)	RMAX	405,9
	RMIN	382,8
	RMEDIA	410,5
2)	RMAX	517,2
	RMIN	495,2
	RMEDIA	506,6
3)	RMAX	666,7
	RMIN	658,9
	RMEDIA	636,5
4)	RMAX	851,8
	RMIN	771
	RMEDIA	852,9
5)	RMAX	1008
	RMIN	992,7
	RMEDIA	1003
6)	RMAX	934,7
	RMIN	923
	RMEDIA	905,7
7)	RMAX	687,7
	RMIN	677,5
	RMEDIA	652
8)	RMAX	527,4
	RMIN	532
	RMEDIA	523,8
9)	RMAX	442,2
	RMIN	431,8
	RMEDIA	438,3

	FECHA:	13/08/19
	HORA:	11:50
	TEMPERATURA:	30°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,54
	CORRIENTE:	0,30
1)	R MAX	185,9
	R MIN	155,4
	R MEDIA	194,6
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,36
	CORRIENTE:	0,13
1)	RMAX	544,9
	RMIN	548,5
	RMEDIA	548,8
2)	RMAX	645,4
	RMIN	591,3
	RMEDIA	625,5
3)	RMAX	781,9
	RMIN	754,3
	RMEDIA	735,2
4)	RMAX	803,2
	RMIN	696,7
	RMEDIA	994,3
5)	RMAX	1163
	RMIN	666,7
	RMEDIA	724,8
6)	RMAX	570,6
	RMIN	376
	RMEDIA	470
7)	RMAX	296,5
	RMIN	262,5
	RMEDIA	279,4
8)	RMAX	219,9
	RMIN	190,5
	RMEDIA	310,9
9)	RMAX	323,6
	RMIN	296,5
	RMEDIA	302,3

Fuente: Autores

8.1.2. Tablas de radiación con el panel a un ángulo de 43°

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

Tabla 51. Datos recolectados octubre 02, de 10:30-10:45 am

	FECHA:	2/10/2019
	HORA:	10:30
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	13,53
	CORRIENTE:	1,5
1)	R MAX	190,6
	R MIN	138
	R MEDIA	196
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	14,3
	CORRIENTE:	0,6
1)	RMAX	169,8
	RMIN	90,3
	RMEDIA	158,3
2)	RMAX	170
	RMIN	152
	RMEDIA	165
3)	RMAX	175
	RMIN	167,5
	RMEDIA	170
4)	RMAX	182
	RMIN	173,3
	RMEDIA	170
5)	RMAX	176
	RMIN	174
	RMEDIA	176
6)	RMAX	142
	RMIN	138
	RMEDIA	140
7)	RMAX	104
	RMIN	91
	RMEDIA	101
8)	RMAX	78,3
	RMIN	76
	RMEDIA	78,5
9)	RMAX	73,4
	RMIN	69
	RMEDIA	73,8

	FECHA:	2/10/2019
	HORA:	10:45
	TEMPERATURA:	28°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	13,7
	CORRIENTE:	3,5
1)	R MAX	223
	R MIN	202
	R MEDIA	221
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	15,3
	CORRIENTE:	0,7
1)	RMAX	257
	RMIN	170
	RMEDIA	200
2)	RMAX	412
	RMIN	343
	RMEDIA	412
3)	RMAX	255
	RMIN	242
	RMEDIA	250
4)	RMAX	592
	RMIN	327
	RMEDIA	450
5)	RMAX	353
	RMIN	323
	RMEDIA	360
6)	RMAX	661
	RMIN	459
	RMEDIA	530
7)	RMAX	307
	RMIN	213
	RMEDIA	200
8)	RMAX	150
	RMIN	128
	RMEDIA	131
9)	RMAX	152,9
	RMIN	92,1
	RMEDIA	100,3

Fuente: Autores

Tabla 52. Datos recolectados octubre 02, de 11:00-11:15 am

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

	FECHA:	2/10/2019
	HORA:	11:00am
	TEMPERATURA:	30°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	13,6
	CORRIENTE:	1,2
1)	R MAX	175
	R MIN	142
	R MEDIA	182
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	13,8
	CORRIENTE:	0,6
1)	RMAX	185
	RMIN	122
	RMEDIA	132
2)	RMAX	150
	RMIN	144
	RMEDIA	148
3)	RMAX	163,4
	RMIN	160
	RMEDIA	165,8
4)	RMAX	187,1
	RMIN	183,6
	RMEDIA	190
5)	RMAX	204
	RMIN	203
	RMEDIA	205
6)	RMAX	194
	RMIN	182,7
	RMEDIA	192,7
7)	RMAX	156
	RMIN	146,8
	RMEDIA	150
8)	RMAX	140
	RMIN	128,3
	RMEDIA	135,2
9)	RMAX	123,8
	RMIN	112
	RMEDIA	120,1

	FECHA:	2/10/2019
	HORA:	11:15am
	TEMPERATURA:	30°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	17,3
	CORRIENTE:	2,4
1)	R MAX	693,8
	R MIN	415
	R MEDIA	516
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	16,9
	CORRIENTE:	0,8
1)	RMAX	275
	RMIN	234
	RMEDIA	268
2)	RMAX	301
	RMIN	243
	RMEDIA	432
3)	RMAX	961
	RMIN	519
	RMEDIA	1038
4)	RMAX	1107
	RMIN	816,7
	RMEDIA	853
5)	RMAX	615
	RMIN	378
	RMEDIA	513
6)	RMAX	721
	RMIN	304
	RMEDIA	380
7)	RMAX	332,2
	RMIN	227,4
	RMEDIA	230
8)	RMAX	378
	RMIN	244
	RMEDIA	246
9)	RMAX	326,6
	RMIN	171,6
	RMEDIA	250

Fuente: Autores

Tabla 53. Datos recolectados octubre 02, de 11:30-11:45 am

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO Y
PRÁCTICA

VERSIÓN: 01

	FECHA:	2/10/2019
	HORA:	11:30am
	TEMPERATURA:	32°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	15,4
	CORRIENTE:	1,33
1)	R MAX	223,1
	R MIN	201
	R MEDIA	222
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	13,8
	CORRIENTE:	0,65
1)	RMAX	190
	RMIN	157
	RMEDIA	172
2)	RMAX	101
	RMIN	173
	RMEDIA	190
3)	RMAX	231
	RMIN	159
	RMEDIA	222
4)	RMAX	248
	RMIN	244
	RMEDIA	247
5)	RMAX	247
	RMIN	244
	RMEDIA	248
6)	RMAX	192
	RMIN	180
	RMEDIA	186,8
7)	RMAX	143,3
	RMIN	139
	RMEDIA	132
8)	RMAX	104
	RMIN	100,7
	RMEDIA	100,8
9)	RMAX	92,1
	RMIN	81,2
	RMEDIA	80,3

	FECHA:	2/10/2019
	HORA:	11:45
	TEMPERATURA:	32°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	13,5
	CORRIENTE:	0,3
1)	R MAX	45,8
	R MIN	23,8
	R MEDIA	46
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	13,1
	CORRIENTE:	0,15
1)	RMAX	38
	RMIN	35,7
	RMEDIA	37
2)	RMAX	181
	RMIN	173
	RMEDIA	190
3)	RMAX	231
	RMIN	159
	RMEDIA	222
4)	RMAX	248
	RMIN	244
	RMEDIA	247
5)	RMAX	247
	RMIN	245
	RMEDIA	248
6)	RMAX	192
	RMIN	108,2
	RMEDIA	186,8
7)	RMAX	143,3
	RMIN	139
	RMEDIA	132
8)	RMAX	109
	RMIN	100,7
	RMEDIA	100,8
9)	RMAX	92,1
	RMIN	81,7
	RMEDIA	80,3

Fuente: Autores

Tabla 54. Datos recolectados octubre 04, de 8:00-8:20 am

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

	FECHA:	4/10/2019
	HORA:	8:00 a. m.
	TEMPERATURA:	28°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,3
	CORRIENTE:	0,3
1)	R MAX	124,1
	R MIN	112,8
	R MEDIA	127,6
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	18,3
	CORRIENTE:	0,23
1)	RMAX	130
	RMIN	127,9
	RMEDIA	135,2
2)	RMAX	165,8
	RMIN	146,8
	RMEDIA	161
3)	RMAX	203,8
	RMIN	167,7
	RMEDIA	170,8
4)	RMAX	229
	RMIN	212,8
	RMEDIA	236,4
5)	RMAX	314,5
	RMIN	283,4
	RMEDIA	308
6)	RMAX	290
	RMIN	272
	RMEDIA	296
7)	RMAX	231
	RMIN	188
	RMEDIA	183
8)	RMAX	180
	RMIN	145,2
	RMEDIA	150
9)	RMAX	148,7
	RMIN	128,9
	RMEDIA	141,5

	FECHA:	04/10/19
	HORA:	8:20 a. m.
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,1
	CORRIENTE:	0,29
1)	R MAX	296
	R MIN	287,5
	R MEDIA	241,4
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19
	CORRIENTE:	0,24
1)	RMAX	177,9
	RMIN	128,9
	RMEDIA	155,9
2)	RMAX	249,9
	RMIN	198,4
	RMEDIA	252,3
3)	RMAX	316,6
	RMIN	282,7
	RMEDIA	305,7
4)	RMAX	349,3
	RMIN	304,5
	RMEDIA	339,7
5)	RMAX	401,5
	RMIN	372,5
	RMEDIA	420,4
6)	RMAX	365
	RMIN	354,7
	RMEDIA	377
7)	RMAX	330,4
	RMIN	301,5
	RMEDIA	307,5
8)	RMAX	295,3
	RMIN	271,4
	RMEDIA	277,7
9)	RMAX	339,9
	RMIN	282,1
	RMEDIA	277,4

Fuente: Autores

Tabla 55. Datos recolectados octubre 04, de 8:40-9:00 am

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

	FECHA:	4/10/2019
	HORA:	8:40 am
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,4
	CORRIENTE:	0,58
1)	R MAX	464,1
	R MIN	410,5
	R MEDIA	467,2
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,3
	CORRIENTE:	0,24
1)	RMAX	229,7
	RMIN	194
	RMEDIA	220,3
2)	RMAX	326,7
	RMIN	276,4
	RMEDIA	280,4
3)	RMAX	386,4
	RMIN	369
	RMEDIA	358,4
4)	RMAX	450
	RMIN	406,7
	RMEDIA	427,7
5)	RMAX	598,7
	RMIN	496,2
	RMEDIA	554,8
6)	RMAX	497,1
	RMIN	475,3
	RMEDIA	480,4
7)	RMAX	435,8
	RMIN	350,8
	RMEDIA	359,8
8)	RMAX	324,8
	RMIN	313,4
	RMEDIA	313,8
9)	RMAX	347,8
	RMIN	320,3
	RMEDIA	340,5

	FECHA:	4/10/2019
	HORA:	9:00 a. m.
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,2
	CORRIENTE:	0,68
1)	R MAX	627
	R MIN	584
	R MEDIA	619
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,4
	CORRIENTE:	0,32
1)	RMAX	351,2
	RMIN	291,2
	RMEDIA	284,4
2)	RMAX	376,1
	RMIN	346,1
	RMEDIA	371,4
3)	RMAX	461,4
	RMIN	432,7
	RMEDIA	460,2
4)	RMAX	551,4
	RMIN	530,4
	RMEDIA	535,6
5)	RMAX	655,9
	RMIN	556,9
	RMEDIA	599,3
6)	RMAX	591,2
	RMIN	520,2
	RMEDIA	535,2
7)	RMAX	434,1
	RMIN	415,7
	RMEDIA	420,2
8)	RMAX	389,2
	RMIN	343,1
	RMEDIA	335,2
9)	RMAX	358,1
	RMIN	316,6
	RMEDIA	315,5

Fuente: Autores

Tabla 56. Datos recolectados octubre 04, de 9:20-9:40 am

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

	FECHA:	4/10/2019
	HORA:	9:20 a. m.
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,3
	CORRIENTE:	0,3
1)	R MAX	662,1
	R MIN	692,1
	R MEDIA	658,7
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,92
	CORRIENTE:	0,9
1)	RMAX	431,5
	RMIN	342,8
	RMEDIA	315,4
2)	RMAX	434,3
	RMIN	394,6
	RMEDIA	235,4
3)	RMAX	416
	RMIN	440
	RMEDIA	450,1
4)	RMAX	617,8
	RMIN	550,1
	RMEDIA	546,1
5)	RMAX	632
		616,8
	RMIN	616,8
	RMEDIA	623
6)	RMAX	578
	RMIN	552,2
	RMEDIA	555,3
7)	RMAX	496
	RMIN	486
	RMEDIA	465
8)	RMAX	444
	RMIN	430,1
	RMEDIA	428
9)	RMAX	448
	RMIN	404
	RMEDIA	413,8

	FECHA:	4/10/2019
	HORA:	9:40 a. m.
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,9
	CORRIENTE:	0,7
1)	R MAX	700,1
	R MIN	679,8
	R MEDIA	725,4
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,1
	CORRIENTE:	0,35
1)	RMAX	441,2
	RMIN	408,2
	RMEDIA	404,2
2)	RMAX	449
	RMIN	408
	RMEDIA	456
3)	RMAX	587,9
	RMIN	363,4
	RMEDIA	574
4)	RMAX	790
	RMIN	720
	RMEDIA	732
5)	RMAX	813,4
	RMIN	751,5
	RMEDIA	782
6)	RMAX	695,1
	RMIN	632,1
	RMEDIA	640
7)	RMAX	548,1
	RMIN	488,7
	RMEDIA	523,4
8)	RMAX	478,3
	RMIN	432,1
	RMEDIA	471
9)	RMAX	411
	RMIN	295
	RMEDIA	375

Fuente: Autores

Tabla 57. Datos recolectados octubre 04, de 10:00 am

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

	FECHA:	4/10/2019
	HORA:	10:00 a. m.
	TEMPERATURA:	33°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19
	CORRIENTE:	0,7
1)	R MAX	896,7
	R MIN	752
	R MEDIA	809,6
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,4
	CORRIENTE:	0,34
1)	RMAX	494,2
	RMIN	473,2
	RMEDIA	489,2
2)	RMAX	525,9
	RMIN	426,7
	RMEDIA	380,2
3)	RMAX	530,9
	RMIN	350,6
	RMEDIA	366,7
4)	RMAX	435
	RMIN	323
	RMEDIA	388
5)	RMAX	270
	RMIN	277
	RMEDIA	301
6)	RMAX	255,6
	RMIN	220,1
	RMEDIA	218
7)	RMAX	207,6
	RMIN	155,7
	RMEDIA	207,5
8)	RMAX	298
	RMIN	296
	RMEDIA	192
9)	RMAX	191,7
	RMIN	181,2
	RMEDIA	180,3

Fuente: Autores

Tabla 58. Datos recolectados octubre 07, de 9:00-9:20 am

	FECHA:	7/10/2019
	HORA:	9:00 a. m.
	TEMPERATURA:	28°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,69
	CORRIENTE:	0,25
1)	R MAX	223,4
	R MIN	190
	R MEDIA	255,3
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,16
	CORRIENTE:	0,1
1)	RMAX	196,9
	RMIN	191,9
	RMEDIA	209,1
2)	RMAX	199,8
	RMIN	196,6
	RMEDIA	203,3
3)	RMAX	219,4
	RMIN	217
	RMEDIA	233,1
4)	RMAX	241,2
	RMIN	240,6
	RMEDIA	252,1
5)	RMAX	233,3
	RMIN	168,3
	RMEDIA	160,2
6)	RMAX	107,6
	RMIN	102,4
	RMEDIA	107,3
7)	RMAX	75,6
	RMIN	74,4
	RMEDIA	240,4
8)	RMAX	399,6
	RMIN	374,8
	RMEDIA	440,2
9)	RMAX	260,8
	RMIN	252,3
	RMEDIA	317,5

	FECHA:	7/10/2019
	HORA:	9:20 a. m.
	TEMPERATURA:	25°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,9
	CORRIENTE:	0,5
1)	R MAX	575,2
	R MIN	556,2
	R MEDIA	564
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	20,1
	CORRIENTE:	0,1
1)	RMAX	429,5
	RMIN	373,8
	RMEDIA	410
2)	RMAX	472,9
	RMIN	941,8
	RMEDIA	450
3)	RMAX	526,8
	RMIN	510,1
	RMEDIA	517,6
4)	RMAX	558,5
	RMIN	518,8
	RMEDIA	500
5)	RMAX	468,9
	RMIN	316,1
	RMEDIA	342
6)	RMAX	342,3
	RMIN	339
	RMEDIA	400
7)	RMAX	294,4
	RMIN	235,6
	RMEDIA	232
8)	RMAX	320,4
	RMIN	181,3
	RMEDIA	385
9)	RMAX	307,4
	RMIN	295,9
	RMEDIA	307

Fuente: Autorese

Tabla 59. Datos recolectados octubre 07, de 9:40-10:00 am

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

	FECHA:	7/10/2019
	HORA:	9:40 a. m.
	TEMPERATURA:	
PANEL RÍGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	20,18
	CORRIENTE:	0,46
1)	R MAX	730,3
	R MIN	344,3
	R MEDIA	805
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,59
	CORRIENTE:	0,12
1)	RMAX	507,8
	RMIN	420,9
	RMEDIA	418,4
2)	RMAX	308,8
	RMIN	306,9
	RMEDIA	503,9
3)	RMAX	574,2
	RMIN	561,4
	RMEDIA	604
4)	RMAX	814,7
	RMIN	797,5
	RMEDIA	836,8
5)	RMAX	864,8
	RMIN	855
	RMEDIA	875,4
6)	RMAX	670,8
	RMIN	649,3
	RMEDIA	826,6
7)	RMAX	432,7
	RMIN	429,3
	RMEDIA	454,9
8)	RMAX	134,7
	RMIN	126,1
	RMEDIA	123,1
9)	RMAX	499,2
	RMIN	489,9
	RMEDIA	515,5

	FECHA:	7/10/2019
	HORA:	10:00 a. m.
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RÍGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,5
	CORRIENTE:	0,6
1)	R MAX	299,4
	R MIN	155,6
	R MEDIA	152
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	17,8
	CORRIENTE:	0,15
1)	RMAX	127,4
	RMIN	122,6
	RMEDIA	126
2)	RMAX	145,6
	RMIN	144,1
	RMEDIA	163,3
3)	RMAX	567,3
	RMIN	515,5
	RMEDIA	554,3
4)	RMAX	643,3
	RMIN	555,4
	RMEDIA	573,3
5)	RMAX	162,3
	RMIN	157,1
	RMEDIA	200,3
6)	RMAX	343,5
	RMIN	306,5
	RMEDIA	312
7)	RMAX	191,7
	RMIN	168,1
	RMEDIA	187,6
8)	RMAX	165,4
	RMIN	157,1
	RMEDIA	167,7
9)	RMAX	216,5
	RMIN	153,8
	RMEDIA	193,5

Fuente: Autores

Tabla 60. Datos recolectados octubre 07, de 10:20-10:40 am

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

	FECHA:	7/10/2019
	HORA:	10:20 a. m.
	TEMPERATURA:	33°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,69
	CORRIENTE:	0,21
1)	R MAX	185,6
	R MIN	181,9
	R MEDIA	192,8
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	20,69
	CORRIENTE:	0,64
1)	RMAX	352
	RMIN	340,3
	RMEDIA	360,4
2)	RMAX	438,3
	RMIN	424,9
	RMEDIA	438,9
3)	RMAX	539,5
	RMIN	521,1
	RMEDIA	520,7
4)	RMAX	639,7
	RMIN	625,3
	RMEDIA	643,8
5)	RMAX	802,8
	RMIN	619,5
	RMEDIA	720,7
6)	RMAX	821,3
	RMIN	803,3
	RMEDIA	505,7
7)	RMAX	369
	RMIN	305,9
	RMEDIA	729,5
8)	RMAX	506,9
	RMIN	488,8
	RMEDIA	235,7
9)	RMAX	309,4
	RMIN	253,5
	RMEDIA	544,5

	FECHA:	7/10/2019
	HORA:	10:40 a. m.
	TEMPERATURA:	31°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,03
	CORRIENTE:	0,12
1)	R MAX	703,6
	R MIN	632,8
	R MEDIA	680,3
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,5
	CORRIENTE:	0,15
1)	RMAX	428,4
	RMIN	307,5
	RMEDIA	414,2
2)	RMAX	566
	RMIN	478,3
	RMEDIA	494,3
3)	RMAX	506,7
	RMIN	471,5
	RMEDIA	497,3
4)	RMAX	629,9
	RMIN	577,1
	RMEDIA	634,2
5)	RMAX	813,6
	RMIN	791,1
	RMEDIA	824,6
6)	RMAX	868,4
	RMIN	823,6
	RMEDIA	855,2
7)	RMAX	784,2
	RMIN	763,5
	RMEDIA	753
8)	RMAX	542,4
	RMIN	528
	RMEDIA	252,8
9)	RMAX	338
	RMIN	186,5
	RMEDIA	184

Fuente: Autores

Tabla 61. Datos recolectados octubre 07, de 11:00-11:20 am

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

	FECHA:	7/10/2019
	HORA:	11:00 a. m.
	TEMPERATURA:	31°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,3
	CORRIENTE:	0,17
1)	R MAX	875,8
	R MIN	845,4
	R MEDIA	868,7
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	14,48
	CORRIENTE:	0,14
1)	RMAX	377,9
	RMIN	363,3
	RMEDIA	374,9
2)	RMAX	472,1
	RMIN	453,3
	RMEDIA	463,8
3)	RMAX	591,3
	RMIN	565,4
	RMEDIA	572,6
4)	RMAX	742,2
	RMIN	730,1
	RMEDIA	733,2
5)	RMAX	931,1
	RMIN	929,5
	RMEDIA	933,7
6)	RMAX	933,3
	RMIN	923
	RMEDIA	930,7
7)	RMAX	813,6
	RMIN	803,8
	RMEDIA	809,5
8)	RMAX	724,3
	RMIN	722,6
	RMEDIA	736,5
9)	RMAX	687,5
	RMIN	659,3
	RMEDIA	681,4

	FECHA:	7/10/2019
	HORA:	11:20 a. m.
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	17,6
	CORRIENTE:	0,2
1)	R MAX	157,1
	R MIN	111,9
	R MEDIA	158,8
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	18,2
	CORRIENTE:	0,15
1)	RMAX	88,6
	RMIN	82,9
	RMEDIA	98,6
2)	RMAX	106,1
	RMIN	103
	RMEDIA	106,7
3)	RMAX	123,9
	RMIN	121,4
	RMEDIA	122,1
4)	RMAX	161,8
	RMIN	155,4
	RMEDIA	162,4
5)	RMAX	183,9
	RMIN	188,4
	RMEDIA	195
6)	RMAX	187,9
	RMIN	182,7
	RMEDIA	186,4
7)	RMAX	163,5
	RMIN	159,5
	RMEDIA	160
8)	RMAX	143,5
	RMIN	141,1
	RMEDIA	147,5
9)	RMAX	140,6
	RMIN	126,1
	RMEDIA	132,4

Fuente: Autores

Tabla 62. Datos recolectados octubre 08, de 9:00-9:20 am

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

	FECHA:	8/10/2019
	HORA:	9:00
	TEMPERATURA:	27°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,95
	CORRIENTE:	0,6
1)	R MAX	498
	R MIN	482,5
	R MEDIA	437,7
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,72
	CORRIENTE:	0,08
1)	RMAX	255,6
	RMIN	238,3
	RMEDIA	239,3
2)	RMAX	277,1
	RMIN	270
	RMEDIA	291,9
3)	RMAX	332,2
	RMIN	328,9
	RMEDIA	352,6
4)	RMAX	389
	RMIN	374,2
	RMEDIA	364,1
5)	RMAX	405,3
	RMIN	386,9
	RMEDIA	363,6
6)	RMAX	367,5
	RMIN	342
	RMEDIA	355,9
7)	RMAX	319,7
	RMIN	312,2
	RMEDIA	305,2
8)	RMAX	286,7
	RMIN	273,7
	RMEDIA	231,9
9)	RMAX	225,9
	RMIN	215,9
	RMEDIA	241,7

	FECHA:	8/10/2019
	HORA:	9:20 a. m.
	TEMPERATURA:	28°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,1
	CORRIENTE:	0,5
1)	R MAX	596
	R MIN	557,2
7,2	R MEDIA	595,4
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,5
	CORRIENTE:	0,09
1)	RMAX	277,7
	RMIN	258,5
	RMEDIA	268
2)	RMAX	292,7
	RMIN	264,2
	RMEDIA	263,4
3)	RMAX	321,4
	RMIN	299
	RMEDIA	297,5
4)	RMAX	334,1
	RMIN	319,7
	RMEDIA	317,4
5)	RMAX	396,3
	RMIN	377,9
	RMEDIA	378,4
6)	RMAX	359,8
	RMIN	302,3
	RMEDIA	346,4
7)	RMAX	254,4
	RMIN	245,2
	RMEDIA	280,6
8)	RMAX	263,9
	RMIN	195,2
	RMEDIA	200,3
9)	RMAX	268,1
	RMIN	212
	RMEDIA	202,3

Fuente: Autores

Tabla 63. Datos recolectados octubre 08, de 9:40-10:00 am

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

R-DC-95 INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO Y
PRÁCTICA

VERSIÓN: 01

	FECHA:	8/10/2019
	HORA:	9:40 a. m.
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,3
	CORRIENTE:	0,2
1)	R MAX	169,2
	R MIN	165,4
	R MEDIA	164,2
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	18,43
	CORRIENTE:	0,1
1)	RMAX	73,7
	RMIN	71,4
	RMEDIA	73,8
2)	RMAX	88,6
	RMIN	81,7
	RMEDIA	82,5
3)	RMAX	108,4
	RMIN	103
	RMEDIA	111,7
4)	RMAX	147,3
	RMIN	144,7
	RMEDIA	149,1
5)	RMAX	702,4
	RMIN	274
	RMEDIA	745,7
6)	RMAX	726,3
	RMIN	692,7
	RMEDIA	718,9
7)	RMAX	594,4
	RMIN	578,6
	RMEDIA	588,4
8)	RMAX	534,9
	RMIN	511,3
	RMEDIA	542,2
9)	RMAX	443,9
	RMIN	430,7
	RMEDIA	480

	FECHA:	8/10/2019
	HORA:	10:00 a. m.
	TEMPERATURA:	27°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,1
	CORRIENTE:	0,3
1)	R MAX	809,5
	R MIN	791,1
	R MEDIA	801,3
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	16,6
	CORRIENTE:	0,12
1)	RMAX	423,9
	RMIN	351,2
	RMEDIA	356
2)	RMAX	443,9
	RMIN	422
	RMEDIA	445,4
3)	RMAX	569,4
	RMIN	552,7
	RMEDIA	560,2
4)	RMAX	693,8
	RMIN	677,1
	RMEDIA	684,2
5)	RMAX	872,9
	RMIN	851,2
	RMEDIA	858
6)	RMAX	882,7
	RMIN	837,2
	RMEDIA	873,4
7)	RMAX	760,6
	RMIN	737,8
	RMEDIA	746,9
8)	RMAX	709,5
	RMIN	658,1
	RMEDIA	704,1
9)	RMAX	682,9
	RMIN	650,2
	RMEDIA	663,2

Fuente: Autores

Tabla 64. Datos recolectados octubre 08, de 10:20-10:40 am

	FECHA:	8/10/2019
	HORA:	10:20am
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,38
	CORRIENTE:	0,37
1)	R MAX	583,3
	R MIN	554,7
	R MEDIA	241,9
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,9
	CORRIENTE:	0,11
1)	RMAX	305,9
	RMIN	242,6
	RMEDIA	307,5
2)	RMAX	284
	RMIN	125,8
	RMEDIA	430,7
3)	RMAX	628,7
	RMIN	598,8
	RMEDIA	600
4)	RMAX	781,5
	RMIN	771,3
	RMEDIA	659,3
5)	RMAX	803,2
	RMIN	733,5
	RMEDIA	785
6)	RMAX	828,8
	RMIN	814,7
	RMEDIA	769,7
7)	RMAX	859,6
	RMIN	854,5
	RMEDIA	881,8
8)	RMAX	791,7
	RMIN	784,8
	RMEDIA	808,3
9)	RMAX	712,2
	RMIN	696,7
	RMEDIA	630,8

	FECHA:	8/10/2019
	HORA:	10:40 a. m.
	TEMPERATURA:	30°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,6
	CORRIENTE:	0,7
1)	R MAX	937,6
	R MIN	901,9
	R MEDIA	938,7
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,4
	CORRIENTE:	0,12
1)	RMAX	402,1
	RMIN	383,4
	RMEDIA	414,6
2)	RMAX	469,2
	RMIN	404,7
	RMEDIA	481,2
3)	RMAX	545,2
	RMIN	475,2
	RMEDIA	568,5
4)	RMAX	743,9
	RMIN	643,7
	RMEDIA	775,8
5)	RMAX	970,8
	RMIN	962,7
	RMEDIA	974,7
6)	RMAX	998
	RMIN	992,7
	RMEDIA	994,7
7)	RMAX	865,4
	RMIN	840,6
	RMEDIA	870,1
8)	RMAX	830,3
	RMIN	817,6
	RMEDIA	841,5
9)	RMAX	773,8
	RMIN	713
	RMEDIA	717,3

Fuente: Autores

Tabla 65. Datos recolectados octubre 08, de 11:00-11:20 am

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

	FECHA:	8/10/2019
	HORA:	11:00 a. m.
	TEMPERATURA:	30°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,9
	CORRIENTE:	0,83
1)	R MAX	1089
	R MIN	976
	R MEDIA	868
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,85
	CORRIENTE:	0,1
1)	RMAX	246
	RMIN	198,6
	RMEDIA	303,8
2)	RMAX	369,6
	RMIN	230,9
	RMEDIA	229,1
3)	RMAX	256,4
	RMIN	244,3
	RMEDIA	263,3
4)	RMAX	385,7
	RMIN	317,8
	RMEDIA	321,3
5)	RMAX	511,9
	RMIN	426,6
	RMEDIA	490,1
6)	RMAX	586,1
	RMIN	447,9
	RMEDIA	580,5
7)	RMAX	733,5
	RMIN	751,8
	RMEDIA	323,8
8)	RMAX	197,6
	RMIN	182,2
	RMEDIA	184,4
9)	RMAX	176
	RMIN	148,5
	RMEDIA	155,6

	FECHA:	8/10/2019
	HORA:	11:20 a. m.
	TEMPERATURA:	27°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,1
	CORRIENTE:	0,4
1)	R MAX	35,8
	R MIN	340
	R MEDIA	362
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,4
	CORRIENTE:	0,11
1)	RMAX	160,6
	RMIN	149,4
	RMEDIA	158,3
2)	RMAX	194,2
	RMIN	176,7
	RMEDIA	180,2
3)	RMAX	228,5
	RMIN	221,6
	RMEDIA	224,6
4)	RMAX	303
	RMIN	285,7
	RMEDIA	298,2
5)	RMAX	375
	RMIN	372,1
	RMEDIA	377
6)	RMAX	390,3
	RMIN	389,2
	RMEDIA	391,2
7)	RMAX	351,8
	RMIN	350
	RMEDIA	374
8)	RMAX	336,4
	RMIN	306
	RMEDIA	300
9)	RMAX	289,2
	RMIN	270,8
	RMEDIA	266,6

Fuente: Autores

Tabla 66. Datos recolectados octubre 09, de 9:10-9:30 am

	FECHA:	9/10/2019
	HORA:	9:10 a. m.
	TEMPERATURA:	27°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	13,95
	CORRIENTE:	2,9
1)	R MAX	415,9
	R MIN	411,3
	R MEDIA	414,5
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	13,56
	CORRIENTE:	1,3
1)	RMAX	295
	RMIN	193,6
	RMEDIA	198,6
2)	RMAX	273,5
	RMIN	248,1
	RMEDIA	242,1
3)	RMAX	293,6
	RMIN	287,5
	RMEDIA	288,8
4)	RMAX	361
	RMIN	343,1
	RMEDIA	332,6
5)	RMAX	409
	RMIN	398,4
	RMEDIA	409,7
6)	RMAX	416,5
	RMIN	407,2
	RMEDIA	424,9
7)	RMAX	353,5
	RMIN	240,4
	RMEDIA	424,9
8)	RMAX	324,9
	RMIN	313,8
	RMEDIA	324,7
9)	RMAX	280,9
	RMIN	269,4
	RMEDIA	283,2

	FECHA:	9/10/2019
	HORA:	9:30 a. m.
	TEMPERATURA:	28°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	16,6
	CORRIENTE:	2,3
1)	R MAX	590,9
	R MIN	576
	R MEDIA	588
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	14,15
	CORRIENTE:	1,7
1)	RMAX	245,4
	RMIN	220
	RMEDIA	238
2)	RMAX	287,3
	RMIN	266,7
	RMEDIA	290,2
3)	RMAX	349,7
	RMIN	332
	RMEDIA	332
4)	RMAX	480
	RMIN	452,2
	RMEDIA	476,7
5)	RMAX	618,4
	RMIN	601,7
	RMEDIA	611,6
6)	RMAX	630,5
	RMIN	608,7
	RMEDIA	621,6
7)	RMAX	540,3
	RMIN	523,6
	RMEDIA	535,1
8)	RMAX	500,5
	RMIN	484,8
	RMEDIA	509,9
9)	RMAX	468,7
	RMIN	452,7
	RMEDIA	471,4

Fuente: Autores

Tabla 67. Datos recolectados octubre 09, de 9:50-10:10 am

	FECHA:	9/10/2019
	HORA:	9:50 a. m.
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,1
	CORRIENTE:	1,06
1)	R MAX	727,8
	R MIN	718
	R MEDIA	707,4
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	17,9
	CORRIENTE:	1,8
1)	RMAX	345,8
	RMIN	297,1
	RMEDIA	315,5
2)	RMAX	393,4
	RMIN	355,2
	RMEDIA	373,4
3)	RMAX	466,9
	RMIN	441
	RMEDIA	436,5
4)	RMAX	559,3
	RMIN	528,7
	RMEDIA	551,9
5)	RMAX	705,5
	RMIN	681,9
	RMEDIA	699,7
6)	RMAX	672,9
	RMIN	667,9
	RMEDIA	686,6
7)	RMAX	587,3
	RMIN	578,3
	RMEDIA	595,1
8)	RMAX	500,5
	RMIN	484,8
	RMEDIA	509,9
9)	RMAX	468,7
	RMIN	452,7
	RMEDIA	471,4

	FECHA:	9/10/2019
	HORA:	10:10 a. m.
	TEMPERATURA:	29°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,8
	CORRIENTE:	0,7
1)	R MAX	686,3
	R MIN	661,2
	R MEDIA	682
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,1
	CORRIENTE:	0,36
1)	RMAX	332,4
	RMIN	304,6
	RMEDIA	315
2)	RMAX	392,1
	RMIN	367,3
	RMEDIA	370,2
3)	RMAX	456,6
	RMIN	424,3
	RMEDIA	440,2
4)	RMAX	514,7
	RMIN	504
	RMEDIA	513
5)	RMAX	669,8
	RMIN	664,1
	RMEDIA	666,2
6)	RMAX	647,7
	RMIN	642,6
	RMEDIA	645,3
7)	RMAX	562,1
	RMIN	562,3
	RMEDIA	667,7
8)	RMAX	518,2
	RMIN	502,3
	RMEDIA	493
9)	RMAX	507,2
	RMIN	477,5
	RMEDIA	498

Fuente: Autores

Tabla 68. Datos recolectados octubre 09, de 10:30-10:50 am

	FECHA:	9/10/2019
	HORA:	10:30 a. m.
	TEMPERATURA:	30°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,7
	CORRIENTE:	0,67
1)	R MAX	692,8
	R MIN	664,6
	R MEDIA	690,1
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,1
	CORRIENTE:	0
1)	RMAX	247
	RMIN	224,7
	RMEDIA	238,2
2)	RMAX	353,1
	RMIN	334,5
	RMEDIA	342,9
3)	RMAX	453,7
	RMIN	438,7
	RMEDIA	445,8
4)	RMAX	582,1
	RMIN	566
	RMEDIA	580,8
5)	RMAX	739,3
	RMIN	727,8
	RMEDIA	741,1
6)	RMAX	740,6
	RMIN	735,7
	RMEDIA	738,9
7)	RMAX	753,5
	RMIN	745,4
	RMEDIA	651
8)	RMAX	570,6
	RMIN	555,9
	RMEDIA	564,7
9)	RMAX	502,3
	RMIN	490
	RMEDIA	500,9

	FECHA:	9/10/2019
	HORA:	10:50 a. m.
	TEMPERATURA:	30°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,5
	CORRIENTE:	0,69
1)	R MAX	782,5
	R MIN	753,7
	R MEDIA	789
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,1
	CORRIENTE:	0,2
1)	RMAX	283,7
	RMIN	242,7
	RMEDIA	250,7
2)	RMAX	332,2
	RMIN	313,8
	RMEDIA	301,5
3)	RMAX	434,1
	RMIN	414
	RMEDIA	425,5
4)	RMAX	580,9
	RMIN	522,4
	RMEDIA	565,2
5)	RMAX	453,3
	RMIN	442,4
	RMEDIA	440
6)	RMAX	750,2
	RMIN	728,4
	RMEDIA	742,6
7)	RMAX	667,5
	RMIN	728,4
	RMEDIA	742,6
8)	RMAX	593
	RMIN	575,8
	RMEDIA	588
9)	RMAX	549,9
	RMIN	532,6
	RMEDIA	540

Fuente: Autores

Tabla 69. Datos recolectados octubre 11, de 9:00-9:20 am

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

	FECHA:	11/10/2019
	HORA:	9:00 a. m.
	TEMPERATURA:	28°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,22
	CORRIENTE:	4,12
1)	R MAX	620,3
	R MIN	615,5
	R MEDIA	629,3
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	14,2
	CORRIENTE:	1,8
1)	RMAX	289,8
	RMIN	255,6
	RMEDIA	290,6
2)	RMAX	379
	RMIN	320,3
	RMEDIA	340
3)	RMAX	437,6
	RMIN	429,2
	RMEDIA	417,2
4)	RMAX	540,6
	RMIN	518,2
	RMEDIA	515,5
5)	RMAX	619,1
	RMIN	588,6
	RMEDIA	600,6
6)	RMAX	603,3
	RMIN	554,5
	RMEDIA	562,5
7)	RMAX	512,4
	RMIN	458,9
	RMEDIA	503,7
8)	RMAX	408,4
	RMIN	390,9
	RMEDIA	420,6
9)	RMAX	368,5
	RMIN	350,6
	RMEDIA	379,2

	FECHA:	11/10/2019
	HORA:	9:20 a. m.
	TEMPERATURA:	28°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	17,2
	CORRIENTE:	2,2
1)	R MAX	704,7
	R MIN	659,8
	R MEDIA	702
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	14,8
	CORRIENTE:	1,99
1)	RMAX	382,3
	RMIN	349,5
	RMEDIA	351,3
2)	RMAX	432,4
	RMIN	429,9
	RMEDIA	425,5
3)	RMAX	460
	RMIN	432,6
	RMEDIA	449,9
4)	RMAX	560,8
	RMIN	551,6
	RMEDIA	562,7
5)	RMAX	759,5
	RMIN	745,8
	RMEDIA	736,7
6)	RMAX	752,2
	RMIN	725,9
	RMEDIA	731,8
7)	RMAX	784,9
	RMIN	666
	RMEDIA	665
8)	RMAX	578,6
	RMIN	526
	RMEDIA	572,2
9)	RMAX	572
	RMIN	537,8
	RMEDIA	530,1

Fuente: Autores

Tabla 70. Datos recolectados octubre 11, de 9:40-10:00 am

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

	FECHA:	11/10/2019
	HORA:	9:40am
	TEMPERATURA:	28°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	17,85
	CORRIENTE:	0,59
1)	R MAX	327,3
	R MIN	323,2
	R MEDIA	324,9
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	16,5
	CORRIENTE:	0,6
1)	RMAX	142,8
	RMIN	137
	RMEDIA	142,6
2)	RMAX	173,8
	RMIN	168,7
	RMEDIA	173,9
3)	RMAX	211,3
	RMIN	201,3
	RMEDIA	203,4
4)	RMAX	260,8
	RMIN	250,8
	RMEDIA	256,5
5)	RMAX	309,7
	RMIN	307,4
	RMEDIA	307,5
6)	RMAX	295
	RMIN	292,5
	RMEDIA	292,7
7)	RMAX	254,7
	RMIN	247,2
	RMEDIA	249,8
8)	RMAX	223
	RMIN	218,8
	RMEDIA	220,7
9)	RMAX	193,4
	RMIN	188,8
	RMEDIA	191,6

	FECHA:	11/10/2019
	HORA:	10:00 a. m.
	TEMPERATURA:	27°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,4
	CORRIENTE:	0,36
1)	R MAX	305,1
	R MIN	283,8
	R MEDIA	305
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	14,5
	CORRIENTE:	0,86
1)	RMAX	125,7
	RMIN	115,7
	RMEDIA	124,8
2)	RMAX	157,9
	RMIN	151,4
	RMEDIA	151,6
3)	RMAX	180,2
	RMIN	177,9
	RMEDIA	181,5
4)	RMAX	234,9
	RMIN	230,3
	RMEDIA	234,2
5)	RMAX	294,9
	RMIN	292,1
	RMEDIA	294,5
6)	RMAX	291,5
	RMIN	285
	RMEDIA	288,3
7)	RMAX	2574,5
	RMIN	250,4
	RMEDIA	249,8
8)	RMAX	223,9
	RMIN	219,3
	RMEDIA	220
9)	RMAX	205,5
	RMIN	201,1
	RMEDIA	207,6

Fuente: Autores

Tabla 71. Datos recolectados octubre 11, de 10:20-10:40 am

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

	FECHA:	11/10/2019
	HORA:	10:20
	TEMPERATURA:	25°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,72
	CORRIENTE:	0,36
1)	R MAX	304,2
	R MIN	291,2
	R MEDIA	307,9
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	18,9
	CORRIENTE:	0,26
1)	RMAX	130,3
	RMIN	127,8
	RMEDIA	129,7
2)	RMAX	157,3
	RMIN	153,7
	RMEDIA	157
3)	RMAX	194,2
	RMIN	190,5
	RMEDIA	192,5
4)	RMAX	244,1
	RMIN	240,6
	RMEDIA	241,8
5)	RMAX	302,4
	RMIN	299,4
	RMEDIA	300,3
6)	RMAX	294,4
	RMIN	289,6
	RMEDIA	290,9
7)	RMAX	253,9
	RMIN	252,2
	RMEDIA	254,8
8)	RMAX	228,8
	RMIN	218,2
	RMEDIA	229,5
9)	RMAX	194,6
	RMIN	191,1
	RMEDIA	196,2

	FECHA:	11/10/2019
	HORA:	10:40 a. m.
	TEMPERATURA:	25°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	19,3
	CORRIENTE:	0,39
1)	R MAX	321,8
	R MIN	290,4
	R MEDIA	324
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	18,9
	CORRIENTE:	0,2
1)	RMAX	140,1
	RMIN	132
	RMEDIA	134,4
2)	RMAX	170
	RMIN	156,8
	RMEDIA	155
3)	RMAX	209,2
	RMIN	205,5
	RMEDIA	208,6
4)	RMAX	275,4
	RMIN	267,3
	RMEDIA	270,1
5)	RMAX	338,7
	RMIN	335,3
	RMEDIA	340
6)	RMAX	342,6
	RMIN	336,2
	RMEDIA	338,9
7)	RMAX	303
	RMIN	298,8
	RMEDIA	301,6
8)	RMAX	276,5
	RMIN	268,5
	RMEDIA	274,1
9)	RMAX	260,8
	RMIN	253,5
	RMEDIA	263,9

Fuente: Autores

Tabla 72. Datos recolectados octubre 11, de 11:20 am

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

	FECHA:	11/10/2019
	HORA:	11:20 a. m.
	TEMPERATURA:	28°C
PANEL RIGIDO		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE:	18,5
	CORRIENTE:	0,4
1)	R MAX	671
	R MIN	658,1
	R MEDIA	661,3
PANEL FLEXIBLE		
	POSICIÓN:	N-S
	VOLTAJE :	19,2
	CORRIENTE:	0,15
1)	RMAX	327,2
	RMIN	254,1
	RMEDIA	315
2)	RMAX	407,8
	RMIN	391,5
	RMEDIA	455
3)	RMAX	538,3
	RMIN	500,4
	RMEDIA	490,7
4)	RMAX	847,6
	RMIN	791,7
	RMEDIA	785
5)	RMAX	944,5
	RMIN	910,8
	RMEDIA	834
6)	RMAX	701,3
	RMIN	693
	RMEDIA	689
7)	RMAX	633
	RMIN	621,4
	RMEDIA	628,2
8)	RMAX	625,9
	RMIN	604
	RMEDIA	613,7
9)	RMAX	620,7
	RMIN	597,3
	RMEDIA	613

Fuente: Autores

8.2. Característica técnica del panel flexible

RNG-100DB-H

100W Flexible Monocrystalline Solar Panel

Electrical Data

Maximum Power at STC*	100 W
Optimum Operating Voltage (V_{mp})	18.9 V
Optimum Operating Current (I_{mp})	5.29 A
Open Circuit Voltage (V_{oc})	22.5V
Short Circuit Current (I_{sc})	5.75 A
Cell Efficiency	21%
Maximum System Voltage	600 VDC
Maximum Series Fuse Rating	15 A

Thermal Characteristics

Operating Module Temperature	-40°C to +85°C
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.42%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.31%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.05%/°C

Junction Box

IP Rating	IP 68
Number of Diodes	2 Diode(s)
Output Cables	12 AWG (Negative length: 450mm, 17.7 in.) Positive length: 150mm, 5.9 in.)

Mechanical Data

Solar Cell Type	Monocrystalline (5 x 5 in)
Number of Cells	36 (4 x 9)
Dimensions	48.0 x 21.6 x 0.08 in (1219 x 549 x 2 mm)
Weight	4.2 lbs (1.9 kg)
Application Class	Class A
Frame	None
Connectors	MC4 Connectors
Fire Rating	Class C

MC4 Connectors

Rated Current	30A
Maximum Voltage	1000VDC
Maximum AWG Size Range	10 AWG
Temperature Range	-40°F to 194°F
IP Rating	IP 67

Certifications



8.3. Característica técnica del panel rígido

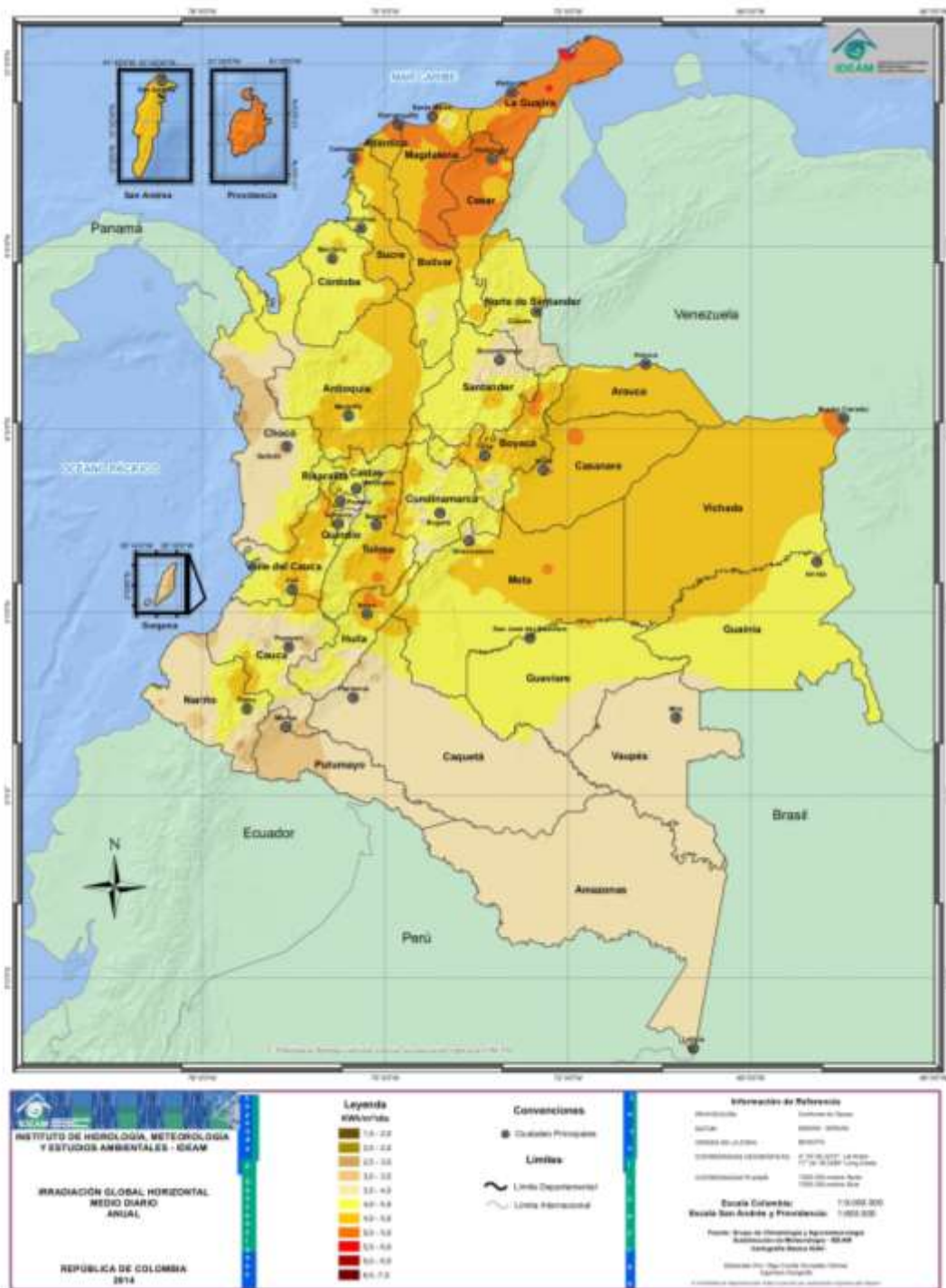
Elektrische Daten

Typ	TE 1250 /110	TE 1250 /115	TE 1250 /120	TE 1250 /125	TE 1250 /130
Nennleistung P _{mp}	110 Wp	115 Wp	120 Wp	125 Wp	130 Wp
Nennspannung U _{mp}	17,3 V	17,5 V	17,6 V	17,8 V	18,0 V
Nennstrom I _{mp}	6,3 A	6,5 A	6,8 A	7,0 A	7,2 A
Kurzschlußstrom I _{sc}	6,8 A	7,1 A	7,3 A	7,5 A	7,7 A
Leerlaufspannung U _{oc}	21,7 V	21,9 V	22,0 V	22,1 V	22,2 V
Modulwirkungsgrad	11,8	12,3	12,8	13,4	13,9

8.4. Características técnicas del inversor

Technical data*	Sunny Tripower CORE1 (US)
Input (DC)	
Max. usable DC power (@ $\cos \phi = 1$)	51000 W
DC Voltage (max)	1000 V
Rated MPPT voltage range	500 V ... 800 V
MPPT operating voltage range	150 V ... 1000 V
Min. DC voltage / start voltage	150 V / 188 V
Number of independent MPP trackers / strings per MPP input	6 / 2
Max. operating input current / per MPP tracker	120 A / 20 A
Max. short circuit current per MPPT / string input	30 A / 30 A
Output (AC)	
AC nominal power	50000 W
Max. AC apparent power	53000 VA
Output phases / line connections	3 / 3-N-PE
Nominal AC voltage	480 V / 277 V WYE
AC voltage range	244 V ... 305 V
Rated AC grid frequency	60 Hz
AC grid frequency / range	50 Hz, 60 Hz / -6 Hz ... +5Hz
Max. output current	64 A
Power factor at rated power / adjustable displacement	1 / 0.0 leading ... 0.0 lagging
Harmonics THD	<3 %
Efficiency	
Max. efficiency / CEC efficiency / European efficiency	>98 % / >98 % / >98 %

8.5. Irradiancia en Colombia



ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

8.6. Características técnicas del regulador

Features:

1. microcontrolador industrial integrado.
2. Pantalla LCD grande, todos los parámetros ajustables.
3. Gestión de carga PWM totalmente de 4 etapas.
4. PROTECCIÓN de cortocircuitos integrada, protección de circuito abierto, protección inversa, protección contra sobrecargas.
5. doble protección de la corriente inversa mosfet, baja producción de calor.

Parameter table:

Modelo	RBL-10A	RBL-20A	RBL-30A	RBL-40A	RBL-50A	RBL-60A
Voltaje de la batería	12 V 24 V Auto					
Corriente de carga	10A	20A	30A	40A	50A	60A
Descarga actual	10A	10A	10A	20A	30A	30A
De entrada Solar máximo	48 V (para batería de 24 V) 24 V (para batería de 12 V)					
Igualdad	14.4 V (sellado) 14.2 V (Gel) 14.6 V (DE)					
Float charge	13.7 V (deaut. ajustable)					
Descarga para	10.7 V (deaut. ajustable)					
De volver a conectar	12.6 V (deaut. ajustable)					
Carga a conectar	13 V					
Tensión de abrir Luz	Panel Solar0 V(Retardo de luces)					
Tensión de cerca de luz	Panel Solar0 V(Retardo de apagado de la luz)					
Salida USB	5 V/3A					
-Consumen	<10mA					
Temperatura de funcionamiento	-35 °C ~ + 60 °C					
Tamaño	133.5*70*35mm			168*90*47mm		

Connection :

1. Conecta la batería al regulador de carga-más y menos.
 2. Conecta el módulo fotovoltaico al regulador-más y menos.
 3. Conecta al consumidor al regulador de carga-más y menos.
- El pedido inverso se aplica al desinstalar.**
Una orden de secuencia incorrecta puede dañar el controlador.

8.7. Características técnicas de la batería

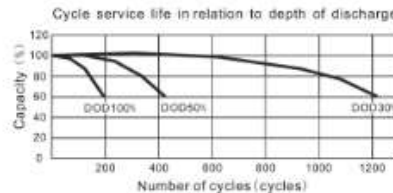
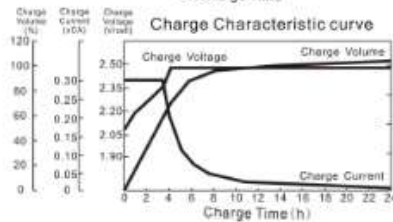
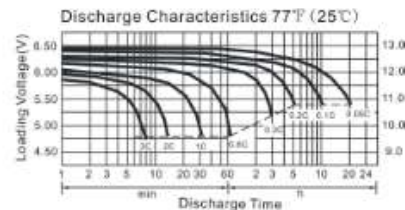
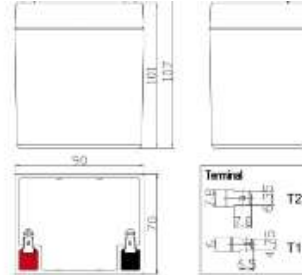


● Specifications

Nominal Voltage		12V
Rated Capacity 77°F(25°C) (20HR)		4.5Ah
Dimensions (mm/inch)	Length	90 (3.54)
	Width	70 (2.76)
	Height	101 (3.98)
	Total Height	107 (4.21)
Approx. Weight (kg/lbs)		1.38 (3.04)
Terminal		T1/T2

● Characteristic

Capacity 77°F(25°C)	20HR (0.225A)	4.50Ah
	10HR (0.419A)	4.19Ah
	5HR (0.765A)	3.83Ah
	1HR (2.745A)	2.75Ah
	15 min rate (8.33A)	2.08Ah
Internal Resistance	Full Charged Battery	Approx. 38mΩ
	77°F(25°C)	
Temperature dependence of capacity (20HR)	104°F(40°C)	102%
	77°F(25°C)	100%
	32°F(0°C)	85%
	5°F(-15°C)	65%
Self-Discharge 68°F(20°C) (Capacity after)	3 months	90%
	6 months	80%
	12 months	60%
Max. Discharge Current, 77°F(25°C)		68A(5s)
Floating design life, 77°F(25°C)		5 years
Constant Voltage Charge, 77°F(25°C)	Cycle	14.5-14.9V(-24mV/°C) max. current: 1.35 A
	Float	13.6-13.8V(-18mV/°C)



Constant Current Discharge Characteristics (A), 77°F(25°C)

F.V/TIME	5min	10min	15min	30min	60min	2H	3H	5H	8H	10H	20H
1.60V/cell	17.10	10.80	8.33	4.50	2.85	1.61	1.18	0.792	0.527	0.432	0.232
1.70V/cell	16.25	10.26	7.96	4.30	2.75	1.55	1.15	0.779	0.522	0.428	0.230
1.75V/cell	15.93	10.04	7.81	4.21	2.70	1.52	1.13	0.765	0.513	0.419	0.227
1.80V/cell	15.62	9.81	7.67	4.13	2.66	1.49	1.11	0.752	0.509	0.414	0.225

Constant Wattage Discharge Characteristics (Watt), 77°F(25°C)

F.V/TIME	5min	10min	15min	30min	60min	2H	3H	5H	8H	10H	20H
1.60V/cell	31.05	19.80	15.41	8.41	5.36	3.05	2.25	1.530	1.031	0.851	0.459
1.70V/cell	29.79	18.99	14.84	8.10	5.22	2.96	2.22	1.517	1.026	0.846	0.455
1.75V/cell	29.48	18.72	14.71	8.00	5.17	2.93	2.20	1.503	1.017	0.837	0.453
1.80V/cell	29.16	18.50	14.57	7.92	5.13	2.91	2.18	1.490	1.008	0.828	0.450

8.8. Características técnicas de la bomba

Bomba residencial de 1 HP para bombeo de
agua limpia a tinaco



FICHA TÉCNICA



MODELO

3HME100

CARACTERÍSTICA ESPECIAL

La de mayor presión en su categoría.

MARCA

EVANS

CATEGORÍA

Bombas de Superficie



USOS

La solución para el abastecimiento de
agua limpia en el hogar, departamentos,
granjas pequeñas, etc.
Para instalación en cisterna y llenado de
tinaco, desagüe de fosas.

BENEFICIOS

Ahorro de energía eléctrica.
Abastecimiento de agua.
Protección térmica.
Durable por su material de hierro fundido.

MOTOR

Tipo de Motor	Eléctrico
Marca del motor	Weg
Potencia del Motor	1.00 HP
RPM del Motor	3450 RPM
Voltaje	127 / 220 V
Fases del motor	Monofásico
Corriente	12.5/6 A
Protección térmica	Si

BOMBA

Tipo de Bomba	Doméstica
Flujo Óptimo	110.00 LPM
Altura Óptima	19.00 m
Numero de etapas	1 etapas
Diametro de succión	1.25 pulg
Diametro de descarga	1.00 pulg
Tipo de impulsor	Cerrado
Material del cuerpo	Hierro Gris
Material del impulsor	Nylon / Noryl
Material del sello mecanico	Cerámica, carbón, acero inoxidable y/o buna
Temperatura Maxima del Agua	40 C

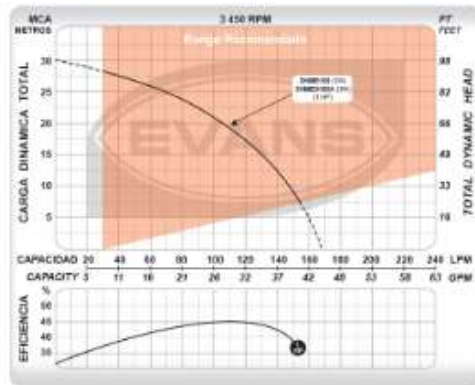
INFORMACION ADICIONAL

Garantía	1 año
Certificación	CONUEE / ANCE / NOM
Dimensiones de Empaque	39.00 X 20.00 X 25.00 cm
Peso	16.00 kg



Bomba residencial de 1 HP para bombeo de agua limpia a tinaco

FICHA TÉCNICA



MODELO

3HME100

CARACTERÍSTICA ESPECIAL

La de mayor presión en su categoría.

MARCA

EVANS

CATEGORÍA

Bombas de Superficie



USOS

La solución para el abastecimiento de
agua limpia en el hogar, departamentos,
granjas pequeñas, etc.
Para instalación en cisterna y llenado de
tinaco, desagüe de fosas.

BENEFICIOS

Ahorro de energía eléctrica.
Abastecimiento de agua.
Protección térmica.
Durable por su material de hierro fundido.

