



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MICRO FOTOVOLTAICO
SINCRONIZADO CON LA RED PARA UNA VIVIENDA TÍPICA DE LA CIUDAD DE
CUENCA”

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: EDISON FERNANDO JARA CÁRDENAS
TUTORA: ING. NATALIA XIMENA GONZÁLEZ ÁLVAREZ

Cuenca - Ecuador

2022

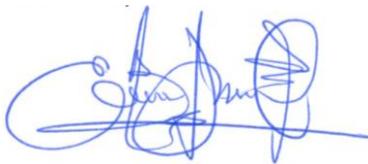
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Edison Fernando Jara Cárdenas con documento de identificación N° 0302016548, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 09 de mayo del 2022.

Atentamente,



Edison Fernando Jara Cárdenas

0302016548

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

Yo, Edison Fernando Jara Cárdenas con documento de identificación N° 0302016548, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto técnico: “Diseño e implementación de un sistema micro fotovoltaico sincronizado con la red para una vivienda típica de la ciudad de Cuenca”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cuenca, 09 de mayo del 2022.

Atentamente,



Edison Fernando Jara Cárdenas

0302016548

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Natalia Ximena González Álvarez con documento de identificación N° 1205860974, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MICRO FOTOVOLTAICO SINCRONIZADO CON LA RED PARA UNA VIVIENDA TÍPICA DE LA CIUDAD DE CUENCA”, realizado por Edison Fernando Jara Cárdenas con documento de identificación N° 0302016548, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 09 de mayo del 2022.

Atentamente,



Ing. Natalia Ximena González Álvarez
1205860974

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, siempre.

Contenido

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORES	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	¡Error! Marcador no definido.
Capítulo 1	13
1. Introducción	13
1.1. Generalidades.	13
Capítulo 2	16
2. Marco Teórico.	16
2.1. Energía solar.	16
2.2. Parámetros de la radiación solar.	17
• Radiación Solar Directa	17
• La radiación difusa	17
• Radiación reflejada	17
• Irradiancia solar	18
• Constante solar	18
• Radiación global.....	19
2.3. Sistemas Fotovoltaicos	19
2.3.1. Sistemas autónomos	19
2.3.2. Sistemas sincronizados con la red.....	20
2.3.2.1. Configuraciones de sistemas conectados a la red.	21
2.3.2.1.1. Autoconsumo con vertido a la red eléctrica	21
• Autoconsumo acogido a compensación.	22
2.3.2.1.2. Autoconsumo sin vertido a la red eléctrica	23
• Autoconsumo con acumulación en baterías.	23
• Autoconsumo sin excedentes.	26
2.4. Elementos de un sistema fotovoltaico conectado a red.	27
2.4.1. Paneles solares	27
2.4.1.1. Partes de un panel fotovoltaico	27
• Contactos eléctricos.	27
• Protección posterior.....	28
• Marco de soporte.	28
• Capas encapsulantes.	28

•	Cubierta exterior	28
2.4.2.	Inversores.....	29
2.4.3.	Regulador.....	30
2.4.4.	Las baterías.....	31
Capítulo 3	.....	32
3.	Parámetros de un módulo fotovoltaico.....	32
3.1.	Curva I-V	32
3.1.1.	Corriente de corto circuito (I_{sc}).....	32
3.1.2.	Voltaje de circuito abierto (V_{oc})	33
3.1.3.	Factor de forma.	33
3.1.4.	Punto de potencia máxima	33
3.1.5.	Eficiencia	34
3.1.6.	Pérdidas por Resistencia.	34
3.1.7.	Efecto de la temperatura.....	35
3.1.8.	Efecto de la intensidad de la luz.....	36
3.2.	Causas de reducción de la producción energética.....	36
3.2.1.	Pérdidas por no cumplimiento de la potencia nominal	37
3.2.2.	Pérdidas de mismatch o de conexionado.....	37
3.2.3.	Pérdidas por polvo y suciedad	37
3.2.4.	Pérdidas angulares y espectrales.....	38
3.2.5.	Pérdidas por caídas óhmicas en el cableado	38
3.2.6.	Pérdidas por temperatura.....	39
3.2.7.	Pérdidas por sombreado del generador fotovoltaico.....	39
Capítulo 4	.....	40
4.	Diseño del microsistema fotovoltaico.....	40
4.1.	Ubicación geográfica.....	40
4.2.	Radiación solar en la zona de trabajo.	41
4.2.1.	Monthly Averaged Insolation Incident On A Horizontal Surface ($kWh/m^2/day$)..	42
4.2.2.	Monthly Averaged Daylight Hours (horas/d).....	42
4.2.3.	Equivalent Number Of NO-SUN Or BLACK Days (Dias)	42
4.2.4.	Monthly Averaged Earth Skin Temperature ($^{\circ}C$)	43
4.3.	Levantamiento de la demanda.	43
4.4.	Diagrama general de las etapas del sistema.....	47

4.5.	Valores iniciales para el dimensionamiento del sistema	48
4.6.	Cálculo del número de paneles para abastecer el domicilio.....	49
4.6.1.	Energía media Diaria (ED).....	49
4.6.2.	Características físicas del Panel Solar.	51
4.6.3.	Cálculo del generador fotovoltaico.....	53
4.6.4.	Orientación e inclinación de los Paneles Solares	57
4.7.	Cálculo del regulador de voltaje.	57
4.8.	Cálculo del inversor.	57
4.9.	Cálculo de las baterías	59
Capítulo 5	.....	62
5.	Registro de datos	62
5.1.	Metodología de registro.	62
5.2.	DATOS RECOLECTADOS	64
5.3.	Análisis de resultados.....	66
5.3.1.	Registro D1.....	67
5.3.2.	Registro D2.....	70
5.3.3.	Registro D3.....	73
5.3.4.	Registro D4.....	76
5.3.5.	Registro D5.....	79
5.3.6.	Registro 6 “sincronizado con la RED ELÉCTRICA”.	81
5.4.	Análisis Económico	84
5.4.1.	Retorno de la inversión	86
5.4.2.	Análisis TIR y VAN	87
Capítulo 6	.....	89
6.	Conclusiones	89
6.1.	Construcción del proyecto.	89
6.2.	Conclusiones basadas en resultados.	90
Referencias	.....	95
ANEXOS	.....	96
ANEXO 1	.....	96
	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS DISPOSITIVOS.....	96
ANEXO 2	.....	102
	PLANILLAS ELÉCTRICAS DE LA VIVIENDA.	102
ANEXO 3	.....	107

IMÁGENES DE EL SISTEMA FOTOVOLTAICO. 107

INDICE DE FIGURAS.

Ilustración 1. Radiación solar Directa, Difusa, Reflejada (Martinez, mayo 2016).	18
Ilustración 2. Sistema Autónomo de Generación de Energía Renovable (J. Rocabert Delgado).	20
Ilustración 3. Sistemas sincronizados con la red (Abella).	20
Ilustración 4. Configuraciones de sistemas fotovoltaicos (ENDEF, 2021).	21
Ilustración 5. Configuración autoconsumo acogido a compensación (ENDEF, 2021).	23
Ilustración 6. Autoconsumo con acumulación en baterías (ENDEF, 2021).	25
Ilustración 7. Autoconsumo con acumulación en baterías (NOUSOL).	25
Ilustración 8. Autoconsumo sin excedentes (ENDEF, 2021).	26
Ilustración 9, Esquema General (Romero, 2015).	29
Ilustración 10, Esquema de inversor de corriente.	30
Ilustración 11. Regulador (Tomás Díaz Corcobado, 2018).	31
Ilustración 12. Curva I-V (Jefferson Cata, 2015)	32
Ilustración 13. Punto de potencia máximo.	34
Ilustración 14. Efecto de resistencia en paralelo.	35
Ilustración 15. Efecto de resistencia paralelo.	35
Ilustración 16. Efecto de la temperatura.	36
Ilustración 17. Ubicación geográfica del domicilio.	40
Ilustración 18. Plataforma de registro de datos energéticos.	41
Ilustración 19. Esquema general de etapas (Lopez, 2014).	47
Ilustración 20. Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico construido.	48
Ilustración 21. Medidas del panel Solar.	52
Ilustración 22. Estructura de soporte y fijación.	52
Ilustración 23. Arreglo de paneles serie - paralelo. (Autor)	56
Ilustración 24. Conexión de baterías y sus respectivos voltajes y capacidades resultantes.	62
Ilustración 25. Monitor de Parámetros.	63
Ilustración 26. Comparación hora a hora de generación vs consumo del primer registro. ..	67
Ilustración 27. Promedio de la Potencia generada vs potencia consumida del primer registro.	68
Ilustración 28. Promedio de Potencia total generada vs Promedio de Potencia total consumida del primer registro.	69
Ilustración 29. Comparación hora a hora de generación vs consumo del segundo registro.	70
Ilustración 30. Promedio de la Potencia generada vs Potencia consumida del segundo registro.	71
Ilustración 31. Promedio de Potencia total generada vs Promedio de Potencia total consumida del segundo registro.	72
Ilustración 32. Comparación hora a hora de generación vs consumo del tercer registro.	73
Ilustración 33. Promedio de la Potencia generada vs Potencia consumida del tercer registro.	74
Ilustración 34. Promedio de Potencia total generada vs Promedio de Potencia total consumida del tercer registro.	75
Ilustración 35. Comparación hora a hora de generación vs consumo del cuarto registro.	76
Ilustración 36. Promedio de la Potencia generada vs Potencia consumida del cuarto registro.	77

Ilustración 37. Promedio de Potencia total generada vs Promedio de Potencia total consumida del cuarto registro.....	78
Ilustración 38. Comparación hora a hora de generación vs consumo del quinto registro....	79
Ilustración 39. Promedio de la Potencia generada vs Potencia consumida del quinto registro.....	80
Ilustración 40. Promedio de Potencia total generada vs Promedio de Potencia total consumida del quinto registro.	81
Ilustración 41. Registro de consumo excesivo - 1.23kW.	82
Ilustración 42. Señal de alerta de batería baja.	82
Ilustración 43. Sincronización de la red eléctrica al sistema.....	83
Ilustración 44. Paneles recargando a las baterías.	84
Ilustración 45. Valores de consumo de todas las muestras.....	91
Ilustración 46. Valores de generación de todas las muestras.	92

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabulación de los datos obtenidos de la plataforma NASA.....	43
Tabla 2. Cuadro de cargas de la vivienda.	44
Tabla 3. Consumos y costos eléctricos de la vivienda.	46
Tabla 4. Datos iniciales.	49
Tabla 5. Valores de potencia y energía requeridos en el domicilio.....	49
Tabla 6. Características del panel solar “ECO GREEN ENERGY”.	51
Tabla 7. Características físicas del panel solar.	51
Tabla 8. Radiación solar en la zona.....	54
Tabla 9. Datos técnicos del inversor de voltaje.....	59
Tabla 10. Datos técnicos del banco de baterías.....	62
Tabla 11. Registro D1- Parámetros emitidos por el inversor.	64
Tabla 12. Registro D2- Parámetros emitidos por el inversor.	65
Tabla 13. Registro D3- Parámetros emitidos por el inversor.	65
Tabla 14. Registro D4- Parámetros emitidos por el inversor.	65
Tabla 15. Registro D5- Parámetros emitidos por el inversor.	66
Tabla 16. Costo mensual de energía eléctrica en la vivienda.....	85
Tabla 17. Valores de referencia económica.....	85
Tabla 18. Inversión Inicial.....	86
Tabla 19. Valores de ahorro anual.....	88
Tabla 20. Resultados de VAN - TIR.	88
Tabla 21. Registro de mayor potencia de generación.....	93

Capítulo 1

1. Introducción

1.1. Generalidades.

Hoy en día la electricidad es parte de casi todo lo que el hombre ha desarrollado, tanto así que la dependencia ante la misma se nota en cada uno de los aparatos, máquinas y equipos que se utilizan a diario, por su facilidad de uso y la manera en la que puede ser aprovechada es la principal fuente de energía secundaria.

Al ser tan requerida, ha iniciado una batalla entre la necesidad de usarla, frente al costo de consumo de la misma, ya que la demanda de energía eléctrica en los domicilios crece, ya sea para casos decorativos, como la iluminación ornamental o casos funcionales, para cada uno de los aparatos domésticos que aumentan en el hogar para mejorar la comodidad de los seres humanos, elevando así el pago mensual en las planillas eléctricas y afectando al usuario.

Otro dato importante que se debe mencionar es lo preocupante que se ha vuelto el uso excesivo de combustibles para la generación de la energía eléctrica actualmente. Aproximadamente 170 libras de carbón son utilizados en combustión para generar solamente 1kW, esto emite 300 libras de dióxido de carbono a la atmósfera y a la vez usa aproximadamente 105 galones de agua para su producción (Alvarez, 2015).

Debido a este inconveniente, se han desarrollado varias soluciones innovadoras, se han aprovechado diferentes tipos de sistemas de generación de energía eléctrica y se los han

acoplado de manera rentable al uso doméstico, un ejemplo muy bueno de este caso es el sistema de generación micro fotovoltaico.

Los sistemas micro fotovoltaicos están formados por una serie de elementos que trabajan mutuamente para llegar desde la radiación producida por el sol hacia un producto final listo para el consumo, por lo tanto, al ser éste el objetivo de estudio y al tener una visión general de lo que pasa en el mundo en términos de consumo de energía eléctrica se realiza una descripción de la manera en la que funciona la generación fotovoltaica, a la vez se trata de realzar la importancia de la utilización de los recursos renovables para disminuir los costos de pago de la energía y explicar la manera de implementar los sistemas micro fotovoltaicos en una vivienda particular.

Para la implementación del sistema micro fotovoltaico se analizará cada una de las variables energéticas que intervienen en la producción energética, para al final realizar un análisis técnico de la implementación del sistema fotovoltaico.

El sol es una de las fuentes de energía más poderosas existentes, ha sido objeto de estudio desde hace muchos años, debido a su importancia sobre las ramas biológicas y energéticas. Desde hace algunos años se ha desarrollado la tecnología para aprovechar la energía solar y generar electricidad mediante paneles solares, los cuales están formados por células compuestas de silicio que reciben la radiación del sol en su estructura y la convierten en energía eléctrica. (Romero, 2015)

Las investigaciones realizadas para la colocación de sistemas fotovoltaicos en Ecuador son bastante motivadoras, dado que el país ocupa una posición privilegiada en el planeta y tiene una variación mínima de irradiación solar, sin embargo, en nuestro país el

costo de estas tecnologías es demasiado elevado como para que los usuarios se decidan a implementarla. (Romero, 2015)

En Ecuador desde el año 2018 se emitió la Resolución ARCONEL Nro. – 042/18 denominada “GENERACION FOTOVOLTAICA PARA AUTOABASTECIMIENTO DE CONSUMIDORES FINALES DE ENERGIA ELECTRICA” lo cual ha beneficiado mucho a todos aquellos dispuestos a tomar la iniciativa de adaptar estos sistemas en sus hogares, ya que a pesar de que en Ecuador las condiciones sean muy favorables para la generación fotovoltaica, no se tenía ningún tipo de reglamento y los diseños de los sistemas tenían que ser basados en normas internacionales.

Otro tema importante tratado en el país es la rentabilidad de invertir en este sistema, ya que se debe tener en cuenta que para que sea factible debería tener una vida útil de al menos 20 a 25 años, de esta manera se podrá notar que el pago por consumo de energía generada por el sistema fotovoltaico será menor a comparación del que se habría consumido a la distribuidora. (Novoa, 2015)

En el año 2017 se informó desde el ARCONEL, que el 0.15% de la capacidad de generación total de energía en el país fue concebida mediante este tipo de sistema de generación, siendo el valor total producido de 35.3 GWh/año (Muñoz, 2017).

En el Ecuador, en la provincia de Imbabura, se asentó la primera central fotovoltaica del país empezando su funcionamiento desde el año 2013 y disponía de una capacidad de 1MW. (Salvatierra, 2016)

Capítulo 2

2. Marco Teórico.

2.1. Energía solar.

El fenómeno por el cual se aprovecha la radiación del sol convirtiéndola en calor o en electricidad para el uso de diferentes aplicaciones se lo conoce como energía solar, energía solar térmica y energía solar fotovoltaica respectivamente (Subsecretaria-de-energía-Eléctrica, 2008).

Al hablar de energías ilimitadas sin duda de toma como referencia al sol, el astro principal del sistema solar brinda aproximadamente 62600 kW de potencia en tan solo un metro cuadrado de superficie, esto sucederá por lo menos por 400 mil millones de años más, por lo que se tiene la certidumbre de que podrá satisfacer las necesidades de generación de energía de la humanidad durante mucho tiempo más (Burnes, 2010).

El calentamiento de agua y la calefacción de viviendas están entre los usos más importantes que se le dan a la energía solar, sin embargo, esto se refiere a la energía solar térmica, existe también la energía solar fotovoltaica, en la cual se aprovecha toda la radiación sobre un panel de silicio que convierte la radiación en energía eléctrica, las principales ventajas de usar esta energía es disminuir los costos de combustibles para la generación, además de disponer de manera gratuita la energía solar también es importante el incentivo que brindan las administraciones públicas a los usuarios de estas energías renovables (Junkers, 2015).

2.2. Parámetros de la radiación solar.

Las ondas electromagnéticas emitidas en conjunto desde la fuente solar distribuida hacia todas las direcciones se la denomina radiación solar, esta no necesita ningún medio material o físico para propagarse, la unidad de medida de la irradiación solar está dada en W sobre m². El valor de radiación máxima que se ha determinado en la tierra es de 1000 W/m², siempre que sea en países de atmósfera limpia y clara (Alvarez, 2015).

Para el diseño de un sistema solar fotovoltaico se debe analizar distintos parámetros de radiación solar, tales como radiación solar directa, radiación solar difusa, radiación solar reflejada, irradiancia solar, constante solar y radiación global, las mismas que se explican a continuación.

- **Radiación Solar Directa**

Esta es la mayor parte de la radiación emitida por el sol, es la que llega directamente sobre la superficie de la tierra o la superficie de trabajo (Perpiñan, 2018).

- **La radiación difusa**

La radiación difusa es la que llega a la superficie de trabajo luego de ser absorbida por la atmósfera y las nubes provocando que se distribuya en todas las direcciones (Alvarez, 2015).

- **Radiación reflejada**

Esta radiación es la que se produce luego de que la radiación directa es reflejada por el suelo o por cualquier otro elemento que se encuentre en la superficie terrestre (Perpiñan, 2018).

En la Ilustración 1 se puede observar los tres tipos de radiaciones mencionados anteriormente.

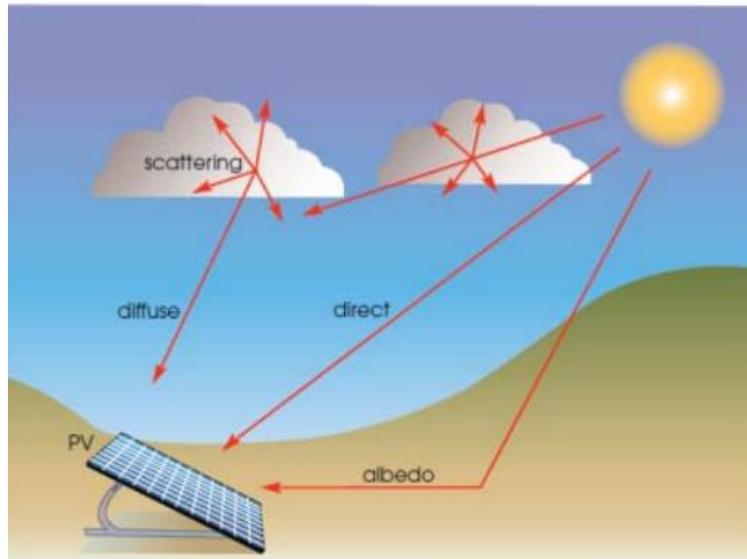


Ilustración 1. Radiación solar Directa, Difusa, Reflejada (Martinez, mayo 2016).

- **Irradiancia solar**

Las variedades de radiación electromagnética producen un flujo radiante medido en W/m^2 , a este flujo determinado en una unidad de superficie se le conoce como Irradiancia (Perpiñan, 2018).

- **Constante solar**

Esta constante es la radiación que va a llegar desde el sol hasta la parte exterior de la atmósfera de la Tierra, es un valor que no cambia, a pesar de considerar el hecho de que la tierra no tiene una trayectoria circular sino elíptica alrededor del sol, sin embargo, al completar una vuelta se tendría una trayectoria cerrada, con la cual se obtiene un promedio, así se tendría un margen de error del 1%, este valor es $1367 W/m^2$ (Electricidad y Matematicas, 2018).

- **Radiación global**

La radiación global es la suma de la radiación directa y la difusa sobre un plano o superficie de trabajo (Alvarez, 2015).

2.3. Sistemas Fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de elementos que actúan de manera coordinada mediante cálculo y diseño para conseguir la transformación de la energía solar en energía eléctrica, mediante el efecto fotovoltaico producido por una célula solar (Abella).

A diferencia de otros sistemas que generan de manera continua, los sistemas fotovoltaicos solamente generan cuando existe la luz del sol en sus receptores, por lo tanto, la cantidad de energía generada deberá ser proporcional a la irradiancia que esté recibiendo la superficie del receptor (Abella).

Estos sistemas podrían ser autónomos o sistemas conectados a la red:

2.3.1. Sistemas autónomos

Los sistemas autónomos son aquellos que se usan de manera directa, desde la generación hasta la carga, estos pueden ser acoplados con un sistema de baterías que mantengan la carga en funcionamiento mientras no se dispone de luz solar por las noches, por ejemplo, estos sistemas son bastante útiles para energizar zonas rurales que no disponen de red eléctrica (Abella). En la ilustración 2 se observan los principales elementos de un sistema fotovoltaico autónomo, entre ellos están los paneles solares, el inversor, las baterías y la carga eléctrica.

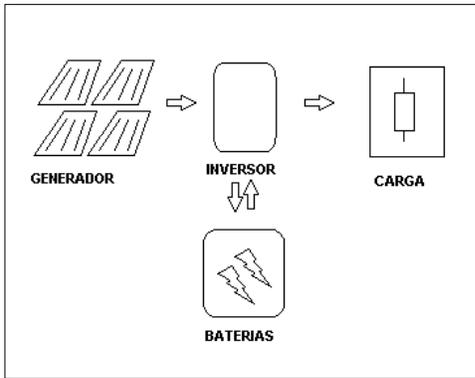


Ilustración 2. Sistema Autónomo de Generación de Energía Renovable (J. Rocabert Delgado).

2.3.2. Sistemas sincronizados con la red

La sincronización de los sistemas con la red hace referencia a la inyección de energía generada por los paneles hacia la red eléctrica, esta ayuda a maximizar la producción de energía eléctrica anual en las distribuidoras públicas (Abella). En la ilustración 3 se observan los elementos de un sistema sincronizado con la red.

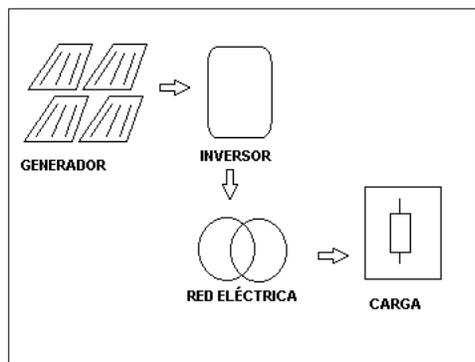


Ilustración 3. Sistemas sincronizados con la red (Abella).

2.3.2.1. Configuraciones de sistemas conectados a la red.

Los sistemas conectados a la red eléctrica mantienen una estructura común de conexión, en la que siempre incluye los generadores, el inversor de corriente y la carga, sin embargo, existe una variedad de configuraciones para los sistemas conectados a la red, los mismo que se adaptaran a las necesidades del usuario.

Las configuraciones más comunes de sistemas conectadas a la red son: de autoconsumo con vertido a la red eléctrica y de autoconsumo sin vertido a la red eléctrica, que a su vez se dividen en: autoconsumo acogido a compensación, la configuración de autoconsumo con banco de baterías y la configuración de autoconsumo sin excedentes.

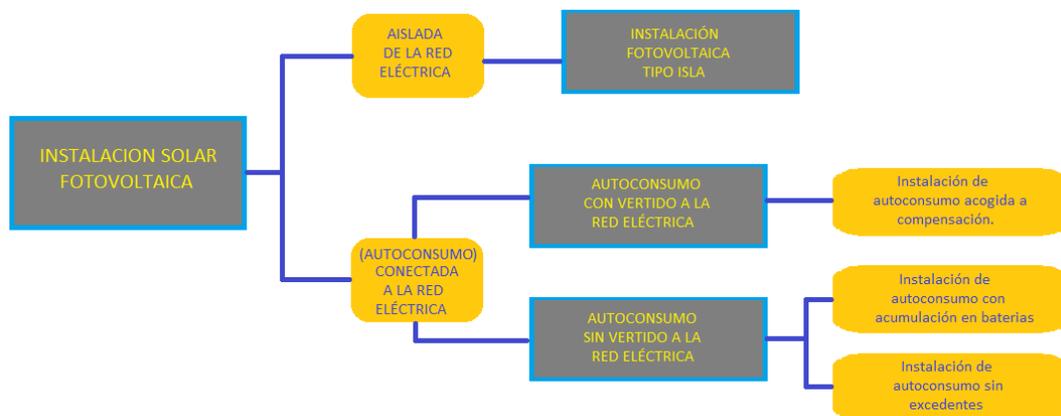


Ilustración 4. Configuraciones de sistemas fotovoltaicos (ENDEF, 2021).

2.3.2.1.1. Autoconsumo con vertido a la red eléctrica

Una instalación de autoconsumo con vertido a la red eléctrica tiene la posibilidad de enviar la energía generada hacia la red, por lo que no tiene un limitante de generación, los días en los que la energía generada sea mayor a la energía demandada el sistema simplemente enviara toda esa energía a la red eléctrica.

Esta sería una opción muy interesante en el mercado, sin embargo, la dificultad y las restricciones en los trámites para esta transacción la vuelven legalmente demasiado compleja (GreenRenovables, s.f.).

La configuración más común de un sistema con vertido a la red eléctrica es la Instalación de Autoconsumo acogido a compensación.

- **Autoconsumo acogido a compensación.**

Esta configuración es la más utilizada, el sistema consta de la parte de generación, es decir, los paneles solares, tiene también un inversor de corriente que conecta los paneles con el tablero de distribución desde el cual se alimentará el consumo del domicilio y por último está también conectado a la red eléctrica a través de un medidor de corriente bidireccional, el cual cumple la función de enviar y registrar el valor la energía generada hacia la red eléctrica, esta energía enviada será todo el excedente de energía generada por los paneles y no consumida por el usuario.

Se puede apreciar en la ilustración 5 un sistema conectado a la red eléctrica a través de un medidor bidireccional que registra el consumo que ingresa desde la red eléctrica y a su vez también registra el valor de energía eléctrica enviada a la red.

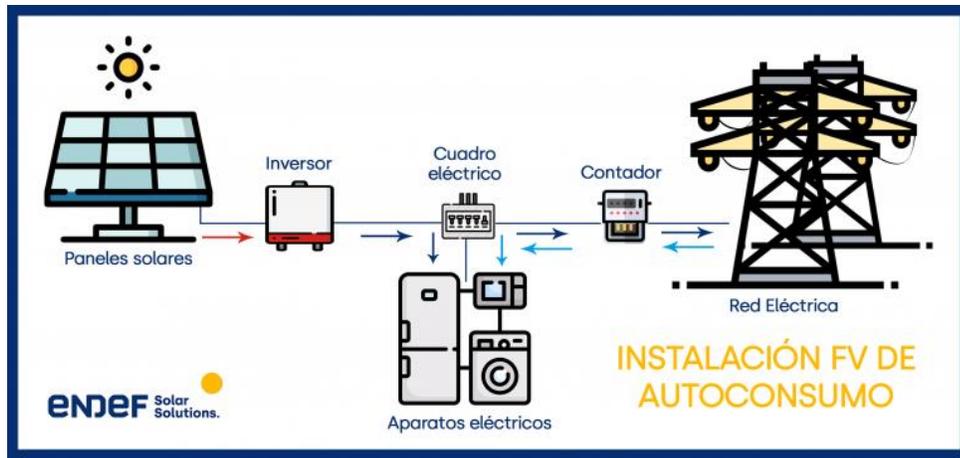


Ilustración 5. Configuración autoconsumo acogido a compensación (ENDEF, 2021).

2.3.2.1.2. Autoconsumo sin vertido a la red eléctrica

Esta clasificación de los sistemas de autoconsumo hace referencia a un sistema que no envía la energía generada a la red eléctrica, todo lo generado se consume o se almacena, pero no se envía a la red, pero la particularidad de este, es que, si en algún momento la generación es insuficiente, será la red eléctrica la que se encargara de abastecer la demanda de la vivienda.

Dentro de esta clasificación están los siguientes grupos:

- **Autoconsumo con acumulación en baterías.**

La generación de energía pasa a través del inversor para poder ser transformada en energía alterna y utilizada en la instalación. Toda la generación es consumida directamente por la vivienda. Al sobrar energía eléctrica, esta se acumulará en un banco de baterías.

Cuando los paneles no emitan suficiente energía, las baterías y la red eléctrica se encargarán de que la instalación siga funcionando alimentado el sistema en ese mismo orden (NOUSOL).

Esta configuración es relativamente la de mayor funcionalidad en el mercado, dado que se usa un medidor unidireccional convencional para inyectar energía eléctrica desde la red al sistema, este medidor no tiene la capacidad de exportar el exceso de energía generada a la red eléctrica, sin embargo, esta consta de un banco de baterías en el cual toda la energía generada y no consumida se almacena para las circunstancias en las que los paneles no abastezcan de suficiente energía a la carga, evitando que entre en funcionamiento la red eléctrica.

De esta manera el sistema funciona alimentando el consumo desde tres fuentes que entraran en prioridad de ahorro de energía, es decir, el consumo será abastecido primero por la energía generada por los paneles solares, a la vez estos cargaran las baterías con el excedente de energía generada para que esta energía almacenada cubra, en segundo lugar de prioridad al consumo, en el tercer y último de los casos en el que, ni la energía generada por los paneles, ni la energía almacenada en el banco de baterías pueda abastecer el consumo, entrará en funcionamiento la red eléctrica compensando la falta de energía.

En la Ilustración 6 se puede ver que el inversor recibe la corriente desde los paneles solares y a la vez recibe también la corriente continua que llega desde las baterías, que almacenará toda la generación que no se utilizará en horas de bajo consumo.

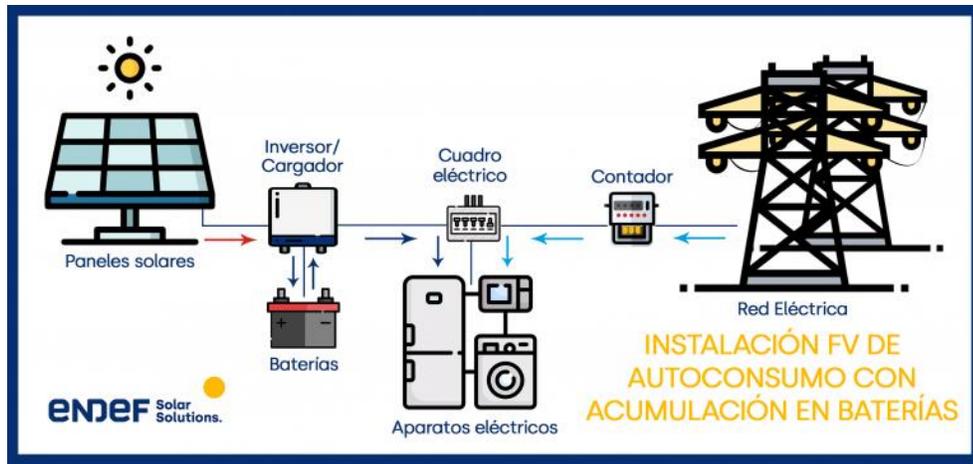


Ilustración 6. Autoconsumo con acumulación en baterías (ENDEF, 2021).

“Solar Energy Systems” una empresa fabricante y distribuidora de una gran gama de productos de energías renovables, ha utilizado este tipo de sistemas durante mucho tiempo, añadir un sistema de baterías para acumular el excedente de producción, permitirá reducir costos en la factura eléctrica y así recuperar la inversión realizada en implementar un sistema fotovoltaico, así durante las horas que no hay producción solar podemos aprovechar la energía acumulada en la batería (NOUSOL).

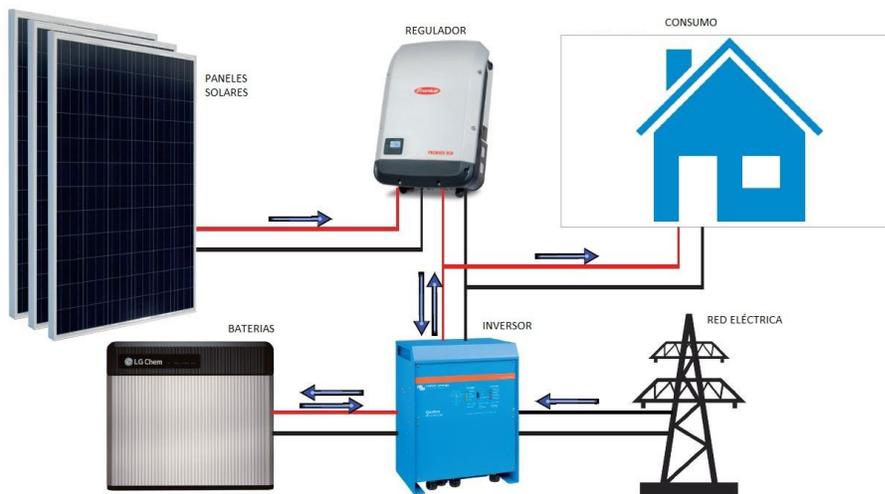


Ilustración 7. Autoconsumo con acumulación en baterías (NOUSOL).

- **Autoconsumo sin excedentes.**

La configuración de autoconsumo sin excedentes mantiene conectado el sistema a la red, pero es una configuración de consumo directo, lo que se genera, se consume al instante y cuando la generación no abastece la carga, la red eléctrica entra en funcionamiento para abastecer el consumo excesivo

La particularidad de esta configuración es que no se puede enviar la energía generada a la red y tampoco almacenarla, ya que no se compone de un banco de baterías, en la Ilustración 8 se puede ver que se usa solamente un medidor convencional, este medidor registrará el consumo de la vivienda desde la red, pero no tiene la capacidad de enviar el exceso de energía generada hacia la red, la energía generada que no se consuma, se perderá.

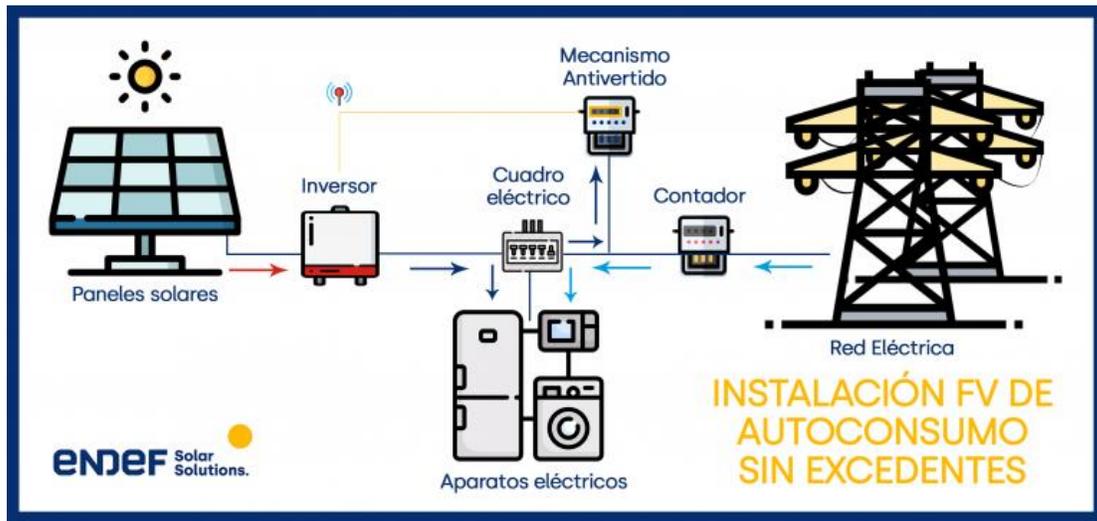


Ilustración 8. Autoconsumo sin excedentes (ENDEF, 2021).

2.4. Elementos de un sistema fotovoltaico conectado a red.

En la Ilustración 6 se muestra los principales elementos de un sistema fotovoltaico conectado a la red, entre ellos están: los paneles solares fotovoltaicos, el regulador, el inversor, las baterías y la carga.

2.4.1. Paneles solares

Los paneles solares son dispositivos colectores de energía solar para luego convertirla en energía eléctrica, formados generalmente de células fotovoltaicas de silicio, se los puede clasificar de acuerdo a su potencia pico, esta es la potencia máxima que puede entregar un panel en condiciones estándar de radiación y temperatura de la célula (Santos).

Los paneles solares solían ser de alto costo debido a que el silicio de él que está fabricado, debe estar en su forma cristalina y sin imperfecciones y el proceso para lograrlo es bastante costoso. El funcionamiento de estas células fotovoltaicas para la generación se da gracias al campo eléctrico que se forma entre una capa delgada y una capa gruesa, de tipo N (electrón libre) y tipo P (hueco disponible) respectivamente, de esta manera se genera un flujo de corriente desde la capa P hacia la capa N (Romero, 2015).

2.4.1.1. Partes de un panel fotovoltaico

- **Contactos eléctricos.**

Son los bornes de salida de voltaje total generado por el panel solar, generalmente se los encuentra en una caja aislada de polvo y humedad en la parte posterior del panel solar.

- **Protección posterior.**

El objetivo de esta protección es evitar que el panel tenga contacto directo con agentes atmosféricos, como la lluvia, la humedad, ya que afectaría directamente en su funcionamiento. El material de esta protección suele estar formado básicamente por siliconas o algún tipo de acrílico ligero.

- **Marco de soporte.**

Este marco es básicamente una estructura que mantiene en conjunto todo el panel, es un marco de aluminio que funciona como unión mecánica para todos los elementos del panel solar, podría ser fabricado también de acero inoxidable.

- **Capas encapsulantes.**

Estas capsulas tienen la función de proteger al panel de vibraciones o cualquier tipo de golpes o impactos, deben ser fabricados de materiales que no se degraden fácilmente con la exposición a los rayos ultravioletas, además la radiación solar transmitida por los mismos debe ser de alto nivel.

- **Cubierta exterior.**

Es la capa principal del panel solar, no hay muchas características a cerca de esta capa, ya que fundamentalmente debe ser un vidrio templado que deje pasar la radiación solar.

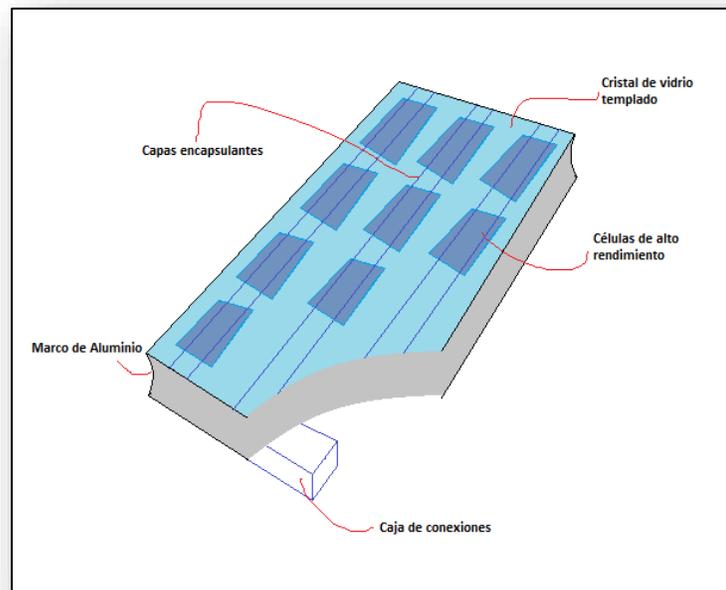


Ilustración 9, Esquema General (Romero, 2015).

2.4.2. Inversores

La función principal de este dispositivo es convertir la corriente generada por el panel de corriente directa a corriente alterna, dado que la mayoría de dispositivos eléctricos que serán alimentados desde el sistema fotovoltaico funcionan con corriente alterna, también son conocidos como inversores de voltaje, ya que pueden variar el nivel de voltaje de salida, sus funciones en segundo plano son mantener la frecuencia y tensión al nivel establecido de salida y limitar la corriente (Salvatierra, 2016).

La Ilustración 10 detalla el papel que realiza el inversor de corriente en el sistema recibiendo al ingreso corriente continua generada por el panel solar y transformándola en corriente alterna para alimentar un dispositivo.

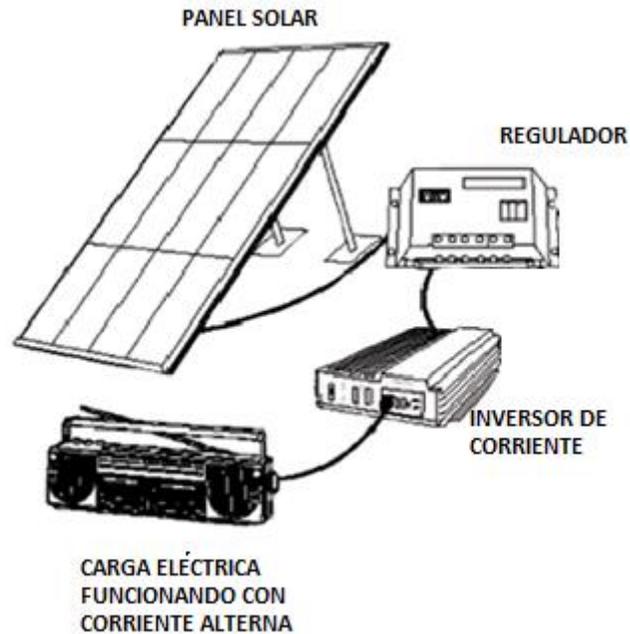


Ilustración 10, Esquema de inversor de corriente.

2.4.3. Regulador.

Este es el dispositivo que se encargará de relacionar la energía generada por los paneles solares y el banco de baterías, su función es garantizar la carga y descarga correcta de las baterías para de esta manera evitar situaciones de sobrecarga, también tiene como función regular el suministro eléctrico para abastecer el consumo de la vivienda evitando una descarga excesiva del banco de baterías y alargando su vida útil (Tomás Díaz Corcobado, 2018).

Las sobre cargas existentes en el sistema se deben a la tensión nominal de los paneles, ya que esta debe ser siempre mayor a la tensión nominal de las baterías para asegurar que se carguen de manera adecuada, por lo que el regulador deberá limitar la carga de la batería (EnDev/GIZ, 2013).

En la Ilustración 11 se describe la ubicación del regulador de voltaje dentro del sistema, el ingreso de voltaje llega desde los paneles solares y la salida es hacia las baterías, controlando así su carga y descarga, consta también de una salida en corriente directa para dispositivos que necesiten este tipo de alimentación.

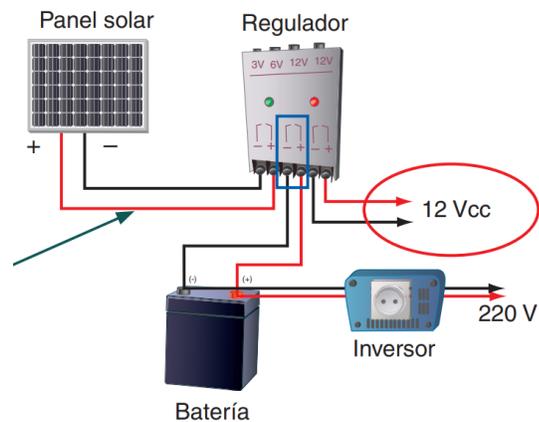


Ilustración 11. Regulador (Tomás Díaz Corcobado, 2018).

2.4.4. Las baterías.

Las baterías son el componente encargado de almacenar la energía eléctrica generada en los paneles para luego poder utilizarla cuando el consumo de la vivienda lo requiera, sus funciones son almacenar energía, cubrir la necesidad de energía eléctrica cuando las condiciones meteorológicas evitan que los paneles generen de manera correcta y dar estabilidad a la instalación para poder utilizar todo tipo de aparatos eléctricos dentro de la vivienda (Tomás Díaz Corcobado, 2018).

El parámetro principal para adquirir este dispositivo es su capacidad de almacenaje, la misma que se mide en Amperios por hora (Ah).

Capítulo 3

3. Parámetros de un módulo fotovoltaico.

3.1. Curva I-V

La curva característica de un módulo fotovoltaico está determinada por los valores de corriente (I) y voltaje (V) en el panel, estos datos se registran para distintos valores y se realiza una gráfica de voltaje vs corriente, así que la potencia del panel es el resultado de la multiplicación de $V \times I$ (Jefferson Cata, 2015).

En la ilustración 12 muestra una curva característica I – V para un panel fotovoltaico.

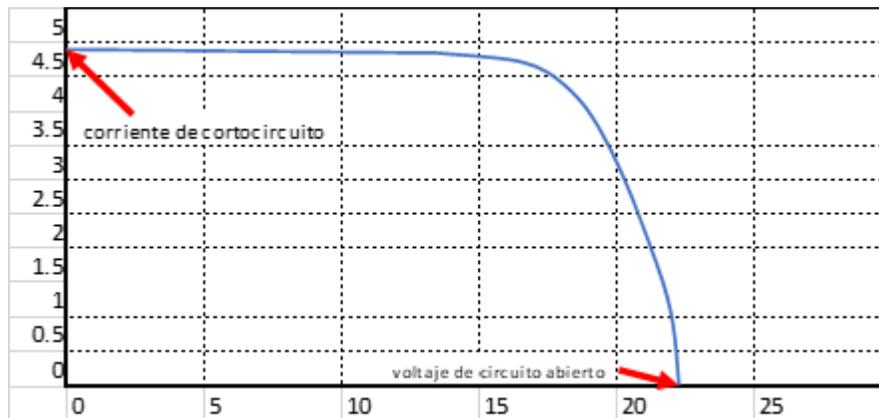


Ilustración 12. Curva I-V (Jefferson Cata, 2015)

3.1.1. Corriente de corto circuito (Isc)

Esta corriente es uno de los parámetros principales en el panel solar, representa el máximo valor de corriente que puede llegar a alcanzarse sin resistencia, el voltaje llegaría a estar en 0, se lo puede apreciar también en la Ilustración 12 (Jefferson Cata, 2015).

3.1.2. Voltaje de circuito abierto (Voc)

Al decir “circuito abierto” se hace referencia a los bornes del panel solar sin conexión, es decir sin ninguna carga colocada en los bornes, de esta manera podemos medir el valor de tensión máxima disponible en el panel solar (Jefferson Cata, 2015), este dato también es posible observar en la Ilustración 12.

3.1.3. Factor de forma.

El factor de forma brinda la idea de la pendiente que tendría el panel en la curva característica I-V, por lo tanto, con este dato se tendría una idea de la calidad del panel. La relación que se obtiene entre la potencia máxima y la multiplicación de voltaje de circuito abierto (Voc) y corriente de corto circuito (Isc), es conocido como factor de la forma (FF), mientras este factor esté más cerca de la unidad (1.00) mayor es la potencia que proporcionará el panel (Jefferson Cata, 2015).

$$Factor\ de\ forma = \frac{Potencia\ Máxima}{Voc * Isc} \quad (1)$$

3.1.4. Punto de potencia máxima

Este valor se consigue con la multiplicación de el Voc por Isc y a la vez se lo multiplica por el Factor de Forma. El punto de máxima potencia es el punto de mayor rendimiento posible del panel (Jefferson Cata, 2015). En la ilustración 13 se puede observar la variación de potencia del panel solar a distintos valores de corriente y voltaje.

$$Punto\ de\ potencia\ máxima = (Voc * Isc) * Factor\ de\ forma \quad (2)$$

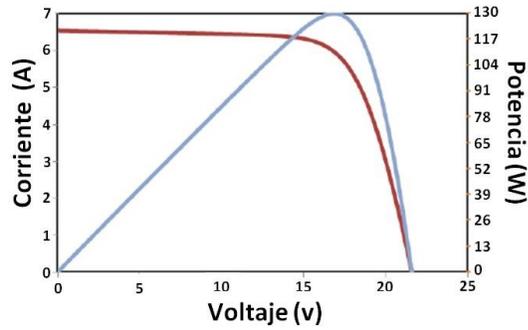


Ilustración 13. Punto de potencia máximo.

3.1.5. Eficiencia

Este parámetro da una idea de la capacidad que tiene el panel de cumplir con su función, es un porcentaje obtenido de la relación entre la potencia máxima y la potencia que produce el panel en un instante determinado.

$$Eficiencia = \frac{Potencia\ generada}{Potencia\ Máxima} * 100\% \quad (3)$$

3.1.6. Pérdidas por Resistencia.

Existen dos tipos de resistencias que provocan directamente la degradación de la curva característica, estas son; Resistencia serie (R_s) y Resistencia paralelo (R_{sh}).

La resistencia en paralelo provoca una caída de corriente entre la I_{sc} y el valor cercano al punto máximo de potencia. Esta resistencia ayuda a decretar el valor de la pendiente en $V=0$, como se ve en la ilustración 14 (Jefferson Cata, 2015).

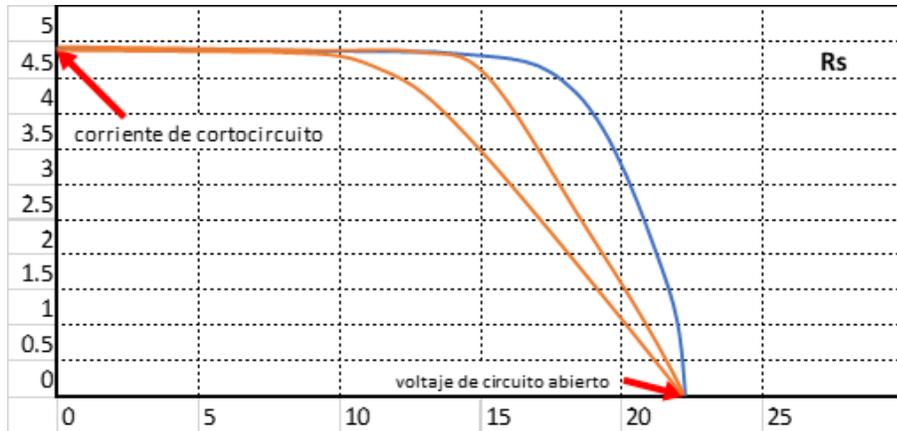


Ilustración 14. Efecto de resistencia en paralelo.

Mientras que la resistencia serie provoca una caída de corriente entre los valores de V_{oc} y el máximo valor de potencia, la pendiente que se determina con esta resistencia sería la que está cerca del voltaje de circuito abierto como se ve en la ilustración 15 (Jefferson Cata, 2015).

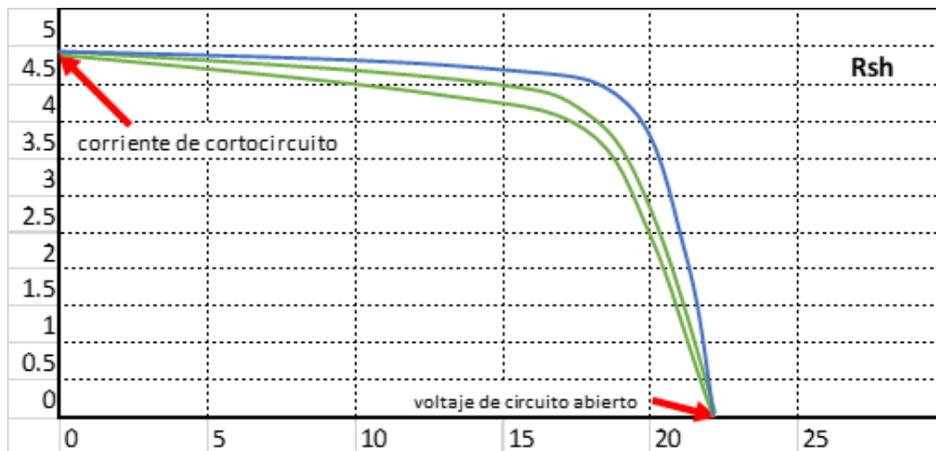


Ilustración 15. Efecto de resistencia paralelo.

3.1.7. Efecto de la temperatura

Como todo material semiconductor, los paneles solares también resultan muy afectados por la temperatura que recae sobre ellos, ya que altera todas las propiedades físicas

y por lo tanto también afecta todos los parámetros del panel, sobre todo tiene un fuerte impacto sobre el voltaje de circuito abierto, como se ve en la ilustración 16 (Voc) (Jefferson Cata, 2015).

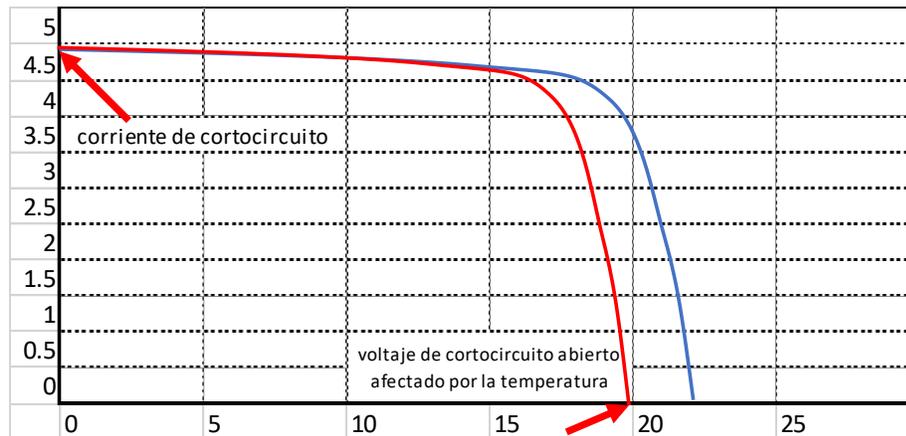


Ilustración 16. Efecto de la temperatura.

3.1.8. Efecto de la intensidad de la luz.

Evidentemente el efecto de la intensidad de la luz, en un panel solar, es particularmente importante, ya que todos los parámetros antes estudiados se basan directamente en la luz que incide sobre el panel. De esta manera se da por sentado que la corriente de cortocircuito cambiará, de acuerdo al efecto de la intensidad de la luz en el panel (Jefferson Cata, 2015).

3.2. Causas de reducción de la producción energética.

Las pérdidas son un factor común en todos los procesos de generación, considerar estas pérdidas es imprescindible para poder determinar el verdadero efecto y eficiencia de un sistema, a continuación, se describe las causas de pérdidas más comunes.

3.2.1. Pérdidas por no cumplimiento de la potencia nominal

La fabricación de los paneles es un proceso en masa, por lo cual no se tiene la certeza de que todos los paneles son exactamente iguales, de esta manera la potencia nominal de generación también va a tener una ligera dispersión, los fabricantes generalmente garantizan la potencia del módulo, pero siempre va de la mano con la banda de oscilación del resultado obtenido, dependiendo del fabricante podría ser de $\pm 3\%$, $\pm 5\%$ o incluso $\pm 10\%$, por lo tanto al momento de armar un sistema de generación de varios módulos, se debe tener en cuenta que el generador va a tener un porcentaje de pérdida de 0.1 (suponiendo que la banda de oscilación por modulo sea de $\pm 10\%$) (Ferichola, 2015).

3.2.2. Pérdidas de mismatch o de conexionado.

Estas pérdidas se dan específicamente por la conexión de paneles con diferentes potencias dentro de un mismo sistema de generación, esta potencia está atada a las variables de corriente y voltaje del panel, por lo cual, al momento de tener un circuito en serie de paneles de diferentes corrientes, las corrientes más pequeñas limitaran a la corriente del circuito, de igual manera para los circuitos en paralelo, en este caso, los voltajes pequeños limitaran el voltaje del circuito. La manera correcta de evitar estas pérdidas sería instalar los paneles de manera organizada, respetando los valores de corriente y voltaje de cada panel y de esta manera agruparlos (Ferichola, 2015).

3.2.3. Pérdidas por polvo y suciedad

Este caso es crítico dependiendo de la zona en la que se coloque el sistema, la contaminación en la zona determinará la pérdida por suciedad, ya que la acumulación de

polvo o basura localizada sobre el panel disminuirá la recepción de irradiación y por lo tanto disminuye la eficiencia del panel (Ferichola, 2015).

3.2.4. Pérdidas angulares y espectrales.

La pérdida por la incidencia de la luz solar sobre el panel solar se deduce mediante el ángulo de incidencia y un espectro estándar de la luz solar sobre el panel. El hecho es que ni los ángulos de incidencia para la recepción de la luz solar ni la temperatura de la célula están en condiciones estándar nominales durante todo el día, debido a esto es que la pérdida por ángulo de incidencia dependerá directamente de la radiación del espectro solar que se dé a cada momento del día, según la posición del panel ante este espectro solar. Mientras más alto sea el valor del ángulo mayores serán las pérdidas, la suciedad influye también en este parámetro debido a las sombras que pudiese provocar entre el sol y el panel (Ferichola, 2015).

3.2.5. Pérdidas por caídas óhmicas en el cableado

Las caídas óhmicas hacen referencia a las pérdidas que se dan en el conductor de cobre en todo cableado del sistema, debido específicamente a las distancias del cableado, mientras más largo es el conductor con el que se alimenta a algún dispositivo más pérdidas de tensión se registran en el cableado. Sin embargo, también se debe considerar la sección del cable, no solamente la distancia, de esta manera, si se realiza un cálculo correcto de la corriente que pasara por ese conductor, se podría compensar la distancia con la sección del cable, es decir, si hay un conductor que lleva corriente a través de una distancia demasiado larga la compensamos colocando un cable más grueso (Ferichola, 2015).

3.2.6. Pérdidas por temperatura

La teoría nos habla de una temperatura de operación nominal para cada tipo de panel solar, es decir, los paneles solares, dependiendo de su lugar de fabricación, generaran a una potencia nominal según la temperatura, la posición, el viento, incluso la refrigeración que produzca el viento al pasar por debajo del panel, todos estos valores son variables que difícilmente se podrán controlar, es por eso que existe una pérdida del 4% aproximadamente por cada 10 grados de exceso en la temperatura de operación previamente asignada al panel, todo esto por los argumento previamente mencionados (Ferichola, 2015).

3.2.7. Pérdidas por sombreado del generador fotovoltaico.

Estas pérdidas son muy importantes, ya que las sombras, que con el simple hecho de existir sobre el panel, restan irradiancia solar, entonces, esto crea un desajuste en todos los tipos de perdidas antes vistos, por ejemplo, al existir sombras sobre uno de los paneles del sistema y no sobre todos de manera equitativa, tendríamos “perdidas por mismatch”, además de las perdidas por las sombras, tenemos otro ejemplo, si se da un efecto de sombra sobre un solo panel del sistema la temperatura de este panel variaría a la de los demás, provocando una “variación por temperatura” y por lo tanto perdidas por desajuste de potencias generadas por cada panel del mismo sistema (Ferichola, 2015).

Capítulo 4

4. Diseño del microsistema fotovoltaico.

4.1. Ubicación geográfica.

La ubicación geográfica del domicilio permitirá recaudar los datos de la radiación solar en el punto donde desea realizar la instalación, el domicilio está ubicado a -2.90 grados latitud norte y a -79 grados longitud oeste. Este punto servirá principalmente para poder trabajar con los registros de la radiación solar existente en la zona, ya que con la ubicación específica del domicilio se tendrá un valor de radiación más preciso, la Ilustración 17 muestra la ubicación geográfica del domicilio.



Ilustración 17. Ubicación geográfica del domicilio.

4.2. Radiación solar en la zona de trabajo.

Tener un registro de radiación solar que incide sobre la zona en la que se construirá el arreglo fotovoltaico es totalmente necesario, este valor aproximado servirá de punto de partida para todos los cálculos a realizarse, en este caso práctico se usará la plataforma de “Predicción de la NASA de los recursos energéticos mundiales” en el cual se ingresan los datos de latitud y longitud y la plataforma entrega los resultados solicitados como radiación solar incidente, días continuos sin sol, temperatura, entre otros, para luego exportarlos en formato editable en Excel. La Ilustración 18 muestra el entorno gráfico de esta plataforma a la que se puede acceder a través del siguiente enlace (<https://power.larc.nasa.gov/>) .



Ilustración 18. Plataforma de registro de datos energéticos.

Los parámetros que se obtienen de la plataforma serán los siguientes.

4.2.1. Monthly Averaged Insolation Incident On A Horizontal Surface (kWh/m²/day).

Este parámetro representa el valor de la incidencia de insolación promedio mensual en una superficie horizontal, el valor es entregado en kilowatts por metro cuadrado al día.

Se refiere a la radiación horizontal total que incide sobre todo el arreglo fotovoltaico construido y de este dependerá directamente el valor de la corriente generada por el panel fotovoltaico.

4.2.2. Monthly Averaged Daylight Hours (horas/d).

El promedio mensual de las horas de luz al día es un parámetro que se considera en este caso para saber la cantidad de horas que los paneles generarán energía, por supuesto, cada hora con luz solar al día tendría un valor diferente de radiación, debido a la inclinación del sol sobre el panel solar, siendo las horas del mediodía las más aprovechadas por el panel.

4.2.3. Equivalent Number Of NO-SUN Or BLACK Days (Dias)

El valor de este parámetro se refiere directamente a el número de días sin sol o llamados también días de sombra. Un parámetro considerado para poder calcular los días de autonomía, dado que la generación durante estos días será muy baja o totalmente nula, durante estos días sin sol la demanda será alimentada directamente por el almacenamiento de energía.

4.2.4. Monthly Averaged Earth Skin Temperature (°C)

Es el promedio mensual de la temperatura de la corteza terrestre, con el aumento de la temperatura del panel el voltaje de circuito abierto disminuye esto significa que el voltaje de operación también disminuirá, por lo tanto, la potencia generada se verá afectada.

La Tabla 1 muestra el resumen de los parámetros antes mencionados y los valores que se obtienen para cada variable en la ubicación geográfica del proyecto.

Tabla 1. Tabulación de los datos obtenidos de la plataforma NASA.

	Tbs Promedio (°C)	Radiación Horizontal Total kWh/m²/d	Horas de Insolación h/d	Días continuos sin sol d/sem	Radiación Inclinado a Latitud kWh/m²/d
Ene	19.1	4.5	12.3	2.89	4.42
Feb	18.8	4.6	12.2	2.27	4.41
Mar	18.6	5.0	12.1	2.73	4.66
Abr	18.7	4.9	12.1	2.15	4.36
May	18.5	4.5	12.0	3.07	3.88
Jun	18.0	4.2	12.0	2.38	3.55
Jul	18.0	4.0	12.0	2.23	3.46
Ago	18.7	4.5	12.0	2.25	3.96
Sep	19.4	4.7	12.1	2.62	4.33
Oct	19.6	4.5	12.2	2.87	4.29
Nov	19.5	4.7	12.2	3.08	4.62
Dic	19.5	4.7	12.3	3.33	4.67

4.3. Levantamiento de la demanda.

El dimensionamiento del sistema dependerá de la cantidad de carga eléctrica que se desea abastecer, por lo cual en la Tabla 2 se registra todos los aparatos instalados en la vivienda, con cada una de sus potencias y se colocó la cantidad estimada de horas de funcionamiento de cada uno de los aparatos.

De esta manera se obtiene un valor aproximado del consumo total de la vivienda y se puede trabajar con este dato, o en su defecto plantear un plan de alimentación dividida para sostener los aparatos de mayor consumo con el sistema fotovoltaico y los aparatos restantes con la red eléctrica.

Entonces para describir cada uno de los circuitos del tablero y sus respectivas cargas se expone la Tabla 2.

Tabla 2. Cuadro de cargas de la vivienda.

CIRCUITO	PLAZAS	UNIDADES	CARGA TOTAL (W)	Consumo al día (horas)	consumo Wh/día
1	LUMINARIA EXTERIOR	12	96	4	384
	LUMINARIA ESTUDIO	4	32	4	128
	LUMINARIA SALA	3	24	8	192
	LUMINARIA DE UTILERIA	1	8	0,5	4
	LUMINARIAS DE LA ESPERA	1	8	0,5	4
	LUMINARIAS DE GRADA BAJA	3	24	0,5	12
	LUMINARIA DE ALACENA	2	16	0,3	4,8
	ILUMINACION PATIO INVERNADERO	9	72	4	288
	ILUMINACION PASILLO	8	64	10	640
ILUMINACION ESCALERA PRINCIPAL	12	96	4	384	
2	ILUMINACION COCINA	13	104	8	832
	ILUMINACION DEL COMEDOR	5	40	2	80
	ILUMINACION DEL COMEDOR EXTERIOR	2	16	0,5	8
	ILUMINACION PASILLO AREA VERDE	3	24	4	96
	ILUMINACION AREA VERDE	2	16	2	32
	ILUMINACION ESCALERAS POSTERIORES	2	16	6	96
	ILUMINACION JACUZZI	1	8	0,3	2,4
	ILUMINACION LAVANDERIA	2	16	4	64
	ILUMINACION BAÑO LAVANDERIA	1	8	0,5	4
ILUMINACION BARBACOA	15	120	1	120	
3	TOMACORRIENTES EXTERIORES	2	80	0,3	24
	TOMACORRIENTES ESTUDIO	3	120	0,3	36
	TOMACORRIENTES UTILERIA	1	40	0,3	12
	TOMACORRIENTES SALA	5	200	0,3	60
	TOMACORRIENTES DE LA ESPERA	4	160	0,3	48
	TOMACORRIENTES BAÑO	1	40	0,3	12

	TOMACORRIENTES ALACENA	1	40	0,3	12
	TOMACORRIENTES PATIO INVERNADERO	1	40	0,3	12
	TOMACORRIENTES COMEDOR	2	80	0,3	24
	TOMACORRIENTES COMEDOR EXTERIOR	1	40	0,3	12
	TOMACORRIENTES DE LA ESCALERA POSTERIOR	1	40	0,3	12
	TOMACORRIENTES DE LA BARBACOA	2	80	0,3	24
	TOMACORRIENTES DE BAÑO LAVANDERIA	1	40	0,3	12
4	TOMACORRIENTES COCINA	7	280	0,5	140
	TOMACORRIENTES LAVANDERIA	2	80	0,5	40
5-6	TOMACORRIENTE 220 INDUCCION	1	600	3	1800
7-8	TOMACORRIENTE 220 JACUZZI	1	210	24	5040
9	ILUMINACION DORMITORIO VARONES	5	40	4	160
	ILUMINACION DORMITORIO MUJERES Y BALCON	6	48	4	192
	ILUMINACION BAÑO MUJERES	3	24	0,5	12
	ILUMINACION BAÑO PASILLO	3	24	0,5	12
	ILUMINACION COSTURA	2	16	6	96
	ILUMINACION ESTAR TV	8	64	3	192
	ILUMINACION PASILLO SUPERIOR	4	32	6	192
	ILUMINACION ESTAR PAPAS	4	32	0,5	16
	ILUMINACION BAÑO PAPAS	9	72	0,5	36
	ILUMINACION DORMITORIO PAPAS	5	40	4	160
	ILUMINACION TERRAZA	4	32	0,5	16
10	ILUMINACION TALLER y terraza tercer piso	8	64	12	768
11	TOMACORRIENTES DORMITORIO VARONES	4	160	0,3	48
	TOMACORRIENTES DORMITORIO MUJERES		120	0,3	36
	TOMACORRIENTE BAÑO MUJERES	1	40	0,3	12
	TOMACORRIENTE BAÑO PASILLO	1	40	0,3	12
	TOMACORRIENTES COSTURA	2	80	0,3	24
	TOMACORRIENTES ESTAR TV	4	160	0,3	48
	TOMACORRIETES ESTAR PAPAS	2	80	0,3	24
	TOMACORRIENTES PASILLO SUPERIOR	1	40	0,3	12
	TOMACORRIENTES BAÑO PAPAS	4	160	0,3	48
	TOMACORRIENTES HABITACION PAPAS	4	160	0,3	48
	TOMACORRIENTES TERRAZA	2	80	0,3	24
12	TOMACORRIENTES TALLER y terraza	9	360	6	2160
13	motor para puertas automáticas	1	400	0,2	80
14	circuito de cámaras de seguridad	4	160	24	3840
TOTAL, CARGA INSTALADA			5506W		
TOTAL, CONSUMO			18963Wh/día		

Según la Tabla 2 se tiene un total de 5506 watts de Carga eléctrica en potencia instalada, tomando en cuenta todas las zonas de la vivienda y todos los aparatos existentes, al analizar estas cargas con sus respectivas horas de consumo al día, se obtiene el consumo de watts por hora al día de 18963wh/día.

Esto vendría a ser 18.9632 kWh/día convertido en kilowatts por hora al día. A la vez, al multiplicar este valor por 30 días se obtiene el consumo en kilowatt por hora al mes.

Tabla 3. Consumos y costos eléctricos de la vivienda.

DESCRIPCIÓN	LECTURA ACTUAL	CONSUMO TOTAL	UNIDAD DE MEDIDA	MONTO
Energía activa total	568.89	568.89	kWh	85.3335

SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO	
Valor de consumo	85.3335
Comercialización	1.41
Subsidio Cruzado	6.73
Subtotal Servicio Eléctrico (SE)	93.4735
Servicio de Alumbrado Público	8.55
TOTAL SE+APG	102.0235

En la Tabla 3 se aprecia el consumo total en kWh en un mes, el costo actual del kWh para una vivienda que alcanza ese nivel de consumo mensual es de 0.15 dólares, se estima que cada mes se realizará un pago aproximado de 85.33 dólares de consumo netamente eléctrico y 102.02 dólares en la factura de pago mensual con los rubros de la Empresa Eléctrica incluidos.

4.4. Diagrama general de las etapas del sistema

El diagrama de generación fotovoltaico que será diseñado, corresponde a un sistema de autoconsumo con baterías sin vertido a la red, es decir, el sistema abastecerá de energía eléctrica a la demanda a través de lo generado en los paneles, a su vez estos llenarán un banco de baterías dimensionado para soportar la autonomía considerada en el diseño, el detalle de este diseño es que se usará una tercera opción de abastecimiento eléctrico conectado simultáneamente a la red eléctrica, de manera que durante el día los paneles abastecerán la carga y a su vez cargarán el banco de baterías, en la noche el banco de baterías abastecerá la demanda y en un caso aislado emergente en el que durante una severa falta de radiación no prevista, esta no permita la carga de baterías, el inversor dará paso a la red eléctrica para abastecer la demanda.

La Ilustración 19 muestra el diagrama general del sistema de micro generación.

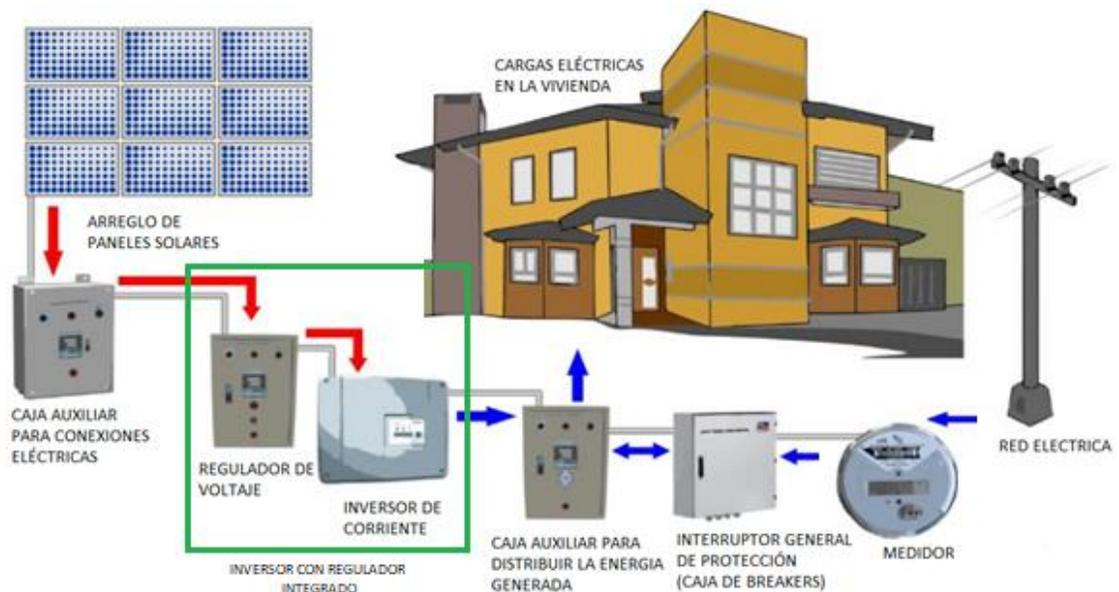


Ilustración 19. Esquema general de etapas (Lopez, 2014).

Para representar de mejor manera el esquema de conexión del sistema, se presenta en la Ilustración 20 un diagrama del sistema construido.

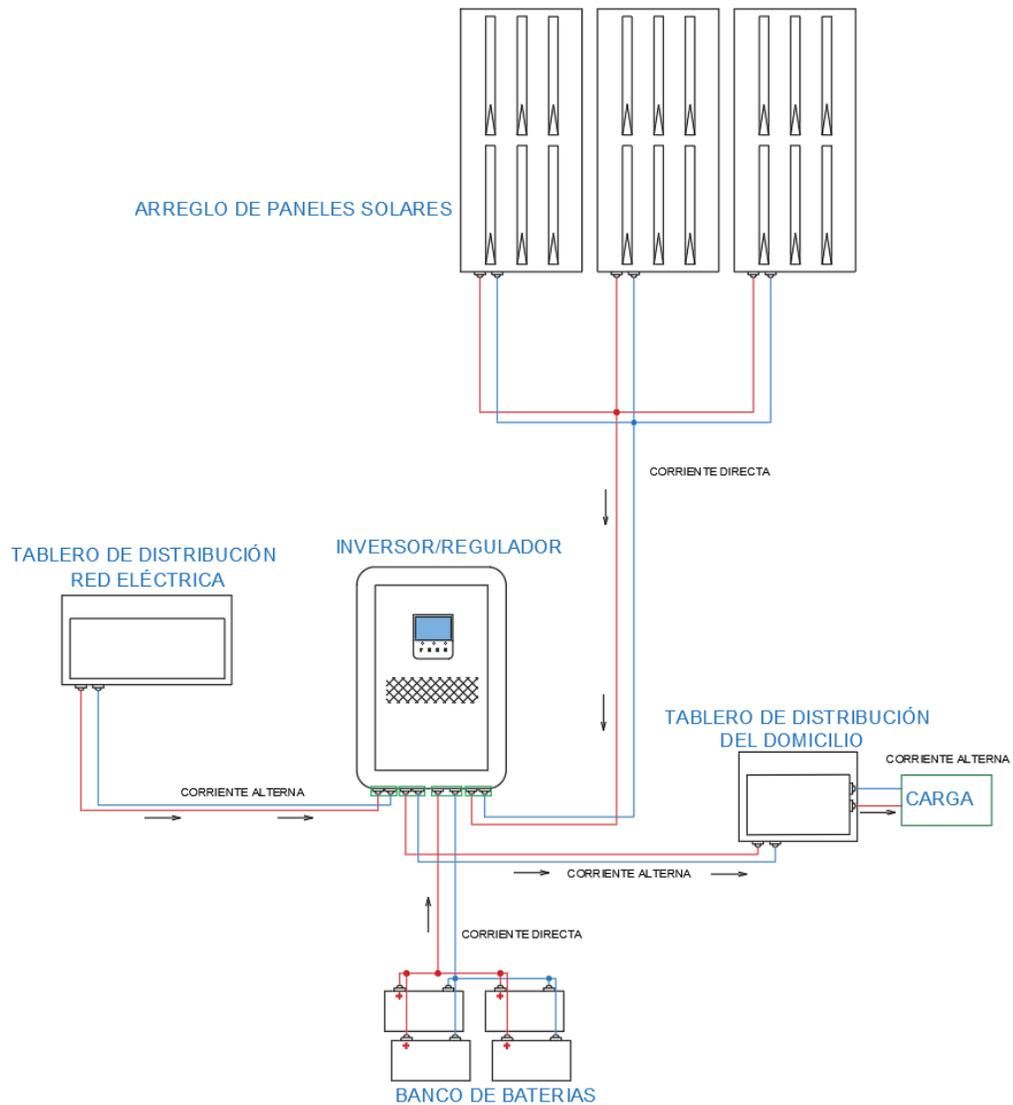


Ilustración 20. Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico construido.

4.5. Valores iniciales para el dimensionamiento del sistema.

Para el dimensionamiento del sistema se consideran los datos mostrados en la Tabla 4 como la eficiencia de las baterías y del inversor, estos son extraídos de la ficha técnica y que se muestran en el Anexo 1.

Tabla 4. Datos iniciales.

Datos generales:	
Lugar:	Cuenca
Latitud:	-2,9 ° Norte
Longitud:	-79 ° Oeste
Voltaje del Sistema:	24 V
Eficiencia de la batería:	80%
eficiencia del Inversor:	90%
Inclinación de la Superficie:	15 °

4.6. Cálculo del número de paneles para abastecer el domicilio

4.6.1. Energía media Diaria (ED).

Para realizar el cálculo de los paneles se necesita saber la potencia requerida por la vivienda, la Tabla 2 describe la extensión total de la demanda, de la cual se extrae un circuito detallado en la Tabla 5 con el registro de consumo diario de cada uno de los dispositivos conectados a este circuito, este será el circuito al que alimentará el sistema fotovoltaico, se trabajará sobre los valores de la Tabla 5 para los cálculos que hacen referencia al dimensionamiento.

Tabla 5. Valores de potencia y energía requeridos en el domicilio.

Carga Eléctrica Corriente Alterna (CA):					
Voltaje Nominal:		120 V			
		Potencia por Unidad	Potencia Total	Horas de uso	Energía diaria
Cantidad	Descripción	P_{unit} (W)	P_{tot} (W)	(h/día)	Requerida (Wh/d)
4	LUMINARIA EXTERIOR	6,0	24,0	4	96,0

3	LUMINARIA ESTUDIO	12,0	36,0	4	144,0
8	LUMINARIA SALA	6,0	48,0	8	384,0
1	LUMINARIA DE UTILERIA	18,0	18,0	0,5	9,0
6	LUMINARIAS DE LA ESPERA	6,0	36,0	0,5	18,0
6	LUMINARIAS DE PARED	2,0	12,0	0,5	6,0
1	LUMINARIA DE ALACENA	18,0	18,0	0,3	5,4
3	ILUMINACION PATIO INVERNADERO	3,0	9,0	0,8	7,2
8	ILUMINACION PASILLO	3,0	24,0	10	240,0
12	ILUMINACION ESCALERA PRINCIPAL	3,0	36,0	4	144,0
5	TOMAS LAVANDERIA	40,0	200,0	0,8	160,0
2	TOMACORRIENTES ESTUDIO	40,0	80,0	0,8	64,0
4	TOMAS DE LA COCINA	40,0	160,0	0,8	128,0
TOTAL			701,0		1405,6

En la Tabla 5 detalla la demanda requerida con la que se dimensionará el sistema, se indica la cantidad de dispositivos a conectarse con su respectiva potencia en Watts, así como también el valor total de todos los dispositivos sumados.

Al asignarle un valor de horas de uso a cada dispositivo, se obtiene un total de energía diaria requerida para mantener encendidos los aparatos.

Al final, se consigue un total de potencia requerida por la vivienda de 701W y de igual manera se obtiene un total de energía requerida por la vivienda de 1405.6Wh/día.

Para el cálculo del número de paneles que se emplearán, primero se selecciona el panel. Para el proyecto se emplearán paneles de la marca “ECO GREEN ENERGY” cuyos parámetros se muestran en la Tabla 6, los demás datos eléctricos y físicos se especifican en la ficha técnica del Anexo 1.

Tabla 6. Características del panel solar “ECO GREEN ENERGY”.

Módulo Fotovoltaico:	
Modelo:	EGE 355M 72
Potencia:	355 W
Voltaje nominal:	24 V
Corriente pico:	9.07 A
Voltaje pico:	39.12 V
Corriente corto circuito:	9.45 A
Voltaje circuito abierto:	47.02 V
NOCT:	45 °C
DNI:	1000 W/m ²
Tstc:	20 °C
ΔTp:	-0.41 %/K

4.6.2. Características físicas del Panel Solar.

Las características físicas del dispositivo se describen en la Tabla 7 y las medidas se describen en la Ilustración 21.

Tabla 7. Características físicas del panel solar.

CARACTERISTICAS DEL PANEL	
NUMERO DE CELDAS	72
DIMENSIONES	1956x992x40mm
PESO	22.8 KG
GROSOR DE VIDRIO TEMPLANO	3.2mm
CAJA DE CONEXIÓN	IP67
CONECTOR	COMPATIBLES CON MC4

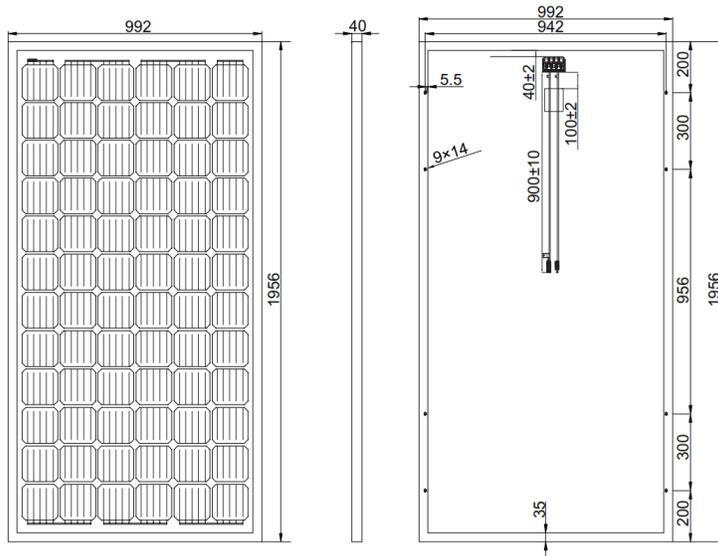


Ilustración 21. Medidas del panel Solar.

De acuerdo a estas características se realizó la estructura de soporte para el sistema solar fotovoltaico con riel channel de aluminio, livianas para que la estructura no sea invasiva con respecto al techo de la vivienda, sujetadas con tornillos y aisladas con silicona.

En la Ilustración 22 se puede observar con mayor detalle la manera en la que se sujetaron los paneles, evitando que se cubra la superficie del mismo y colocándolos a una distancia adecuada del techo para evitar la acumulación de desechos.



Ilustración 22. Estructura de soporte y fijación.

Los paneles empleados en el proyecto proporcionarán una corriente pico de 9.07 amperios en las mejores condiciones de radiación solar ($1000\text{W}/\text{m}^2$) y una potencia de generación de 355 Watts en condiciones ideales, al momento de registrar los datos se podrá notar que conforme el sol se acerca a su punto máximo al medio día, el amperaje generado por los paneles va a ser el más aproximado a este valor de corriente pico y conforme pasa el día, este valor disminuirá hasta ser igual a cero.

4.6.3. Cálculo del generador fotovoltaico.

Para el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico es necesario contar con algunos datos con anterioridad:

- El consumo o demanda.
- Las pérdidas en los paneles.
- El rendimiento del sistema completo.
- La radiación solar de la zona.

El consumo o la demanda se muestran en la Tabla 5, mientras que las pérdidas en los paneles se refieren a la atenuación por orientación e inclinación de los mismos y la atenuación o pérdidas por sombras. La atenuación por sombras y la atenuación por orientación e inclinación no debe sobrepasar del 20% de acuerdo a (Miquel Casa, 2017).

En cuanto al rendimiento energético de la instalación (PR) se deben considerar algunos factores como:

- Temperatura.
- Suciedad.
- Dispersión de parámetros (no siempre hay $1000\text{W}/\text{m}^2$).

- Y otros.

Generalmente en sistemas con inversor PR es igual a 0.7, mientras que en sistemas con inversor y baterías PR es igual a 0.6.

Otro dato importante para el dimensionamiento es la radiación solar en la zona, la misma que se muestra en la Tabla 8 para los distintos meses del año.

Tabla 8. Radiación solar en la zona.

Radiación Solar sobre una superficie Horizontal (kWh/m ² /day)											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
4.49	4.59	5.04	4.91	4.51	4.18	3.5	4.5	4.74	4.51	4.72	4.71

De acuerdo a (Miquel Casa, 2017) se selecciona el peor mes de radiación para hacer el dimensionamiento del sistema, en este caso sería el mes de julio con 3.5 kWh/m²/día.

Con los datos anteriores se calcula la potencia mínima que se necesita, con la fórmula que se muestra a continuación:

$$P_{mp,min} = \frac{E_D * G_{CEM}}{G_{dm(0)} * PR} \quad (4)$$

Donde:

$P_{mp,min}$ es la potencia mínima que se necesita en kW.

E_D es la energía media diaria demandada se mide en kWh/día.

G_{CEM} es la irradiancia estándar 1kW/m².

$G_{dm}(0)$ es el valor de irradiación diaria o mensual sobre una superficie horizontal, se mide en kWh/m²/día.

$$P_{mp,min} = \frac{1.405kWh/día * 1kW/m^2}{3.5 kWh/m^2 /día * 0.6}$$

$$P_{mp,min} = \frac{1.405kWh/día * 1kW/m^2}{3.5 kWh/m^2 /día * 0.6}$$

$$P_{mp,min} = 0.66kW$$

La potencia real máxima que se instalará deberá ser un 25% superior a la mínima de acuerdo a (Miquel Casa, 2017).

$$P_{mp} = P_{mp,min} * 1.25 \quad (5)$$

$$P_{mp} = 0.66kW * 1.25$$

$$P_{mp} = 830W$$

El número total de paneles necesarios para abastecer la demanda calculada se obtiene a través de la siguiente Formula:

$$Num. Paneles = \frac{P_{mp}}{Pot. Panel} \quad (6)$$

$$Num. Paneles = \frac{830W}{355W}$$

$$Num. Paneles = 2.33 paneles$$

Para cubrir la potencia P_{mp} de 830W se requiere de 3 paneles como se muestra en el cálculo anterior.

Entonces la potencia total generada con los 3 paneles en condiciones ideales será de:

$$P_{total} = Num. Paneles * Pot. Panel \quad (7)$$

$$P_{total} = 3 * 355W$$

$$P_{total} = 1065W$$

La potencia se mantiene ya sea que la conexión se realice en paralelo o en serie, por lo tanto, se conectarán en paralelo para mantener el voltaje del sistema, es decir que debe ser compatible con el voltaje de entrada del inversor que para este caso es de 24V como se muestra en el Anexo 1.

El valor de paneles en serie dependerá directamente del voltaje nominal usado en el sistema, por lo que al tener un sistema de 24V y un panel solar con voltaje nominal igual a 24V, el valor de relación entre ellos será igual a 1.

$$\text{Módulos en serie} = \frac{\text{Voltaje del sistema}}{\text{Voltaje nominal del panel solar}} \quad (8)$$

$$\text{Módulos en serie} = \frac{24V}{24V}$$

$$\text{Módulos en serie} = 1$$

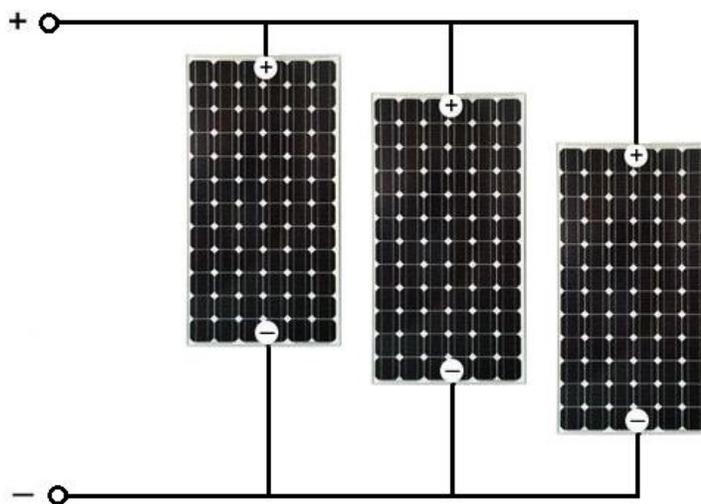


Ilustración 23. Arreglo de paneles serie - paralelo. (Autor)

4.6.4. Orientación e inclinación de los Paneles Solares

La orientación que se adoptó para el arreglo fotovoltaico es de 30 grados norte (referencia) y la inclinación del panel debe ser igual a la latitud del lugar, por mantenimiento se le agrega 10°, por tanto, la inclinación de los paneles será de 15°

4.7. Cálculo del regulador de voltaje.

El regulador de voltaje debería ser seleccionado por dos parámetros:

- La corriente que maneje el regulador debe ser mayor a la corriente de corto circuito del arreglo, al tener tres paneles en paralelo con una corriente de corto circuito de 9.45Amp descritos en la Tabla 6, el arreglo tendrá una corriente de corto circuito de 28.35, pero este resultado deberá multiplicarse por un rango de seguridad del 25% extra, resultando en una corriente de corto circuito final de 35.4Amp.
- Y el voltaje debe ser el mismo voltaje de funcionamiento de los paneles, es decir 24V, que es el voltaje nominal del panel descrito en la tabla 6.

Pero para este caso específico, el inversor que se ha seleccionado es un dispositivo que cuenta con un regulador integrado, que maneja las especificaciones previamente mencionadas.

4.8. Cálculo del inversor.

Para dimensionar y elegir el inversor correcto que realizará la conversión de corriente continua a corriente alterna debemos usar los siguientes parámetros:

- **Capacidad Total de la Carga:** Este parámetro corresponde a el valor de energía instalada en el domicilio al que vamos a suministrar la energía. En la Tabla 5 se

encuentra que el valor de potencia instalada es de 701W, por lo que el inversor a escoger deberá superar este valor y cubrirlo por lo menos al triple de su potencia, debido a que, al ser un sistema que tiene la opción de abastecer cargas excedentes mediante la red eléctrica, esta se hará a través del inversor, el mismo que debe disponer de la opción de soportar la potencia extra, por lo que se deberá escoger un inversor de 2100W o más.

- **Voltaje del Sistema CD:** Este parámetro es el voltaje que manejará el sistema, es decir es el voltaje al que dimensionaremos todos los elementos del arreglo, dependerá directamente del valor de “voltaje nominal del panel solar” que se puede encontrar en la Tabla 6, este valor es de 24V, este voltaje corresponde directamente al valor de voltaje de funcionamiento del inversor que se escogerá.
- **Voltaje de la carga CA:** Este es el voltaje nominal al que funcionarán los dispositivos conectados, en este medio, todos los dispositivos eléctricos funcionan a 120V.

De esta manera se tiene todo lo necesario para escoger el inversor de voltaje.

Capacidad Total de la Carga: 701,0W
 Voltaje del Sistema CD: 24V
 Voltaje de la carga CA: 120V

El “MPP solar: PIP2424LV-HS” es modelo de inversor escogido para realizar el arreglo fotovoltaico, este tiene las siguientes características que corresponden a los parámetros sugeridos.

Capacidad del Inversor:	2400 W	701,0 W requerido
Modelo:	PIP2424LV-HS	
Voltaje del sistema DC:	24 V	24 V requerido
Voltaje de salida:	120 V	120 V requerido

Tabla 9. Datos técnicos del inversor de voltaje.

INVERSOR DE VOLTAJE	
Capacidad del Inversor:	2400w
Modelo:	PIP2424LV-HS
Voltaje de carga de baterías:	24v
Voltaje de salida:	120v

4.9. Cálculo de las baterías

El cálculo de las baterías se refiere a la cantidad de baterías que se debe colocar en el arreglo para soportar la carga instalada y los días de autonomía tomando en cuenta el parámetro de la profundidad de descarga, que protegerá a las baterías de un desgaste acelerado, en este cálculo también se define la manera en la que se debe conectar las baterías para que correspondan a los voltajes y corrientes del sistema.

Corriente requerida:	58.56	Ah
Días de Autonomía:	2	día
Profundidad de descarga límite:	50%	

El modelo de mercado escogido de baterías es el “LTH L-4DM-390M” se usará las características de este modelo de baterías para realizar el cálculo del número de baterías en paralelo y el número de baterías en serie para el sistema.

Capacidad Ah:	200 Ah
Modelo:	LTH L-4DM-390M
Voltaje nominal:	12 V

Basados en esto se inicia el cálculo con el consumo diario en amperios hora al día.

- Consumo diario en Ah/día:

$$L_D(Ah/día) = \frac{E_D(Wh/día)}{V_{nom}(V)} \quad (9)$$

Donde:

V_{nom} = Tensión de la batería, coincide con la tensión del sistema.

$$L_D(Ah/día) = \frac{E_D(Wh/día)}{V_{nom}(V)}$$

$$L_D(Ah/día) = \frac{1405(Wh/día)}{24(V)}$$

$$L_D = 58.56 (Ah/día)$$

Con el valor de consumo diario se calcula la capacidad de la batería de la siguiente manera:

$$Cp = \frac{A * L_D}{P_{Dmax} * \eta_{inv} * \eta_{rb}} \quad (10)$$

Donde:

Cp = Capacidad del acumulador en Ah.

A = Autonomía del sistema en días.

L_D = Consumo medio de la carga en Ah.

PD_{max} = Profundidad de descarga máxima.

η_{inv} = Rendimiento energético del inversor.

η_{rb} = Rendimiento del regulador + batería.

$$Cp = \frac{A * L_D}{P_{Dmax} * \eta_{inv} * \eta_{rb}}$$

$$Cp = \frac{2 * 58.56}{0.5 * 0.9 * 0.8}$$

$$Cp = \frac{117.12}{0.36}$$

$$Cp = 325.33 \text{ Ah}$$

Para cubrir la capacidad calculada se deberá colocar un arreglo de dos baterías paralelo ya que la capacidad de la batería a usarse es de 200 Ah, al ser colocadas en paralelo esta capacidad se suma dando como resultado 400 Ah, que abastecen los 325.33 Ah calculados.

El número de baterías en serie deberá corresponder al voltaje del sistema, es decir, que al conectar las baterías en serie estaríamos sumando los voltajes de las mismas hasta alcanzar los 24V que corresponden a el voltaje del Sistema. Este valor se consigue de la siguiente manera:

$$\text{Baterías en serie} = \frac{\text{Voltaje del sistema}}{\text{Voltaje nominal}} \quad (11)$$

$$\text{Baterías en serie} = \frac{24v}{12v}$$

$$\text{Baterías en serie} = 2$$

De esta manera se obtienen los resultados para el número de baterías para el funcionamiento del arreglo fotovoltaico, se puede observar que el arreglo cumple con el voltaje y a la corriente requerida por el sistema, alcanza un total de 400Ah por la conexión de las baterías en paralelo y un voltaje de salida de 24v por las baterías en serie, resultando en un total de 4 baterías como se puede observar en la Ilustración 24.

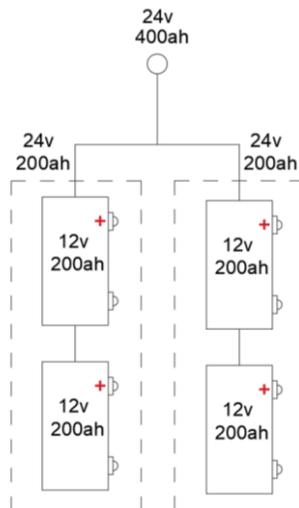


Ilustración 24. Conexión de baterías y sus respectivos voltajes y capacidades resultantes.

Tabla 10. Datos técnicos del banco de baterías.

BANCO DE BATERIAS	
Número de Baterías en paralelo:	2
Número de Baterías en serie:	2
Número de Baterías en totales:	4
Capacidad total:	400 Ah

Capítulo 5

5. Registro de datos

5.1. Metodología de registro.

La manera adecuada para que los investigadores puedan llevar a cabo un estudio y obtener todos los resultados para representarlo es el registro de datos, para lo cual existe una variedad de métodos que permitirán al investigador acoplarse de acuerdo a la necesidad de su estudio en curso.

De entre muchos métodos de recolección de datos, el apropiado para este caso es el método de la “Observación”, por medio del cual se actuará de espectador ante el proyecto

construido y puesto en marcha, esta manera se recopilan todas las características de funcionamiento y de la misma manera se registran todas las acciones contempladas en el estudio, para corroborar lo estudiado y de la misma manera desmentir lo que se presume en la teoría mediante la evidencia.

Para iniciar con el método se dispone de una pantalla de parámetros, en la cual se observan los valores de ingreso al Inversor **PIP2424LV-HS**, valores como la **Potencia** de generación de los paneles, el **Amperaje** de ingreso, **Voltaje** de funcionamiento, **Frecuencia** de generación.



Ilustración 25. Monitor de Parámetros.

También se muestra en la pantalla un parámetro muy importante para el monitoreo constante del sistema, el **valor de la carga** de la vivienda conectada al inversor, de esta manera se observa que lo planteado en el diseño referente al consumo se acerque a el valor real, se debe considerar que este valor utilizado es variable, ya que dependerá totalmente del

tiempo estimado de uso de cada dispositivo, pero se equilibrará por las horas nocturnas en las que el consumo será mínimo e incluso nulo.

5.2. DATOS RECOLECTADOS

El monitoreo constante del sistema construido permitió que se acumulará un registro de cada parámetro en lapsos de aproximadamente una hora, desde las 6 am que inicia el día hasta las 7 pm, los valores importantes en el registro de datos y para los análisis de resultados son la demanda conectada a la red, es decir, la potencia que está consumiendo el circuito conectado a los paneles solares y la potencia generada en los paneles, este parámetro ayuda a describir si la generación obtenida es la esperada.

A demás también se ha registrado la frecuencia y el voltaje de salida en los bornes de alimentación del inversor para asegurar que es un valor constante.

El porcentaje de consumo del inversor es un valor directo sobre 100, siendo el valor máximo los 2400w que puede entregar el inversor.

Y por último la corriente generada en los paneles, es un valor que varía cada segundo del día, ya que la radiación solar incidente sobre el panel nunca se mantiene ni por un segundo, esta será la corriente con la que se cargaran las baterías.

A continuación, se presentan todos los valores en las siguientes tablas:

Tabla 11. Registro D1- Parámetros emitidos por el inversor.

DIA 1	REGISTRO 1	REGISTRO 2	REGISTRO 3	REGISTRO 4	REGISTRO 5	REGISTRO 6	REGISTRO 7	REGISTRO 8	REGISTRO 9	REGISTRO 10	REGISTRO 11	REGISTRO 12	REGISTRO 13	REGISTRO 14	REGISTRO 15	REGISTRO 16	REGISTRO 17	REGISTRO 18	REGISTRO 19
FECHA	21/07/2021																		
HORA	06H00	07H00	08H00	09H00	10H00	10H30	11H00	11H30	12H00	12H30	13H00	13H30	14H00	14H30	15H00	16H00	17H00	18H00	19H00
VOLTAJE DE LA BATERIA	24.3	27.7	27.6	28.1	28.2	28.2	28	28.4	26.9	25.9	25.1	28.1	28.5	25.2	25.2	24.8	24.3	24.2	23.6
POTENCIA DE LA DEMANDA CONECTADA	3	49	50	91	284	276	275	199	222	154	240	300	222	259	243	164	347	341	255
PORCENTAJE DE CONSUMO DEL INVERSOR	0	2	2	4	12	11	11	8	9	7	10	12	9	10	10	7	14	14	10
FRECUENCIA DE LA RED	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
VOLTAJE DE SALIDA	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
POTENCIA GENERADA EN LOS PANELES - W	12	537	442	446	519	488	460	501	324	254	198	578	335	218	281	66	31	0	0
CORRIENTE GENERADA EN LOS PANELES	0	17	14	12	7	6	6	10	3	2	0	8	4	1	1	2	0	0	0
VOLTAJE DE INGRESO MAXIMO DE PANELES	26	27.7	28	28	31	32	32	34	37	27	26	32	33	26	26	26	0	0	0

Tabla 12. Registro D2- Parámetros emitidos por el inversor.

DIA 2	REGISTRO 1	REGISTRO 2	REGISTRO 3	REGISTRO 4	REGISTRO 5	REGISTRO 6	REGISTRO 7	REGISTRO 8	REGISTRO 9	REGISTRO 10	REGISTRO 11	REGISTRO 12	REGISTRO 13	REGISTRO 14	REGISTRO 15	REGISTRO 16	REGISTRO 17	REGISTRO 18	REGISTRO 19
FECHA	24/07/2021																		
HORA	06H00	07H00	08H00	09H00	10H00	10H30	11H00	11H30	12H00	12H30	13H00	13H30	14H00	14H30	15H00	16H00	17H00	18H00	19H00
VOLTAJE DE LA BATERIA	23.8	27.1	27.0	27.5	27.6	27.6	27.4	27.8	26.4	25.4	24.6	27.5	27.9	24.7	24.7	24.3	23.8	23.7	23.1
POTENCIA DE LA DEMANDA CONECTADA	4	66	70	138	370	373	371	341	300	200	324	400	300	356	229	328	350	344	461
PORCENTAJE DE CONSUMO DEL INVERSOR	1	3	3	5	16	14	15	13	13	9	12	15	12	12	9	12	15	13	18
FRECUENCIA DE LA RED	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
VOLTAJE DE SALIDA	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
POTENCIA GENERADA EN LOS PANELES - W	10	201	280	396	458	345	412	443	401	406	425	421	298	194	254	60	27	2	0
CORRIENTE GENERADA EN LOS PANELES	0	5	8	21	12	19	11	18	9	10	7	8	7	2	1	4	0	0	0
VOLTAJE DE INGRESO MAXIMO DE PANELES	27	29	29	29	32	33	33	35	38	28	27	33	34	27	27	27	0	0	0

Tabla 13. Registro D3- Parámetros emitidos por el inversor.

DIA 3	REGISTRO 1	REGISTRO 2	REGISTRO 3	REGISTRO 4	REGISTRO 5	REGISTRO 6	REGISTRO 7	REGISTRO 8	REGISTRO 9	REGISTRO 10	REGISTRO 11	REGISTRO 12	REGISTRO 13	REGISTRO 14	REGISTRO 15	REGISTRO 16	REGISTRO 17	REGISTRO 18	REGISTRO 19
FECHA	25/07/2021																		
HORA	06H00	07H00	08H00	09H00	10H00	10H30	11H00	11H30	12H00	12H30	13H00	13H30	14H00	14H30	15H00	16H00	17H00	18H00	19H00
VOLTAJE DE LA BATERIA	27.5	31.3	31.2	31.8	31.9	31.9	31.6	32.1	30.4	29.3	28.4	31.8	32.2	28.5	28.5	28.0	27.5	27.3	26.7
POTENCIA DE LA DEMANDA CONECTADA	3	50	57	112	326	314	305	226	251	175	275	333	250	293	275	186	392	386	288
PORCENTAJE DE CONSUMO DEL INVERSOR	0	2	2	6	14	12	12	9	10	8	11	14	10	11	11	8	16	16	11
FRECUENCIA DE LA RED	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
VOLTAJE DE SALIDA	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
POTENCIA GENERADA EN LOS PANELES - W	11	227	316	447	518	498	426	420	523	459	480	476	337	219	287	68	31	2	0
CORRIENTE GENERADA EN LOS PANELES	0	6	9	24	14	21	12	20	10	11	8	9	8	2	1	4	0	0	0
VOLTAJE DE INGRESO MAXIMO DE PANELES	31	33	33	33	36	38	38	40	43	32	31	38	39	31	31	31	0	0	0

Tabla 14. Registro D4- Parámetros emitidos por el inversor.

DIA 4	REGISTRO 1	REGISTRO 2	REGISTRO 3	REGISTRO 4	REGISTRO 5	REGISTRO 6	REGISTRO 7	REGISTRO 8	REGISTRO 9	REGISTRO 10	REGISTRO 11	REGISTRO 12	REGISTRO 13	REGISTRO 14	REGISTRO 15	REGISTRO 16	REGISTRO 17	REGISTRO 18	REGISTRO 19
FECHA	27/07/2021																		
HORA	06H00	07H00	08H00	09H00	10H00	10H30	11H00	11H30	12H00	12H30	13H00	13H30	14H00	14H30	15H00	16H00	17H00	18H00	19H00
VOLTAJE DE LA BATERIA	23.9	27.2	27.1	27.6	27.7	27.7	27.5	27.9	26.4	25.5	24.7	27.6	28.0	24.8	24.8	24.4	23.9	23.8	23.2
POTENCIA DE LA DEMANDA CONECTADA	20	44	120	97	284	273	260	197	218	152	300	290	200	305	239	162	340	326	401
PORCENTAJE DE CONSUMO DEL INVERSOR	1	2	6	5	12	11	11	8	9	7	13	12	9	14	10	7	14	14	16
FRECUENCIA DE LA RED	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
VOLTAJE DE SALIDA	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
POTENCIA GENERADA EN LOS PANELES - W	10	230	160	196	240	400	371	365	455	232	418	400	289	189	248	70	26	2	0
CORRIENTE GENERADA EN LOS PANELES	0	16	12	13	7	8	10	17	9	4	7	9	7	2	2	2	0	0	0
VOLTAJE DE INGRESO MAXIMO DE PANELES	27	28	29	29	32	33	33	35	38	28	27	33	34	27	27	27	0	0	0

Tabla 15. Registro D5- Parámetros emitidos por el inversor.

DIA 5	REGISTRO 1	REGISTRO 2	REGISTRO 3	REGISTRO 4	REGISTRO 5	REGISTRO 6	REGISTRO 7	REGISTRO 8	REGISTRO 9	REGISTRO 10	REGISTRO 11	REGISTRO 12	REGISTRO 13	REGISTRO 14	REGISTRO 15	REGISTRO 16	REGISTRO 17	REGISTRO 18	REGISTRO 19
FECHA	29/07/2021																		
HORA	06H00	07H00	08H00	09H00	10H00	10H30	11H00	11H30	12H00	12H30	13H00	13H30	14H00	14H30	15H00	16H00	17H00	18H00	19H00
VOLTAJE DE LA BATERIA	26.0	29.7	29.6	30.1	30.2	30.2	30.0	30.4	28.8	27.8	26.9	30.1	30.5	27.0	27.0	26.6	26.0	25.9	25.3
POTENCIA DE LA DEMANDA CONECTADA	38	20	200	220	309	120	130	214	130	156	320	317	210	332	261	176	189	273	380
PORCENTAJE DE CONSUMO DEL INVERSOR	4	2	9	10	13	7	8	9	10	8	13	13	9	15	11	8	9	11	16
FRECUENCIA DE LA RED	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
VOLTAJE DE SALIDA	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
POTENCIA GENERADA EN LOS PANELES - W	10	249	240	350	350	435	442	478	308	423	386	576	316	207	269	79	27	20	0
CORRIENTE GENERADA EN LOS PANELES	1	16	13	14	6	9	10	20	10	4	1	13	8	2	3	2	0	0	0
VOLTAJE DE INGRESO MAXIMO DE PANELES	29	31	31	31	35	36	36	38	41	30	29	36	37	29	29	29	0	0	0

5.3. Análisis de resultados.

Las ilustraciones presentadas a continuación son curvas comparativas que describen la potencia generada en los paneles a lo largo de un día, hora tras hora, y la potencia de la demanda conectada al inversor, es decir la potencia que está siendo consumida.

De la misma manera se puede encontrar una ilustración circular en la que se puede comparar el valor promedio de la potencia generada por los paneles y la potencia promedio consumida al día por el circuito conectado al sistema.

Por último, se tiene una ilustración en la que se presenta el valor total de potencia generado por los paneles solares y se lo compara con el valor total de potencia consumida por el circuito conectado al sistema.

5.3.1. Registro D1

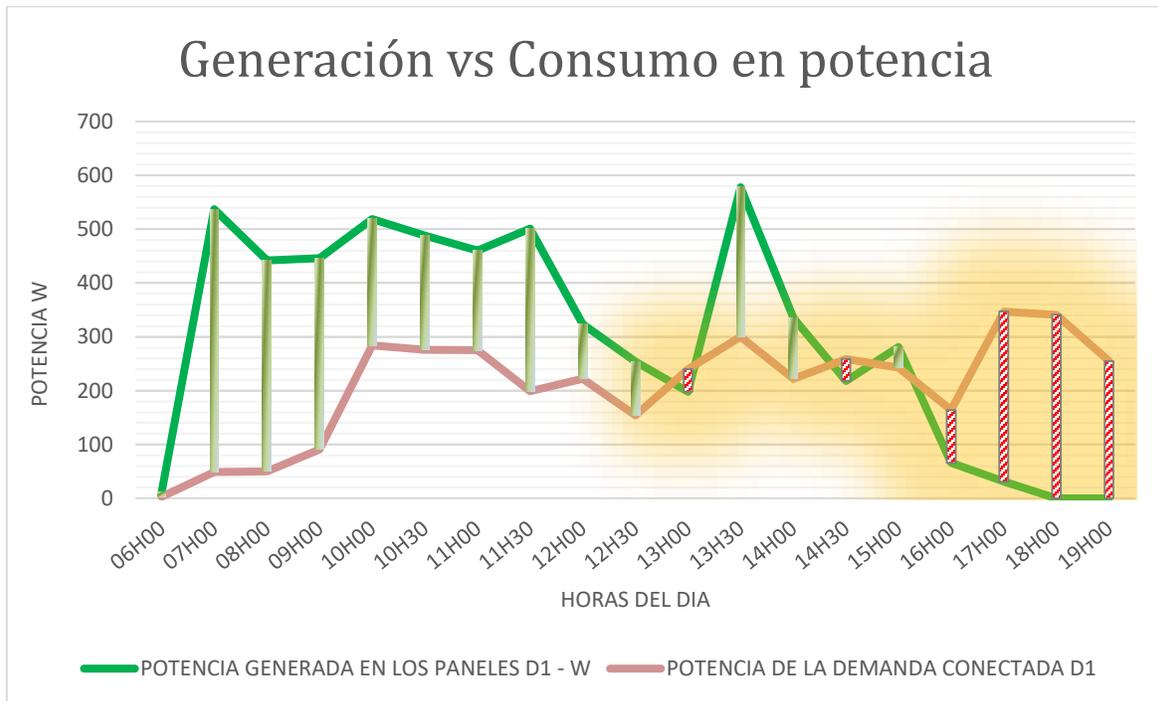


Ilustración 26. Comparación hora a hora de generación vs consumo del primer registro.

La curva de generación del Registro D1 nos muestra niveles cercanos a los 500W durante las primeras horas del día, desde las 06h00 hasta las 11h30, en las cuales el consumo es bajo, el punto más alto de consumo se aproxima a los 284W según los registros, a las 10h00, por lo cual en todo este rango del día se genera mucho más de lo que necesitamos en el consumo, toda esta energía generada servirá para cargar las baterías.

Por otra parte, en las últimas horas del día el escenario es diferente, en este se registran valores de generación casi nulos, ya que el sol, en este rango de horas en el día, está cerca de

ocultarse, a partir de las 16h00 la generación es de 66W, se pueden notar puntos negativos entre la generación y el consumo a partir de esta hora, todo el rango de energía consumida a partir de esta hora supera el valor de energía generada llegando a 0W de generación a las 18h00.

Ahora se tiene los puntos críticos, en los que los valores de consumo exceden los valores de generación durante las horas pico de radiación, se puede apreciar en la Ilustración 12 a las 13h00 y a las 14h30, dos puntos en los que la generación en el sistema tiene una curva descendente y se llega a valores de generación de 198W y 218W respectivamente, mientras que en estas horas del día el consumo a esa hora es de 240W y 259W respectivamente, siendo estos puntos los que provocan el consumo de las baterías en lugar de cargarlas.

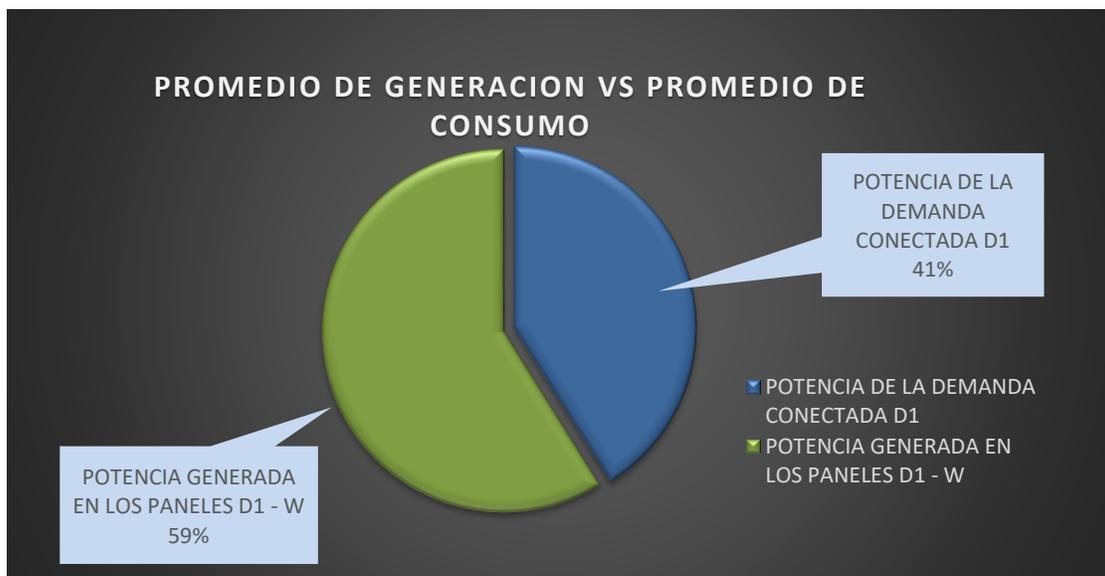


Ilustración 27. Promedio de la Potencia generada vs potencia consumida del primer registro.

El la Ilustración 27 se muestra el valor promedio de la generación total del primer registro, es decir, el promedio de lo generado al día en porcentaje, comparado con el promedio de lo consumido al día en porcentaje, se puede notar que el porcentaje de energía generada es de 59% superando al porcentaje de consumo, ya que los picos de generación de las 07h00 y las 13h30 fueron bastante beneficiosos, dando un valor de 537W y 578W respectivamente y desde las 07h00 hasta las 11h30 se mantiene siempre sobre los 400W de generación.

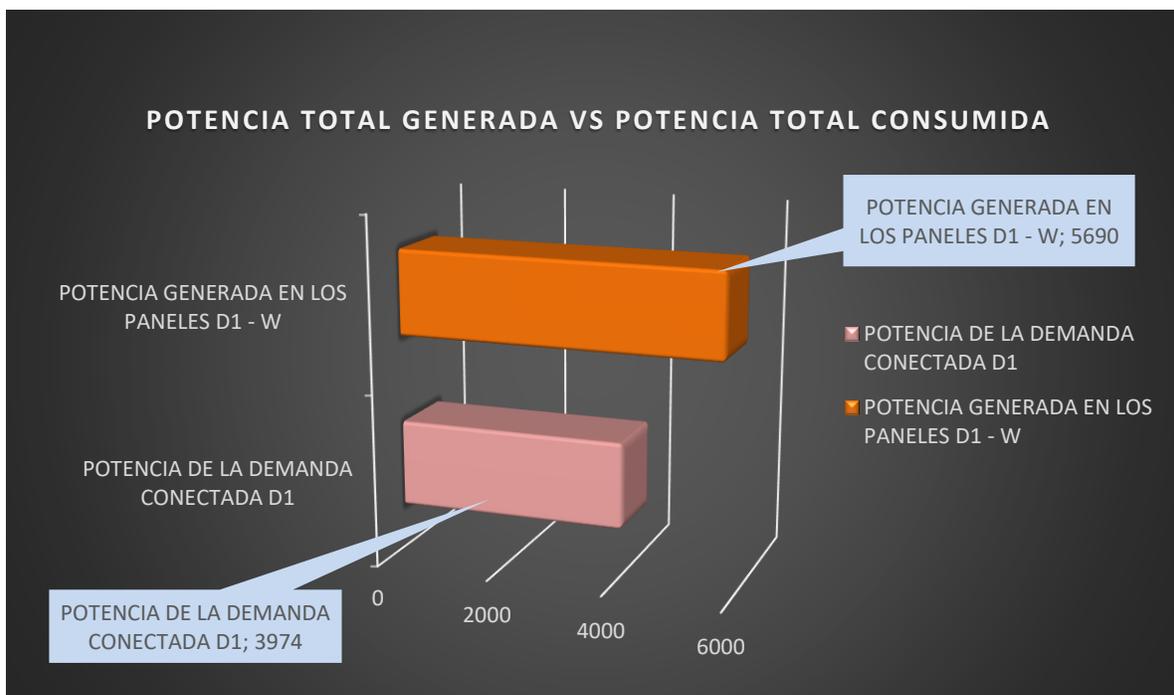


Ilustración 28. Promedio de Potencia total generada vs Promedio de Potencia total consumida del primer registro.

La Ilustración 28 presenta el valor total de la generación del registro, así como también muestra el valor total del consumo, desde las 06h00 que el sistema inicia generando 12W hasta las 18h00 se acumula un valor generado de 5690W, por otra parte, el valor de

consumo muestra una curva de crecimiento a partir de las 09h00, atenuándose a la media tarde para volver a crecer a partir de las 16h00, dando un total de energía consumida de 3974W.

A pesar del consumo registrado, los valores de generación en comparación con los valores de consumo son bastante aceptables, ya que entrega un valor de carga de 1716W durante todo el día que serán almacenados o en el peor de los casos usados en algún pico de consumo no planeado.

5.3.2. Registro D2

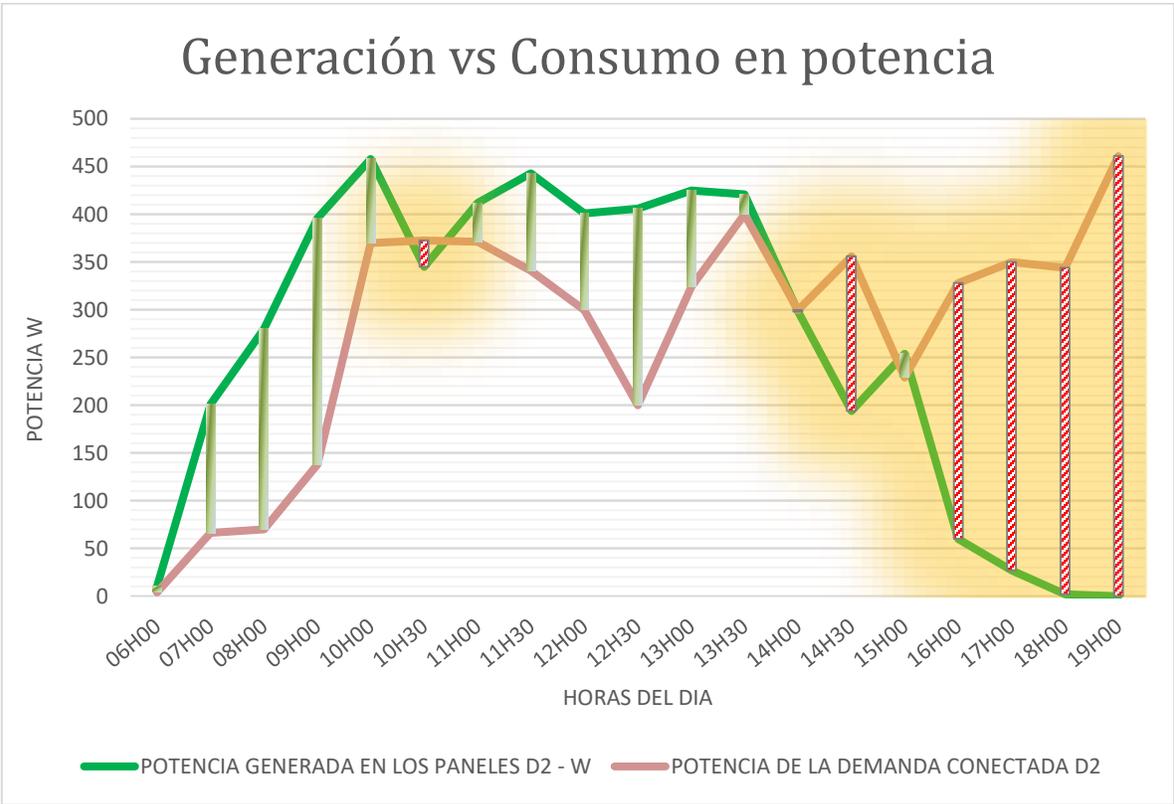


Ilustración 29. Comparación hora a hora de generación vs consumo del segundo registro

La curva de la Ilustración 29 se mantiene dentro del rango aceptable del comportamiento de la generación, se pueden ver valores de crecimiento constantes en la mañana, sin picos de generación, pero a partir de las 10h00 se mantiene.

El punto crítico de este registro es claramente el pico de consumo que se aprecia a las 14h30, en el cual, a comparación del registro D1, el valor de consumo aumenta de 259W hasta 356W en un lapso del día en el que los valores de generación ya han empezado a descender.

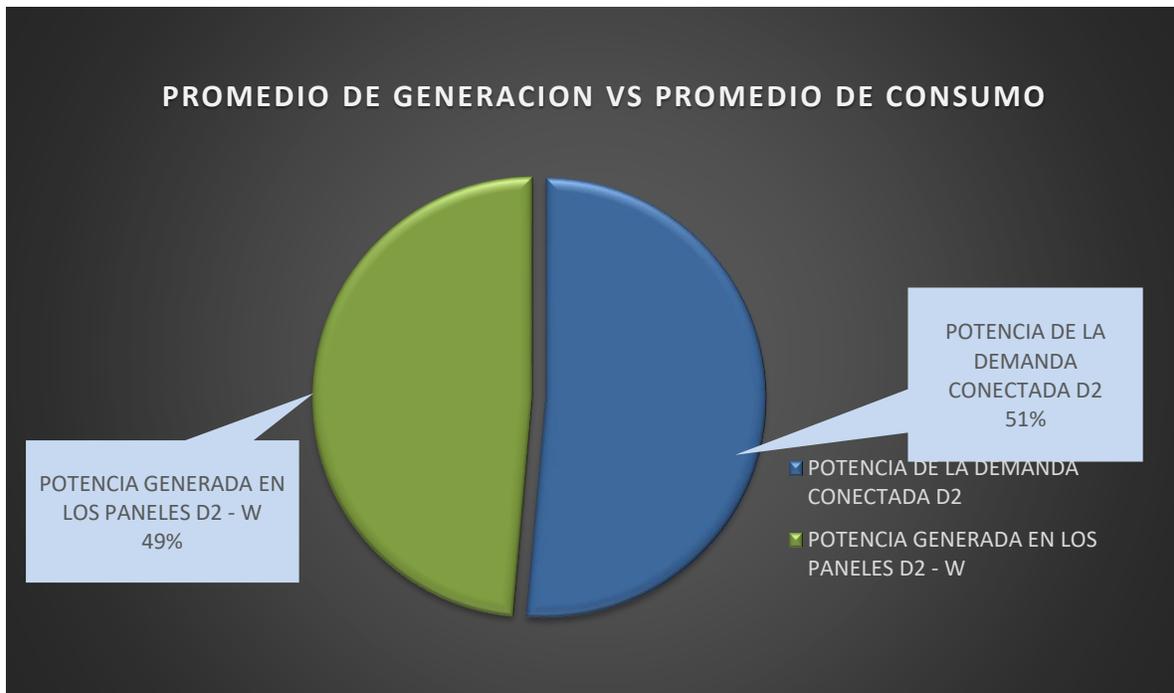


Ilustración 30. Promedio de la Potencia generada vs Potencia consumida del segundo registro.

Los valores de generación promedio por otra parte, para este caso son negativos, ya que la potencia generada muestra un porcentaje promedio de 49% manteniéndose casi equilibrada con el consumo, sin embargo, a pesar de ser un valor mínimo del 1%, este ya demuestra un desequilibrio.

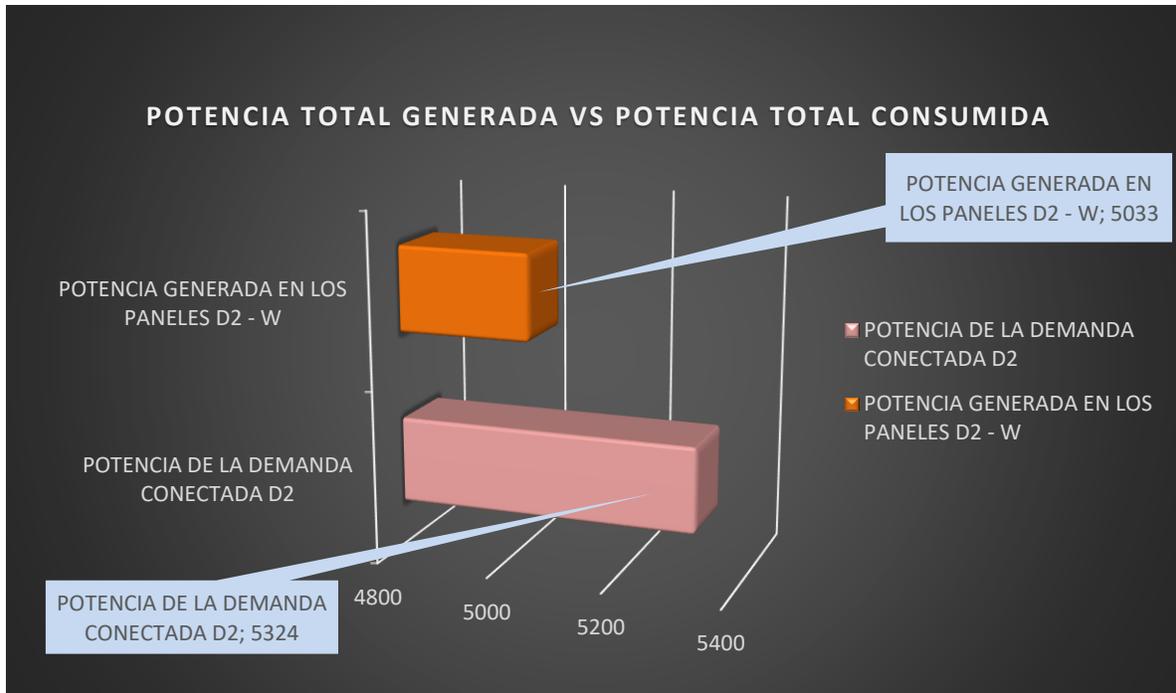


Ilustración 31. Promedio de Potencia total generada vs Promedio de Potencia total consumida del segundo registro.

El valor total de la demanda supera el valor total de generación en 291W, si se analiza la curva de la Ilustración 29, es claro que la demanda aumenta de manera exagerada a partir de las 16h00, manteniéndose en un consumo mayor a 350w hasta la última hora del registro, por lo que, a pesar de tener una generación aceptable, no podemos ignorar el hecho de que pueden existir rangos de consumos altos constantes, afortunadamente el valor de generación se mantuvo al límite abasteciendo la carga.

5.3.3. Registro D3

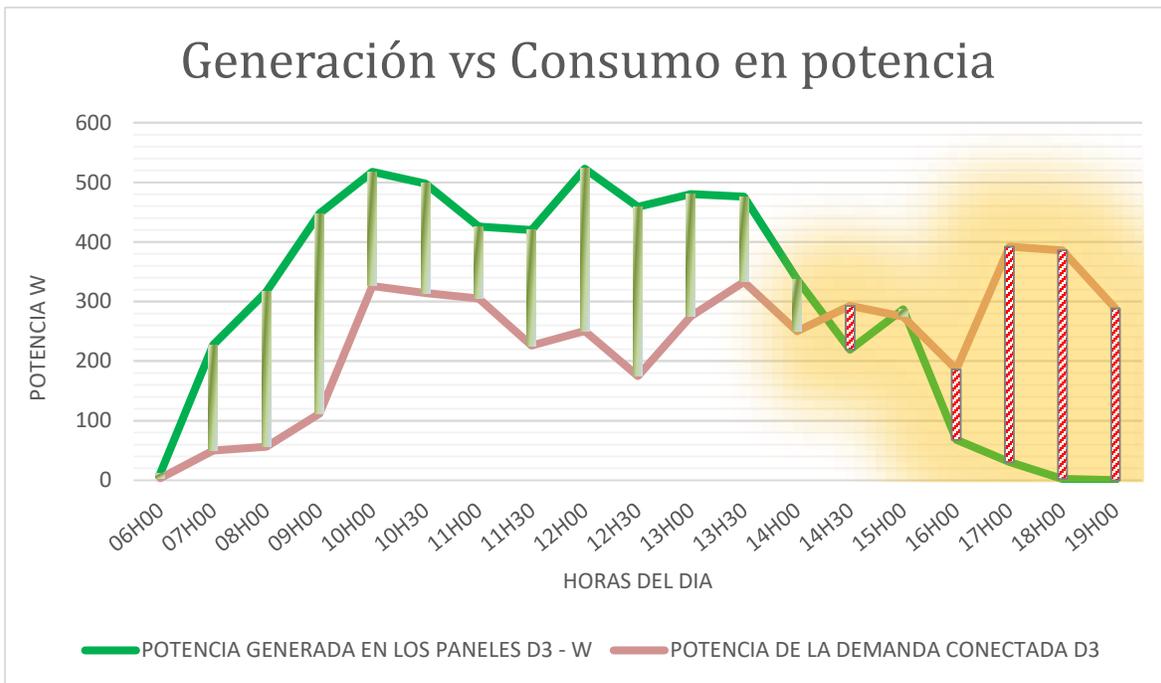


Ilustración 32. Comparación hora a hora de generación vs consumo del tercer registro.

La curva de generación del Registro D3 inicia con un aumento de 0 a 200W en la primera hora de registro, y se mantiene en crecimiento hasta las 10h00, al contrario de los registros anteriores esta no sufre de puntos críticos hasta las 14h30 en el que el consumo es de 293W y la generación de 219W, pero si se observa la ilustración 32, el punto crítico no se debe al aumento de la demanda, sino a una caída de generación de 476W a 219W en el sistema.

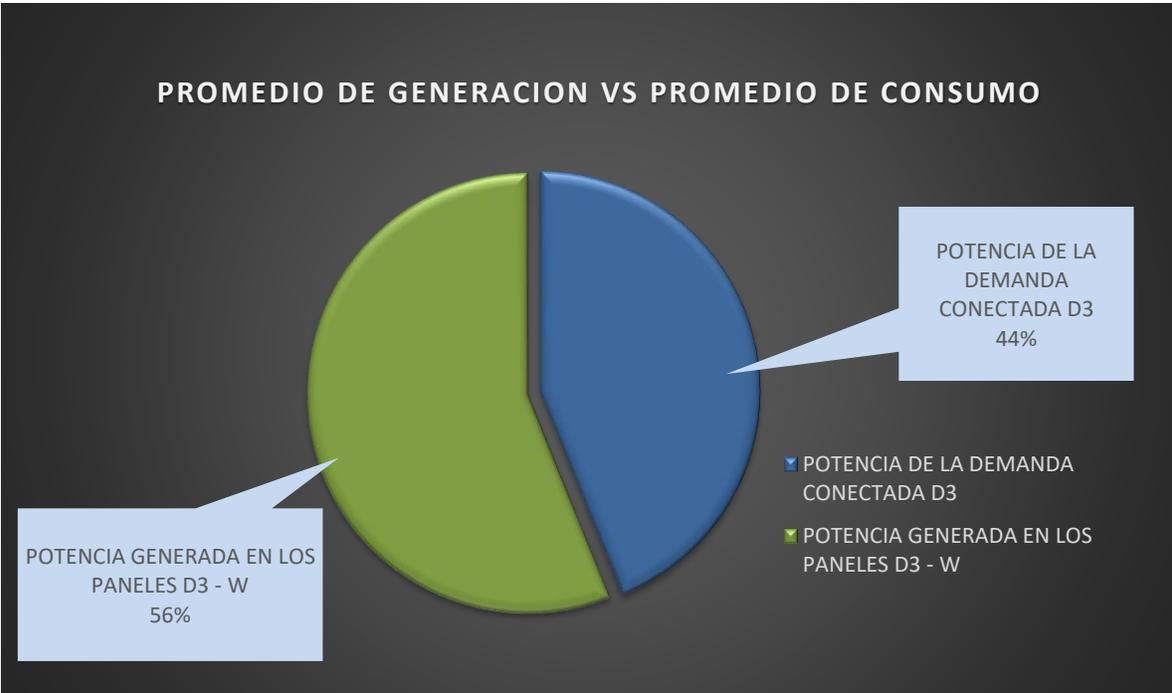


Ilustración 33. Promedio de la Potencia generada vs Potencia consumida del tercer registro.

La grafica de porcentajes claramente es beneficiosa, con un promedio de 302W de generación constante a comparación de 236W de consumo, se tiene una potencia de aproximadamente 70W durante todo el día para cargar el banco de baterías.

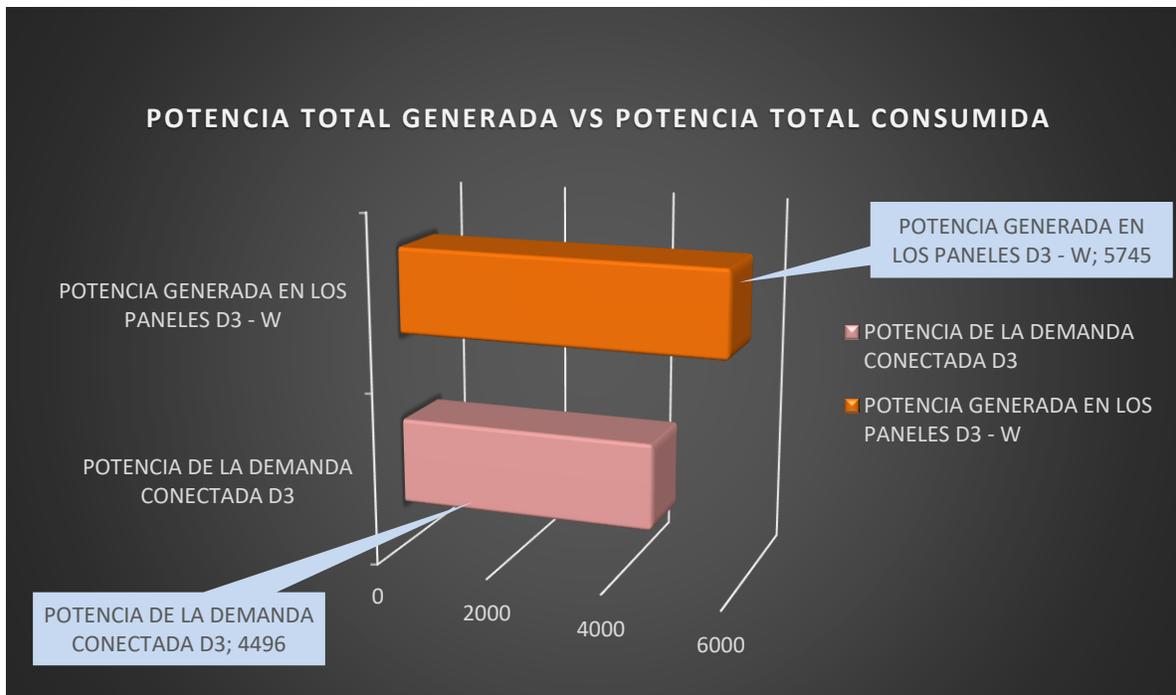


Ilustración 34. Promedio de Potencia total generada vs Promedio de Potencia total consumida del tercer registro.

A pesar de haber tenido una curva descendente de generación en las horas en las que se esperaba más radiación, a partir de las 13h30, el valor total generado es el mejor de todos los registros, alcanzando un total de 5745W.

5.3.4. Registro D4

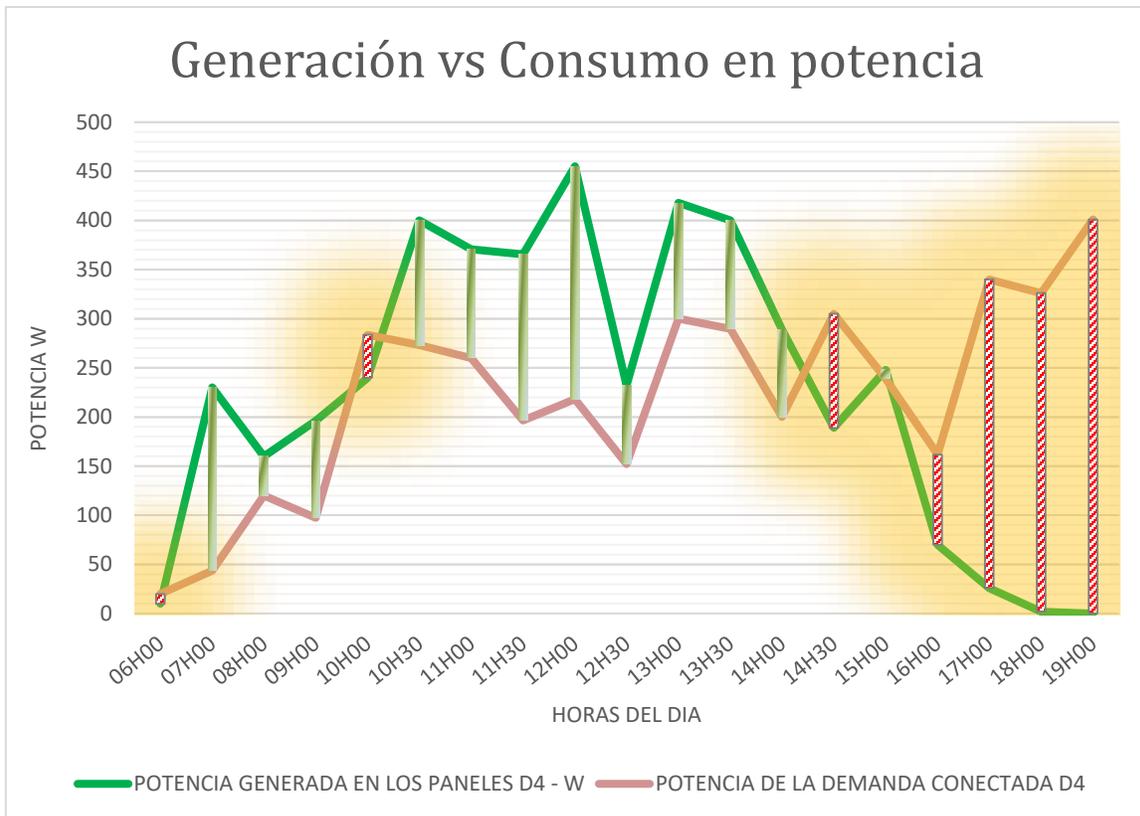


Ilustración 35. Comparación hora a hora de generación vs consumo del cuarto registro.

La Ilustración 35 del Cuarto registro entrega curva de generación con variaciones pronunciadas y con puntos críticos en zonas horarias que no son muy comunes.

El primer valor negativo es a las 06h00 en la que la generación inicia con 10W, pero el consumo de la vivienda está en 20W, un escenario que no se había dado en registros anteriores, pero totalmente razonable ya que en la ciudad de Cuenca existen mañanas en las que los días no tienen la suficiente luz natural como para no necesitar de energía eléctrica.

A las 07h00 se da el primer pico de generación, llegando a 230W mientras que el valor de consumo está en 44W, a partir de este punto las dos curvas crecen de manera normal conforme avanza el día.

Un segundo punto de análisis se da a las 12h30, en el que la potencia de generación sufre una caída desde 455W a 232W, la mitad de lo generado en ese horario, afortunadamente no se convierte en un punto crítico debido a que la curva de consumo se encontraba en descenso desde las 10h00.

A partir de las 14h30 el escenario es muy distinto, las curvas se cruzan e inicia un proceso en el que la generación no supera al consumo hasta que termina el día, excepto en el registro de las 15h00, pero el valor positivo apenas es de 9W.

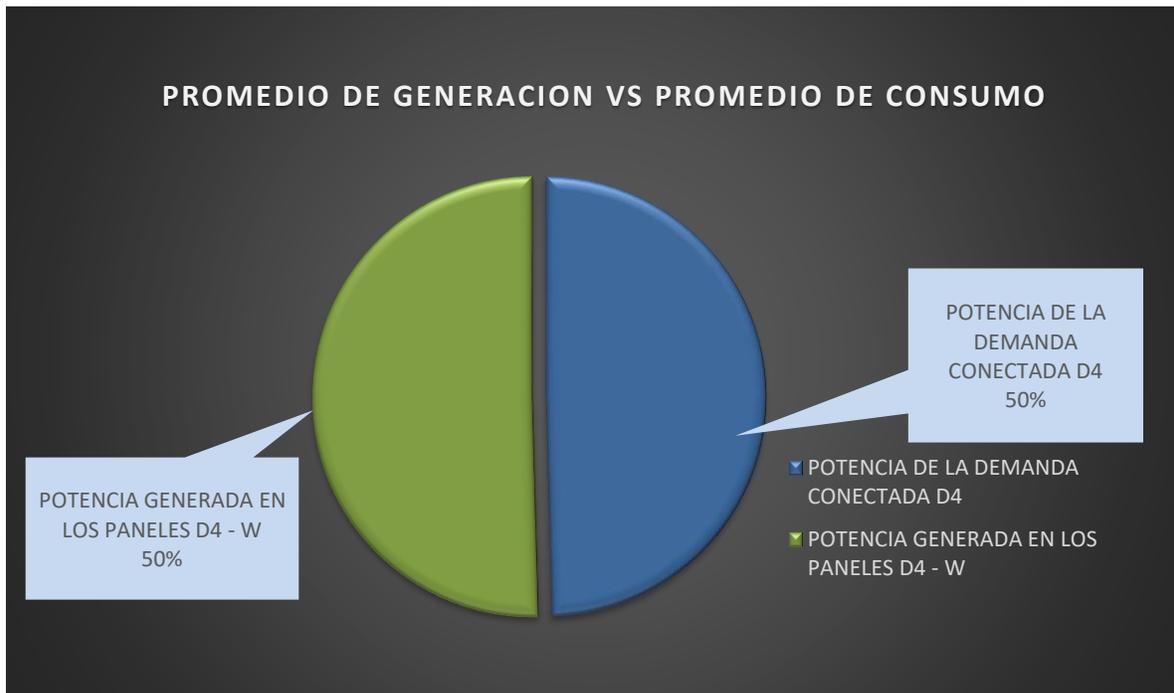


Ilustración 36. Promedio de la Potencia generada vs Potencia consumida del cuarto registro.

Al haber tenido una curva de generación que descendió desde las 14h30 y una curva de consumo que alcanzo sus picos más altos desde las 16h00 sin duda equilibra el valor promedio de alta generación que se tuvo en las primeras horas del día, en promedio se generó cada hora 226.35W y el consumo fue de 222.49W.

Un día que en el que no se generó energía para la carga del banco de baterías.

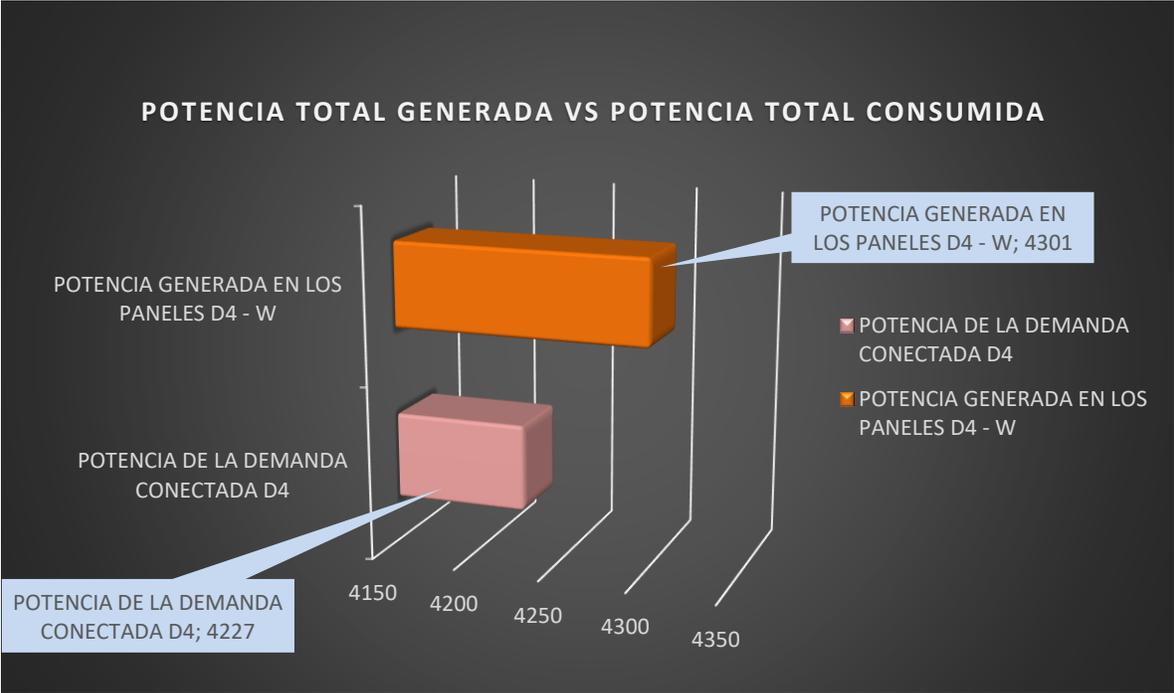


Ilustración 37. Promedio de Potencia total generada vs Promedio de Potencia total consumida del cuarto registro.

Sin embargo, a pesar de haber sido un día con muchas variaciones y picos negativos, el total de potencia generada supera al valor de potencia consumida con 74W, una potencia relativamente insignificante considerando que la carga en la noche podría llegar a alcanzar valores de 701W.

5.3.5. Registro D5

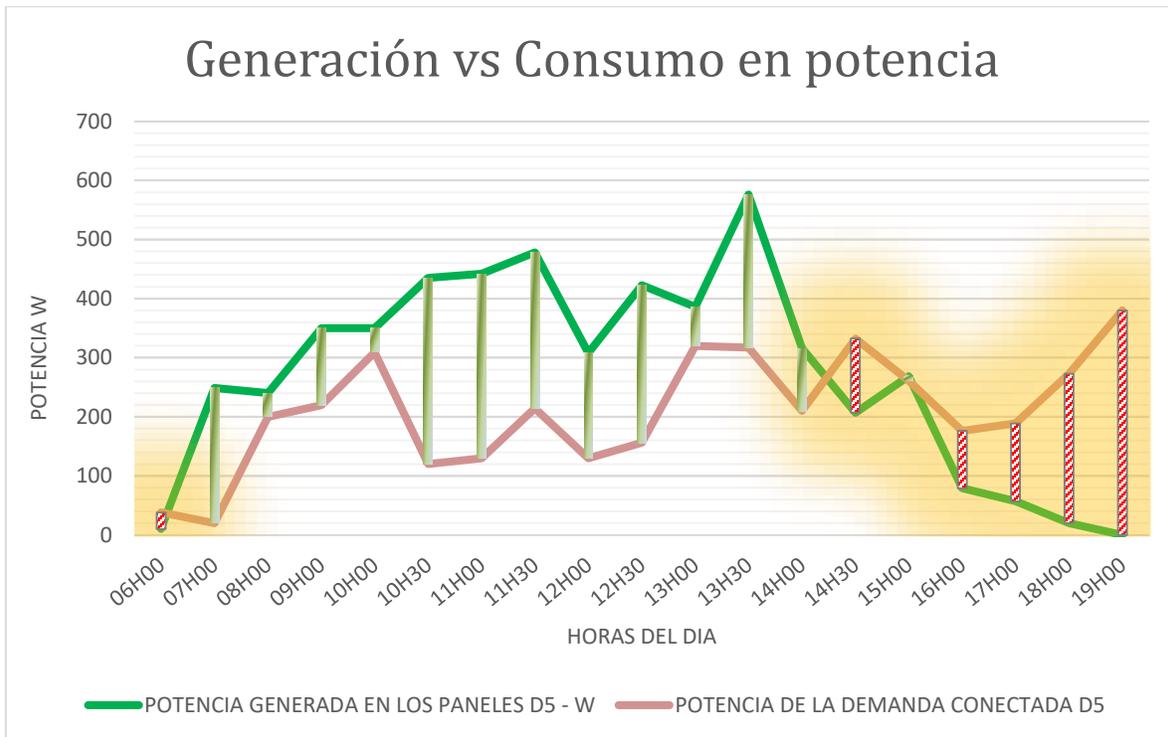


Ilustración 38. Comparación hora a hora de generación vs consumo del quinto registro.

Los datos de generación crecen constantemente y acumulan un total de 2554W hasta las 11h30, a las 13h30 tiene un pico positivo de 576W siendo uno de los picos más altos de generación alcanzados en todos los registros.

Los puntos críticos se dan en la primera hora del día con una diferencia negativa de 28W y luego a las 14h30 con una diferencia negativa de 207W.

La curva de generación sufre un descenso a partir de las 15h00 cuyo horario coincide con el incremento normal del consumo hasta terminar el día útil de radiación.

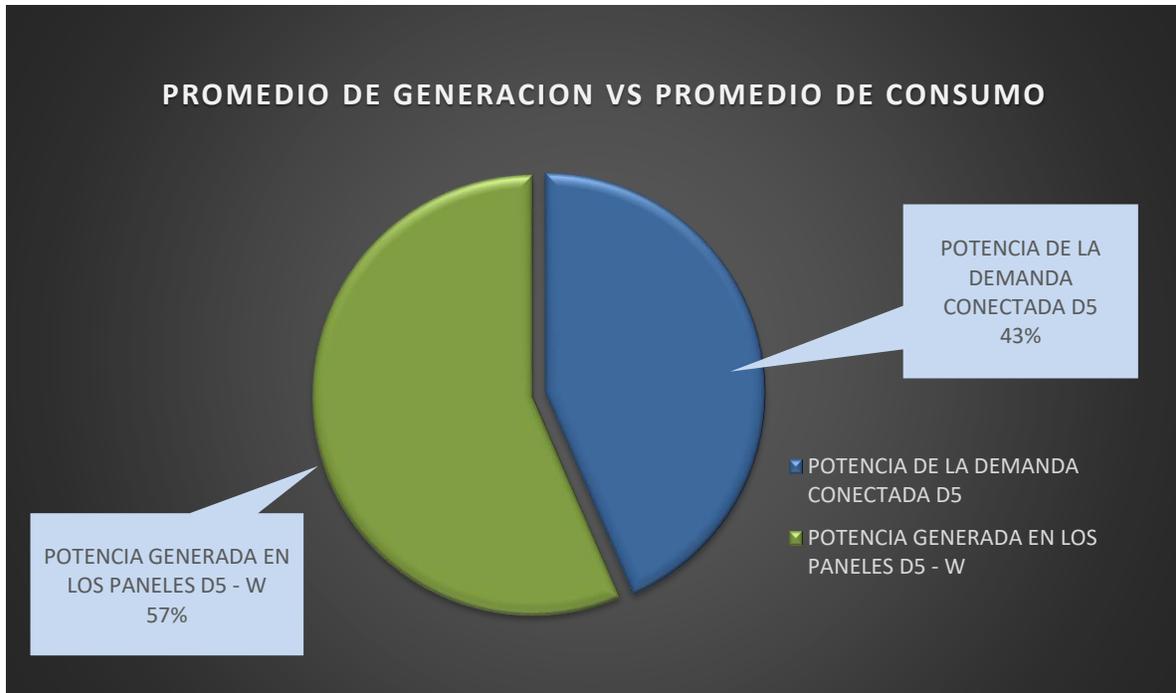


Ilustración 39. Promedio de la Potencia generada vs Potencia consumida del quinto registro.

Al tener valores negativos de generación a partir de las 16h00 y un día completo de valores positivos de generación, el valor promedio de generación supera al consumo.

Se tiene un valor de potencia generada promedio por hora de 273W y un valor de consumo promedio por hora de 210W, entregando más de 60W por hora para acumularlo en el banco de baterías.

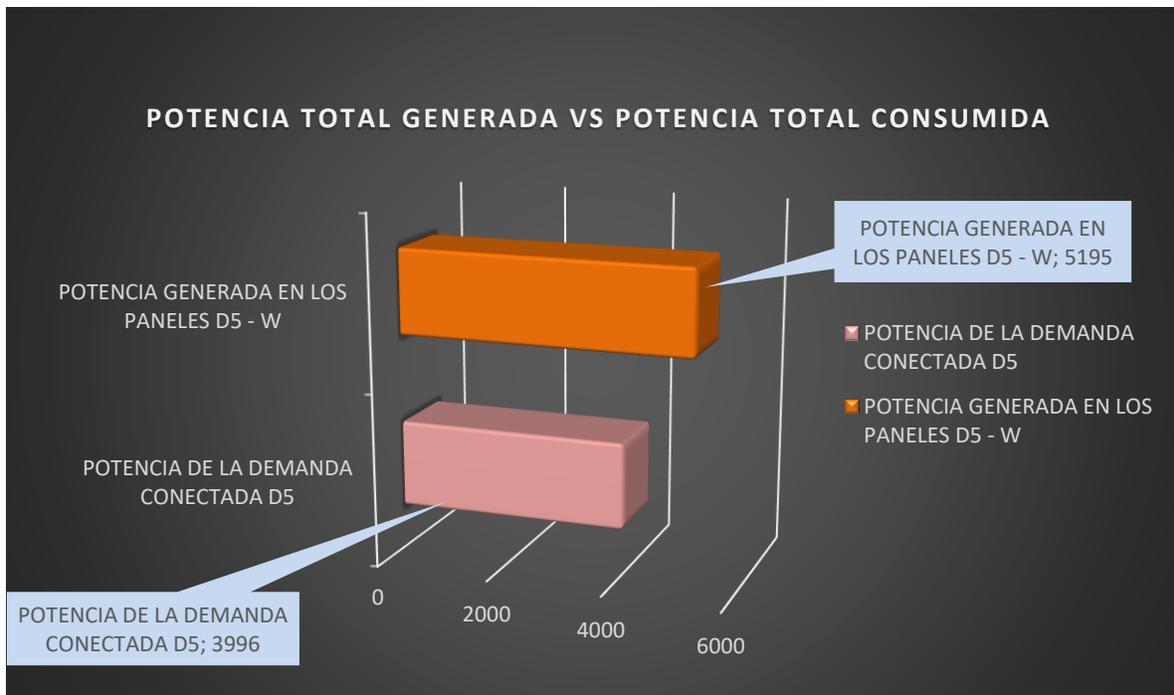


Ilustración 40. Promedio de Potencia total generada vs Promedio de Potencia total consumida del quinto registro.

Con una curva que no disminuye durante todas las horas de la mañana y que además presenta picos de generación altos se tiene un total de 5195W generados y una potencia de consumo que acumula 3996W, dejando como resultado una diferencia de 1199W para acumularlos en el banco de baterías.

5.3.6. Registro 6 “sincronizado con la RED ELÉCTRICA”.

Este registro se llevó a cabo durante un lapso en el que el consumo de uno de los electrodomésticos del hogar fue utilizado, este electrodoméstico no fue considerado en la Tabla 5 ya que funciona a 1200W de potencia. Los registros obtenidos al momento de este suceso serán analizados con ayuda de las siguientes Ilustraciones.

La Ilustración 41 muestra el momento en el que el monitor del inversor registra un valor de consumo de 1.23kW, en ese momento se puede ver que la carga está siendo alimentada por los paneles y por las baterías.



Ilustración 41. Registro de consumo excesivo - 1.23kW.

Al mantenerse en este estado, las baterías perdieron su carga e inmediatamente el inversor emite una señal de alerta, se puede ver en la Ilustración 42 que el nivel de carga de la batería está en el punto más bajo.



Ilustración 42. Señal de alerta de batería baja.

Al encontrarse en esta situación automáticamente el inversor registra la falta de energía generada en los paneles y la falta de energía almacenada y realiza una conexión directa de la carga hacia la red eléctrica. La Ilustración 43 muestra el “by pass” directo entre la carga y la red, además el estado de las baterías.



Ilustración 43. Sincronización de la red eléctrica al sistema.

Ahora es la red eléctrica la que está abasteciendo el consumo completo de la vivienda, sin embargo, los paneles no han dejado de generar, esta generación no es desaprovechada, se puede observar en la Ilustración 44 que el inversor envía toda la energía que se está generando en los paneles hacia el banco de baterías con el objetivo de recargarlas al máximo mientras la red eléctrica está en funcionamiento.



Ilustración 44. Paneles recargando a las baterías.

Esto se mantendrá mientras la carga excesiva no disminuya, una vez que el inversor detecte la disminución de la demanda y pueda abastecerla con el arreglo fotovoltaico, el “by pass” se desconecta y el sistema regresa a su estado natural.

5.4. Análisis Económico

Para tener la certeza de que los recursos utilizados entregarán los objetivos de ahorro planteados, hay que medir el verdadero impacto económico que tendrá el proyecto, con valores reales.

Se registró el consumo eléctrico y el pago de las planillas mensuales de la vivienda sin implementar el sistema de generación fotovoltaico, de la misma manera se llevó un registro de los pagos de planillas mensuales una vez implementado el proyecto en la vivienda.

En la Tabla 16 se registra el valor mensual en dólares del consumo de energía eléctrica durante 5 meses, el total consumido es de 806.81 dólares mientras que el promedio de

consumo mensual es de 161.36 dólares, sin implementar el sistema, lo que se puede verificar en las planillas del Anexo 2.

Una vez implementado el sistema, se aprecia que para cada mes el valor de la planilla eléctrica disminuye, ya que la vivienda está ahora siendo sustentada por el sistema de generación, con un valor total de 367.2 dólares durante 5 meses y un promedio de pago mensual de energía eléctrica de 73.44 dólares, lo que se puede verificar en las planillas del Anexo 2.

Sin duda el sistema permite conseguir un ahorro económico considerable, teniendo así un valor promedio mensual de ahorro de 87.92 dólares.

Tabla 16. Costo mensual de energía eléctrica en la vivienda.

MEDIDOR #1000441117	SIN IMPLEMENTAR EL SISTEMA FOTOVOLTAICO (2020)					CONSUMO TOTAL	PROMEDIO DE CONSUMO MENSUAL
	MES DE CONSUMO	JUL	AGO	SEP	NOV			DIC
VALOR PAGADO (DOLARES)	587.18			109.31	110.32	806.81	161.36
MEDIDOR #1000441117	CON EL SISTEMA FOTOVOLTAICO IMPLEMENTADO (2021)					CONSUMO TOTAL	PROMEDIO DE CONSUMO MENSUAL
	MES DE CONSUMO	FEB	MAR	ABR	MAY			JUL
VALOR PAGADO (DOLARES)	85.1	57.33	72.96	74.83	76.98	367.2	73.44
AHORRO PROMEDIO MENSUAL							87.922

La Tabla 17 muestra una lista de valores calculados que hacen referencia al ahorro mostrado en la Tabla 16, proyectado a un año y a veinte años, ya que este es el tiempo de vida útil que tendrá el sistema fotovoltaico según los datos técnicos de los paneles.

Tabla 17. Valores de referencia económica

VIDA UTIL DEL SISTEMA	20 AÑOS
AHORRO PROMEDIO MENSUAL	87.92 DOLARES

AHORRO PROMEDIO ANUAL	1055.064	DOLARES
AHORRO EN 20 AÑOS	21101.28	DOLARES

5.4.1. Retorno de la inversión

Para el análisis del retorno de la inversión se aplica la fórmula siguiente:

$$\text{Periodo de retorno simple} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{ahorro anual}} \quad (12)$$

La Tabla 18 contiene la inversión inicial en dólares, detalla el valor de cada elemento colocado en el sistema, incluye el costo de las estructuras metálicas fabricadas para colocar los paneles solares en el techo de la vivienda y anclarlos, los materiales para la instalación hacen referencia al costo acumulado de conductores de cobre, manguera, conectores y todos los accesorios para anclar las tuberías colocadas en todo el sistema.

Tabla 18. Inversión Inicial.

INVERSION INICIAL	CANTIDAD	VALOR	TOTAL
PANEL SOLAR ENERGYGREEN	3.00	504.00	1,512.00
INVERSOR SOLAR MPPSOLAR	1.00	1,047.51	1,047.51
BATERIAS	4.00	495.00	1,980.00
ESTRUCTURA METALICA	1.00	250.00	250.00
TRANSPORTE E INSTALACION	1.00	500.00	500.00
MATERIALES PARA LA INSTALACION	1.00	600.00	600.00
TOTAL (Dólares)			5,889.51

Tomando en cuenta los valores de las tablas 17 y 18 en la fórmula 12, el periodo de retorno simple es:

$$\text{Periodo de retorno simple} = \frac{5889.51 \text{ USD}}{1055.06 \text{ USD/año}}$$

$$\text{Periodo de retorno simple} = 5.6 \text{ años}$$

5.4.2. Análisis TIR y VAN

Este análisis permitirá visualizar la rentabilidad del proyecto, así como la viabilidad financiera del mismo, el VAN es el valor actual neto mientras que el TIR es la tasa interna de retorno, ambos formulados para entregar el tiempo en el que un negocio tardará en recuperar una inversión inicial.

VAN es el valor presente de todos los flujos futuros actualizados, comparado con la inversión inicial, entregado en dólares.

El TIR es un porcentaje que nos muestra el valor en el que el VAN es cero, es decir, un limitante para la tasa de descuento del proyecto.

El costo de implementación del sistema fotovoltaico es de 5889.51 dólares y el ahorro anual es de 1055.06 dólares en la planilla eléctrica, en la Tabla 19 se muestra el flujo de caja para el proyecto durante los 20 años de vida útil del mismo, desde el 2021 hasta el año 2040 tomando en cuenta que en el 2020 el sistema no estaba implementado, obteniendo el costo de lo invertido en el año 2026 a los seis años de uso de los equipos.

Tabla 19. Valores de ahorro anual.

AÑO	INVERSION INICIAL	FLUJO
2020 (SISTEMA NO IMPLEMENTADO)	5,889.51	- 5,889.51
2021		1055.064
2022		1055.064
2023		1055.064
2024		RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN	1055.064
2025	1055.064	
2026 (AÑO DE RECUPERACIÓN)	6,330.38	1055.064
2027		1055.064
2028		1055.064
2029		1055.064
2030		1055.064
2031		1055.064
2032		1055.064
2033		1055.064
2034		1055.064
2035		1055.064
2036		1055.064
2037		1055.064
2038		1055.064
2039		1055.064
2040		1055.064

Para el cálculo del TIR y el VAN se considera un Cok (costo de oportunidad de capital) de 12% debido a que para realizar el proyecto se podría solicitar un microcrédito a una institución bancaria.

Los resultados obtenidos para el TIR y el VAN se muestran en la Tabla 20, como el VAN es un valor positivo y la TIR mayor al Cok, el proyecto es rentable.

Tabla 20. Resultados de VAN - TIR.

VAN	\$1,991.23
TIR	17%
COK	12%

Capítulo 6

6. Conclusiones

6.1. Construcción del proyecto.

Las principales complicaciones que influyen directamente sobre los resultados se presentaron al momento de la construcción, encontrar el lugar adecuado conforme a la disponibilidad física del techo del domicilio provocó una pérdida de tiempo, ya que la posición que se suponía fuese la adecuada por estar en la zona más alta del techo, resultó tener demasiadas sombras durante el día, sobre todo en las últimas horas, por lo cual se procedió a colocar los paneles en una zona más baja, pero central, en la que las sombras de los techos vecinos no afectaban a la incidencia de la luz solar sobre el panel.

Uno de los errores de menor estudio en la rama, es el uso baterías de diferente marca en los bancos de baterías, al ser un proyecto construido con elementos de los que ya se disponía, se usaron baterías de dos marcas diferentes, esperando así aumentar la capacidad de almacenamiento, pero fue todo lo contrario, los resultados no eran los esperados y al llegar la noche el almacenaje estaba totalmente en cero, por lo cual, se procedió a solucionar el problema comprando todas las baterías de la misma marca, al realizar esto, los valores fueron los esperados.

El calibre de conductor usado depende del amperaje que pasara por ese conductor, el amperaje pico por panel según la Tabla 6 es de 9.07 amperios, por lo que el valor máximo será de 27.12 amperios, este amperaje lo puede resistir un conductor calibre 10AWG, sin embargo al momento de construir el sistema, por seguridad se aplicó un calibre mayor, el calibre usado fue de 8AWG, lo cual representó un gasto innecesario ya que al registrar los

resultados, el mayor valor de amperaje registrado en todas las pruebas según la Tabla 13 fue de 24 amperios a las 09h00.

Al cabo de unos días de haber sido conectados, los paneles dejaron de emitir generación, por lo que se hizo una revisión a fondo de todos los equipos, sin embargo no existía ninguna falla en los dispositivos, lo cual dejaba solamente la posibilidad de ser una falla del cableado, efectivamente, al revisar los cableados, se encontró que los conectores de los paneles realizados en el techo estaban totalmente sulfatados e incluso llegaron a desgastarse tanto por las condiciones físicas exteriores que se habían desconectado de sus posiciones, por lo que se procedió a colocarlos en cajas herméticas y empotrarlos en las bases metálicas construidas para los paneles.

6.2. Conclusiones basadas en resultados.

Los valores de consumo registrados generan una curva característica de una vivienda convencional, siendo las primeras horas del día las de menor consumo debido a la poca necesidad de iluminación no natural.

Alrededor de las 10h00 empiezan a generarse los primeros picos de consumo, muchas de las veces son valores momentáneos, valores que corresponden generalmente a electrodomésticos que son usados por pocos segundos y son causantes de estos picos.

El medio día es el primer foco de consumo constante en una vivienda, se puede ver que los valores crecen, debido a que este es el horario en el que la mayoría de familias están dentro de su vivienda y usan equipos eléctricos como televisiones e incluso iluminación.

Por último, el horario a partir de las 17h00 en el que todos los equipos del hogar están encendidos crea una curva de incremento de consumo que no entrega señales de disminuir hasta la hora en la que todo se apaga para terminar el día.

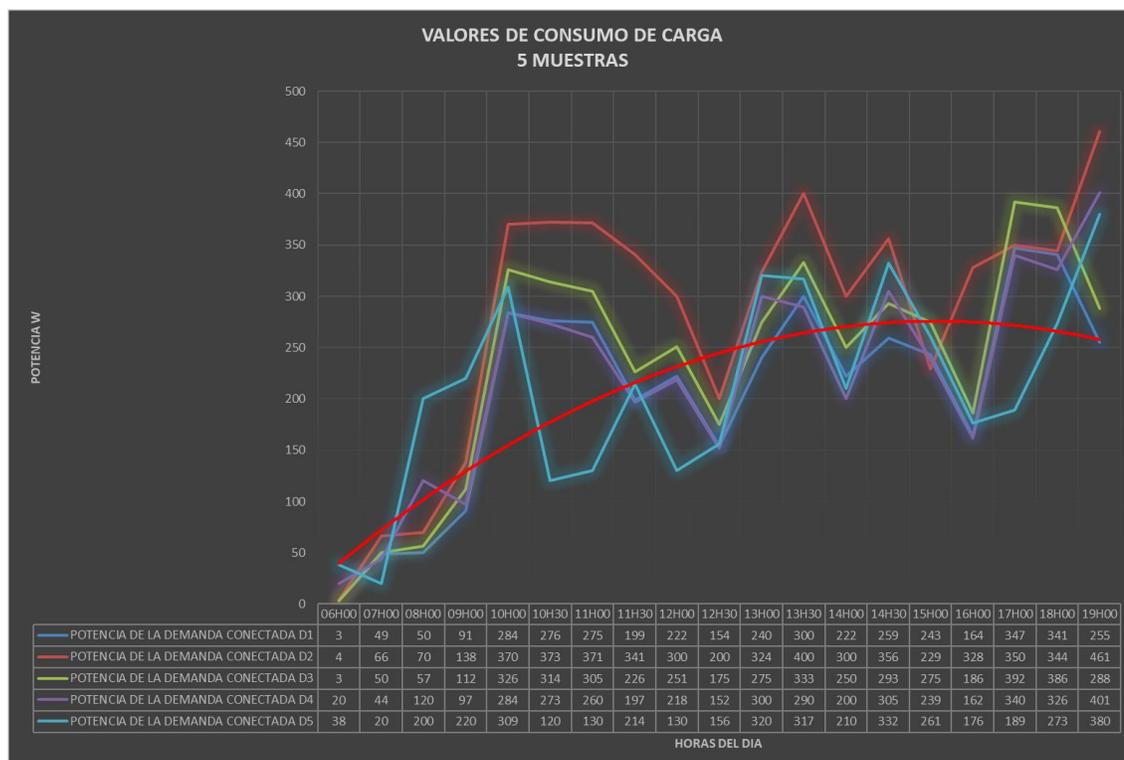


Ilustración 45. Valores de consumo de todas las muestras.

En la Ilustración 45 se aprecian todas las gráficas de resultados de generación, la línea de tendencia nos indica que el mejor horario de generación es el esperado, desde las primeras horas de la mañana, alcanzando un punto máximo de curvatura entre las 11h00 y las 12h00, que son las horas en las que los paneles están orientados de manera perpendicular a los rayos de incidencia solar, a partir de las 14h00 indica un descenso, ya que a partir de este horario la incidencia solar sobre los paneles es mínima.

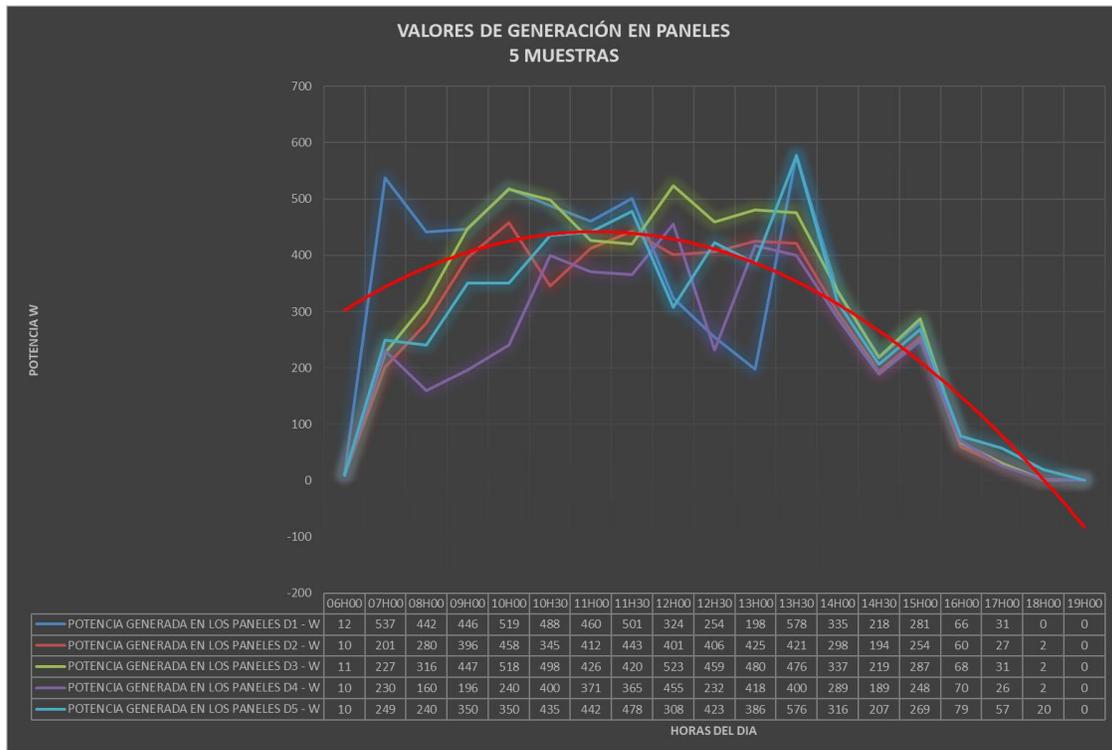


Ilustración 46. Valores de generación de todas las muestras.

La Tabla 21 presenta un valor de generación acumulado máximo de 2451W perteneciente a las 13h30, misma hora en la que se registra el máximo valor de potencia de todas las muestras, el registro D1 tiene 578W de potencia generada a las 13h30, si se compara este valor con la máxima potencia que generará el panel de 355W, presentado en la Tabla 6, resulta que se tienen puntos de generación en los que se ha aprovechado el máximo valor de generación de uno de los paneles y mas de la mitad del segundo, lo cual representa más del 50% del valor total que podrían generar los 3 paneles.

Tabla 21. Registro de mayor potencia de generación.

PUNTO DE MAYOR GENERACION AL DIA.	06H00	07H00	08H00	09H00	10H00	10H30	11H00	11H30	12H00	12H30	13H00	13H30	14H00	14H30	15H00	16H00	17H00	18H00	19H00
POTENCIA GENERADA EN LOS PANELES D1 - W	12	537	442	446	519	488	460	501	324	254	198	578	335	218	281	66	31	0	0
POTENCIA GENERADA EN LOS PANELES D2 - W	10	201	280	396	458	345	412	443	401	406	425	421	298	194	254	60	27	2	0
POTENCIA GENERADA EN LOS PANELES D3 - W	11	227	316	447	518	498	426	420	523	459	480	476	337	219	287	68	31	2	0
POTENCIA GENERADA EN LOS PANELES D4 - W	10	230	160	196	240	400	371	365	455	232	418	400	289	189	248	70	26	2	0
POTENCIA GENERADA EN LOS PANELES D5 - W	10	249	240	350	350	435	442	478	308	423	386	576	316	207	269	79	57	20	0
VALORES ACUMULADOS DE GENERACION POR HORA	53	1444	1438	1835	2085	2166	2111	2207	2011	1774	1907	2451	1575	1027	1339	343	172	26	0
MAXIMO VALOR ACUMULADO POR HORA	2451																		
VALORES DE GENERACION MAXIMOS POR HORA	12	537	442	447	519	498	460	501	523	459	480	578	337	219	287	79	57	20	0
MAXIMO VALOR DE GENERACION REGISTRADO	578																		

En los resultados se obtuvieron 4 de 5 registros positivos, en el Registro 2 los resultados fueron negativos, al analizar la curva del Registro 2 en la Ilustración 29, los valores de generación descendieron en picos a las 10h30, a las 14h30 y por ultimo a las 16h00, estos son instantes en los que se presentaron sombras y momentos en los que el día estuvo nublado, esto no lleva a concluir que definitivamente la constancia en la curva de generación depende directamente de las circunstancias meteorológicas en la ciudad, además también la curva nos muestra un pico de consumo no previsto a las 14h30 que incrementa los valores de consumo con respecto a los de generación.

En este caso presentado en el Registro 2, se aprecia que es el banco de baterías el que compensa la falta de generación, este caso no es aislado, puede presentarse en cualquier momento del día por motivos ajenos al sistema, es por eso que la opción de tener el inversor conectado a la red eléctrica es una salida totalmente razonable, ya que se presentarán emergencias en las que ni siquiera el banco de baterías dimensionado podrá abastecer la demanda y es aquí en donde el inversor decidirá consumir energía de la red eléctrica para abastecer el consumo.

En el proceso de prueba del sistema se presentó un caso en el que por error se conectó una carga de 1.2kw, la cual no estaba dentro del rango diseñado, esto produjo una reacción en el inversor el cual solucionó la falta de abastecimiento conectando la red eléctrica a la carga, este proceso es característico de este sistema de generación de autoconsumo con baterías sin verter energía a la red.

Con respecto al análisis del periodo de retorno de la inversión, la rentabilidad del proyecto es indudable, pero cabe recalcar que el valor de ahorro promedio mensual de 87.92 dólares de la Tabla 16 es un valor alto, esto se debe a que los tres primeros registros de consumo de energía sin implementación del sistema (julio, agosto y septiembre de 2020) fueron más altos de lo normal debido a que en ese periodo de tiempo el país atravesó las condiciones de cuarentena debido a la Pandemia por Corona virus (covid19), por lo que los consumos en la vivienda incrementaron debido a que los usuarios estuvieron en casa muchas más horas de lo convencional, provocando así una diferencia de consumo notable en esas tres planillas con respecto a octubre y noviembre.

Referencias

- Abella, M. A. (s.f.). *Sistemas Fotovoltaicos*. Madrid, España.
- Alvarez, C. J. (2015). Simulación y evaluación de sistemas fotovoltaicos residenciales conectados a la red eléctrica. Ecuador.
- Autor. (2020). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MICRO FOTOVOLTAICO SINCRONIZADO CON LA RED PARA UNA VIVIENDA TÍPICA DE LA CIUDAD DE CUENCA*. Cuenca.
- Burnes, C. A. (abril de 2010). Energía del Sol. *revista ciencia. Electricidad y Matematicas* (2018). [Película].
- ENDEF, S. S. (30 de marzo de 2021). *Endef*. Obtenido de <https://endef.com>
- EnDev/GIZ, P. (2013). *Manual de instalación de un sistema fotovoltaico domiciliario*. Lima.
- Ferichola, J. F. (2015). *CARACTERIZACIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS CON DISPOSITIVO PORTÁTIL*. MADRID.
- GreenRenovables. (s.f.). *GreenRenovables*. Obtenido de <https://www.greenrenovables.com>
- J. Rocabert Delgado, S. B. (s.f.). Sistema Autónomo de Generación de Energía Renovable .
- Jefferson Cata, F. R. (2015). *Análisis matemático de un panel solar fotovoltaico de silicio*. Guayaquil.
- Junkers. (2015). *Junkers.es*. Obtenido de https://www.junkers.es/usuario_final/medio_ambiente/fuentes_energeticas/energias_renovables/energia_solar/energia_solar
- Lopez, I. H. (OCTUBRE de 2014). DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO INTEGRADO A LA RED PARA EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE SALAMANCA. *DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO INTEGRADO A LA RED PARA EL ÁREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE SALAMANCA*. CHIHUAHUA, MEXICO.
- Martinez, M. (mayo 2016). *Radiación Solar - Conceptos y Aplicaciones*. Chile: INIA URURI.
- Miquel Casa, M. B. (2017). Instalaciones Solares Fotovoltaicas. En M. B. Miquel Casa, *Instalaciones Solares Fotovoltaicas* (págs. 74-89). Mexico: Alfaomega.
- Muñoz, J. P. (2017). Incentivo a la generacion Distribuida en el Ecuador. *INGENIUS*, 65.
- NOUSOL, E.-C. (s.f.). BARCELONA, ESPAÑA.
- Novoa, A. (2015). Planificacion y modelacion de sistemas de generacion fotovoltaica como alternativa para la iluminacion en edificaciones educativas. Quito, Ecuador.
- Perpiñan, O. (enero de 2018). *Energia solar Fotovoltaica*.
- Romero, J. (enero de 2015). Analisis del funcionamiento de paneles fotovoltaicos y su utilizacion en las regiones costa y sierra del Ecuador. *Analisis del funcionamiento de paneles fotovoltaicos y su utilizacion en las regiones costa y sierra del Ecuador*. Barcelona, España.
- Salvatierra, B. (juio de 2016). *Analisis de la energia electrica en sistemas fotovoltaicos conectados a la red*. Ecuador.
- Santos, D. B. (s.f.). *Introduccion a la energia fotovoltaica*.
- Subsecretaria-de-energía-Eléctrica. (2008). *Energias renovables*. Argentina.
- Tomás Díaz Corcobado, G. C. (2018). *Instalaciones solares fotovoltaicas*.

ANEXOS

ANEXO 1

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS DISPOSITIVOS.

- **Panel led Eco Green 355w.**



ECO GREEN ENERGY
Building a Greener World

SOLAR MODULE
EGE-335/365M-72 PERC
MONOCRYSTALLINE MODULE
335-365 W / 72 Cells / 5 Bus bars cells





Eco Green Energy's modules are only made of grade A solar cells with a very high efficiency and ensured more than 25 years lifespan.

KEY FEATURES

-  5 bus bars cells, with efficiency up to 19 %
-  IP65 or IP67 junction box for long term weather endurance
-  High quality aluminum frame, resisting load up to 5400 Pa and wind pressure up to 2400 Pa
-  High transmissivity, low-iron tempered glass
-  High performance in low-light environment
-  Double EL test before and after lamination

CERTIFICATES

IEC 61215 / IEC 61730 / CE
ISO 9001:2015

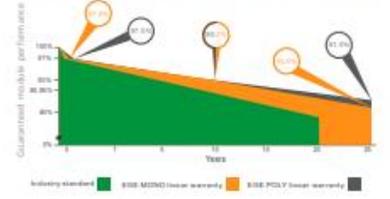
25 YEARS OUTPUT POWER WARRANTY

10 YEARS PRODUCT WARRANTY



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10-Year Product Warranty · 25-Year Linear Power Warranty



Eco Green Energy Group Ltd. 2018. All rights reserved.

ELECTRICAL DATA AT STC*

Power output (Pmax)	335 W	340 W	345 W	350 W	355 W	360 W	365 W
Power tolerance	0-+5 %	0-+5 %	0-+5 %	0-+5 %	0-+5 %	0-+5 %	0-+5 %
Module efficiency	17.27 %	17.52 %	17.27 %	18.04 %	18.30 %	18.55 %	18.81 %
Maximum power voltage (Vmp)	37.93 V	38.15 V	38.41 V	38.71 V	39.12 V	39.15 V	39.46 V
Maximum power current (Imp)	8.83 A	8.91 A	8.98 A	9.04 A	9.07 A	9.15 A	9.25 A
Open circuit voltage (Voc)	46.25 V	46.41 V	46.64 V	46.88 V	47.02 V	47.22 V	47.30 V
Short circuit current (Isc)	9.20 A	9.25 A	9.32 A	9.38 A	9.45 A	9.51 A	9.62 A

*Standard Test Conditions: Irradiance: 1 000 W / m² • Cell temperature: 25°C • AM: 1.5

ELECTRICAL DATA AT NOCT*

Power output (Pmax)	249.79 W	253.51 W	257.24 W	260.97 W	264.70 W	268.43 W	272.15 W
Maximum power voltage (Vmp)	35.56 V	36.77 V	36.01 V	36.29 V	36.68 V	36.89 V	36.99 V
Maximum power current (Imp)	7.01 A	7.08 A	7.13 A	7.18 A	7.21 A	7.27 A	7.35 A
Open circuit voltage (Voc)	42.89 V	43.04 V	43.25 V	43.48 V	43.61 V	43.79 V	43.87 V
Short circuit current (Isc)	7.48 A	7.52 A	7.58 A	7.63 A	7.68 A	7.73 A	7.82 A

*Nominal Operating Cell Temperature: Irradiance: 800 W / m² • Ambient temperature: 20°C • AM: 1.5 • Wind speed: 1 m/s

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

NOCT	45 °C ±2 °C
Temperature coefficient of Pmax	-0.41%/°C
Temperature coefficient of Voc	-0.31%/°C
Temperature coefficient of Isc	+0.06%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operating temperature range	-45 °C -+85 °C
Maximum system voltage	1500 V
Max series fuse rating	15 A
Max front load (e.g.: snow)	5 400 Pa
Max back load (e.g.: wind)	2 400 Pa

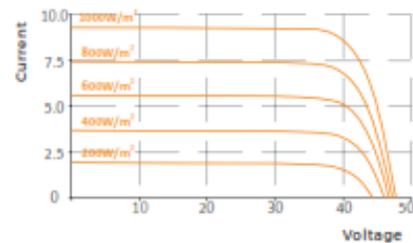
MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Monocrystalline (156x156 mm)
Number of cells	72
Dimensions	1956x992x40 mm
Weight	22.8 kg
Glass	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction box	IP65 or IP67
Cable	0.9 m
Connector	MC4 or MC4 compatible

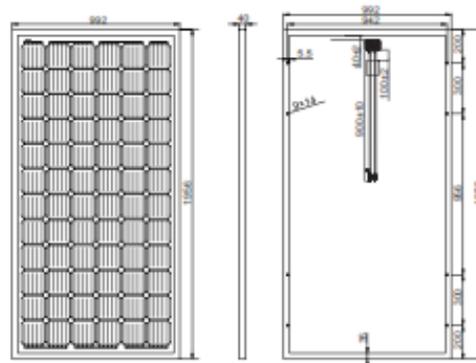
PACKAGING

Type	Pcs	Weight
Pallet	26 pcs	620 kg
20ft GP Container	300 pcs	7.6 t
40ft GP Container	640 pcs	15.4 t
40ft HQ Container	660 pcs	15.9 t

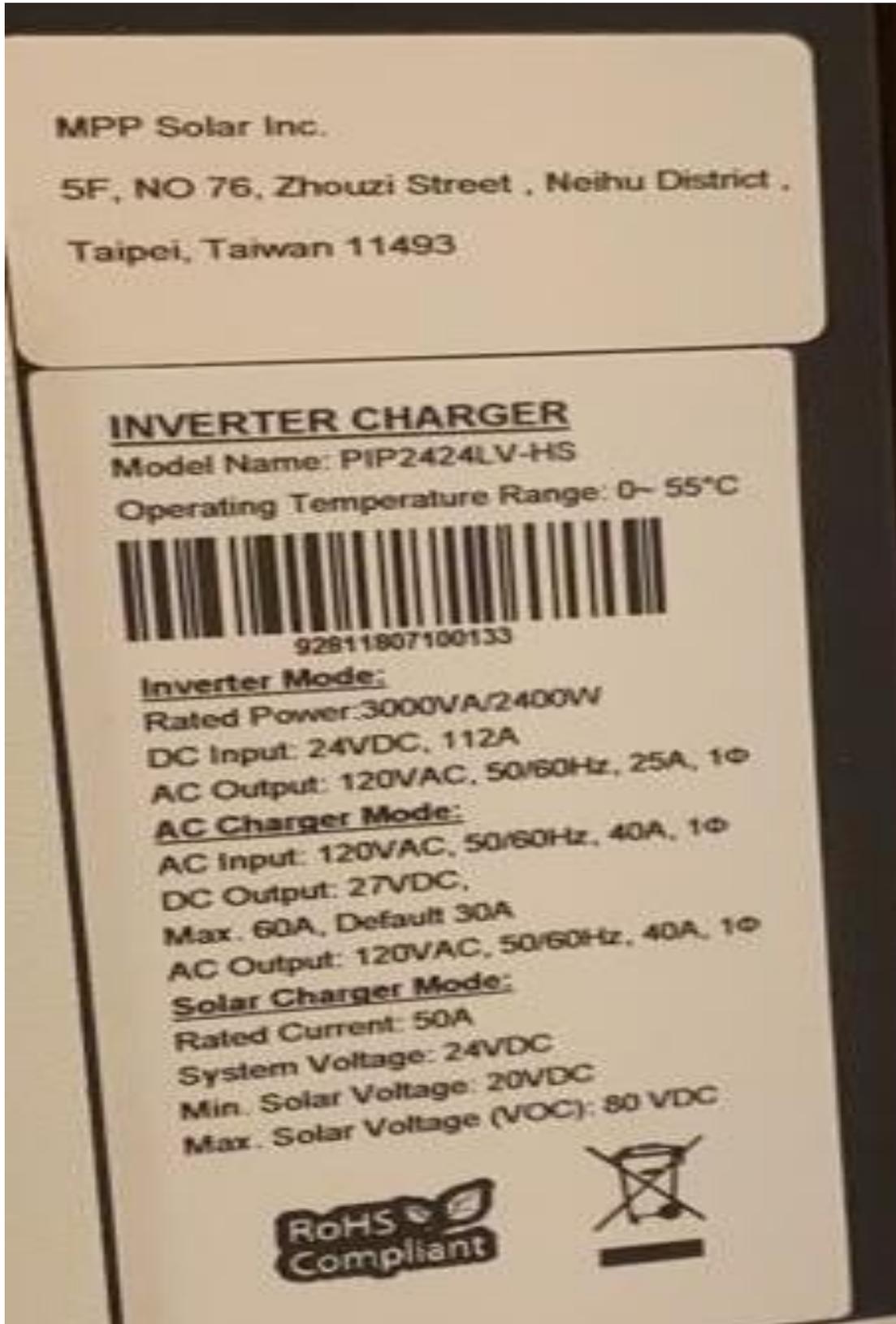
I-V CURVES



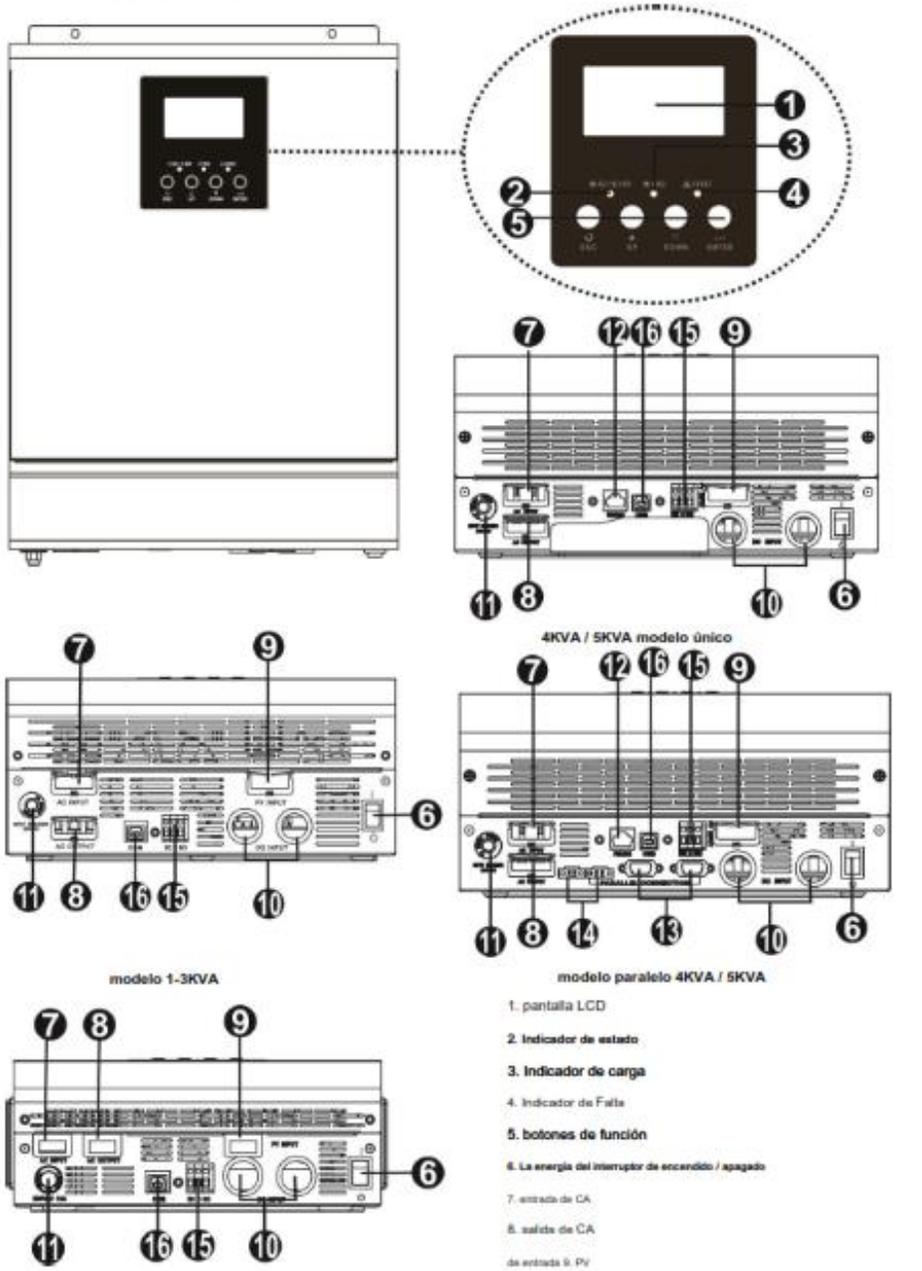
ENGINEERING DRAWINGS (mm)



- Inversor PIP2424LV-HS 2400w.



Descripción del producto



- 1. pantalla LCD
- 2. Indicador de estado
- 3. Indicador de carga
- 4. Indicador de Falta
- 5. botones de función
- 6. La energía del interruptor de encendido / apagado
- 7. entrada de CA
- 8. salida de CA
- de entrada 5. Py
- 10. Batería de entrada
- 11. disyuntor de circuito
- 12. puerto de comunicación RS232
- 13. cable de comunicación paralelo (sólo para el modelo paralelo)
- 14. que comparten el cable de corriente (sólo para el modelo paralelo)
- 15. Contacto seco
- digitalis. puerto de comunicación USB

1K-12V modelo 230V NOTA: Para la instalación del modelo de funcionamiento paralelo y, por favor, consulte la guía de instalación paralela separada para los detalles.

- Baterías LTH L-4DM-390M 200ah.



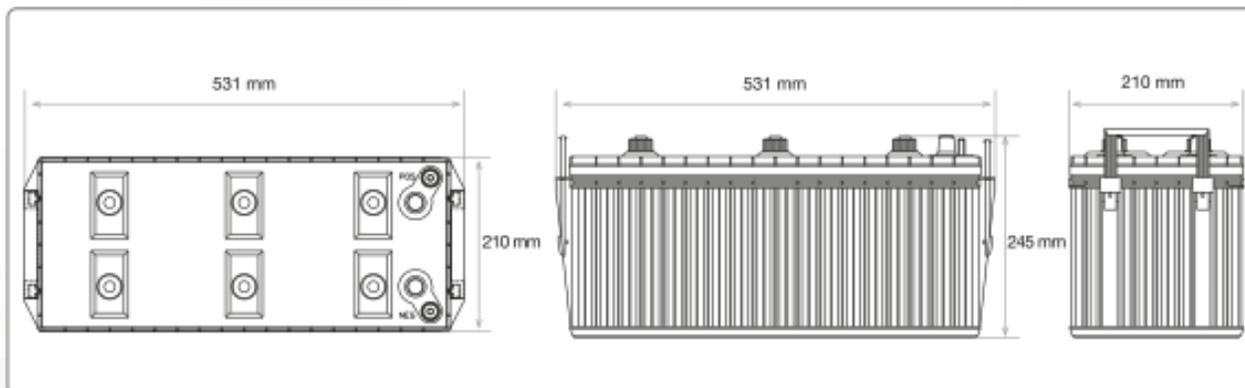


Distribuido por **BATTERY MART**



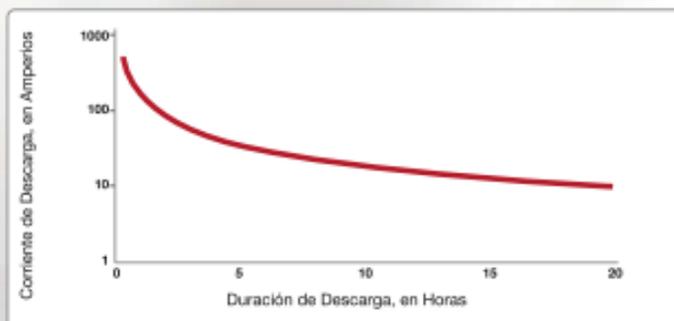
Especificaciones Técnicas L-4DM-390M

MEDIDAS



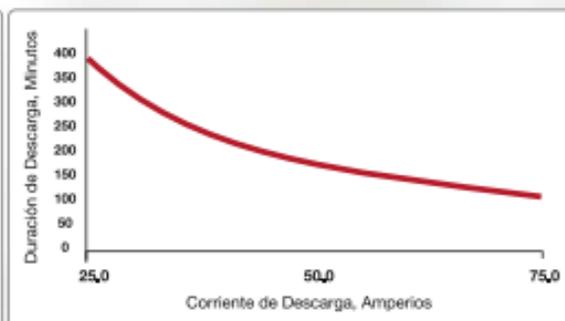
DESCARGA (AMPERIOS) SEGÚN PERIODO DE HRS.

*Para fines de estimación solamente



CAPACIDAD DE RESERVA SEGÚN DESCARGA

*Para fines de estimación solamente



Recomendaciones sobre uso y mantenimiento

- Recargue la batería al término de la jornada, No la guarde descargada.
- Antes de recargar la batería, asegúrese que el nivel del electrolito es el correcto. Si necesita agregar agua, procure que ésta sea totalmente libre de minerales. Aún así es preferible agregarle agua potable a no agregarle.
- Mantenga la batería limpia y libre de humedad.
- Limpie las terminales de la batería, cables y accesorios.



Recicla tu
acumulador usado

Mty (81) 1968-5071 Todo el País 01 800 110 110 1
ventascorporativas@batterymart.com.mx

batterymart.com.mx
/batterymartmx

ANEXO 2

PLANILLAS ELÉCTRICAS DE LA VIVIENDA.

- Planilla de luz **NOVIEMBRE** de 2020



Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.
Matriz: AV MAX UHLE S/N y AV. PUMAPUNGO

Ruc: 0190003809001
Contribuyente especial, resolución No. 3257
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD



K200000282083

Nro. factura 001-003-020568396
Nro. doc. interno 1930306022
Fecha de emisión 27-10-2020
Fecha de Vencimiento 11-11-2020
Número de autorización 2710202001019000380900120010030205683960007708319

VALOR TOTAL: 109,31

Información del Consumidor

CUENTA CONTRATO 200000282083

Nombre cliente CAMPOVERDE CHACÓN MARCOS RAMIRO
Cédula 0103382578
Celular 0999028543
Correo Electrónico FLASH_RAMIRO.JAS@HOTMAIL.COM
Dirección del servicio JERÓNIMO CARRIÓN GONZALO ZALDUMBIDE 1 / SAN BLAS - CUENCA

Código Único Eléctrico 0500075044

Tipo de tarifa Arconel BTCRS03 - BT Residencial para el Programa PEC
Geocódigo 0519M147000359 Unidad de Lectura 0519M147

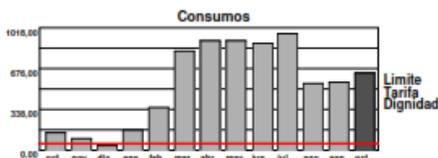
1. Información Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Número de medidor 1000441117
Tipo de consumo teido
Fecha desde 25-09-2020
Días facturados 32
Fecha hasta 26-10-2020

Descripción	Fecha Hasta	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia Consumo	Consumo Subtotal	Consumo interno Transformador	Consumo Total	Unidad Medida	Monto (\$)
Energía activa total	26-10-2020	7260.00	6621.00	0.00	639.00	0.00	639.00	kWh	64.30

2. Valores Pendientes

VALORES PENDIENTES (2) 0,00



Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Valor Consumo	64.30
Comercialización	1.41
Subsidio Cruzado Solidario	6.57
Subtotal Servicio Eléctrico (SE)	72.28
Servicio Alumbrado Público General	8.76
Subtotal Alumbrado Público (APG)	8.76
Base I.V.A. 0%	81.04
I.V.A. 0%	0.00
TOTAL SE Y APG (1)	81.04

3. Planes de Financiamiento Autorizados por el Consumidor

PLANES DE FINANCIAMIENTO (3) 0,00



Subsidios del Gobierno

Subsidio Tarifa Eléctrica	46.86
TOTAL	46.86

Formas de Pago

FORMA DE PAGO	VALOR	PLAZO	TIEMPO
SIN UTILIZACIÓN DEL SISTEMA FINANCIERO	81.04	15	días

TOTAL (A)	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1)	81.04
Valores Pendientes (2)	0.00
Planes de Financiamiento (3)	0.00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (1+2+3)	81.04

• Planilla de luz DICIEMBRE de 2020



Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.
Matriz: AV MAX UHLE S/N y AV. PUMAPUNGO

Ruc: 0190003809001
Contribuyente especial, resolución No. 3257
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD



Nro. factura 001-003-020992404
Nro. doc. interno 1920313144
Fecha de emisión 26-11-2020
Fecha de vencimiento 11-12-2020
Número de autorización 2611202001019000380900120010030209924040007708310

VALOR TOTAL: 110,32

Información del Consumidor

CUENTA CONTRATO 200000282083

Nombre cliente CAMPOVERDE CHACON MARCOS RAMIRO
Cédula 0103382378
Celular 0999028543
Correo Electrónico FLASH_RAMIROJAS@HOTMAIL.COM
Dirección del servicio JERÓNIMO CARRIÓN GÓNZALO ZALDUMBIDE 1 / SAN BLAS - CUENCA

Código Único Eléctrico 0500075044

Tipo de tarifa Arconel BTCRSD03 - BT Residencial para el Programa PEC
Geocódigo 0519M147000359 Unidad de Lectura 0519M147

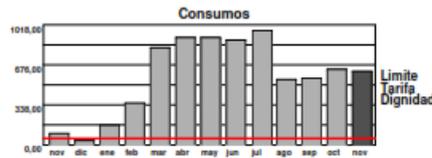
1. Información Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Número de medidor 1000441117
Tipo de consumo leído
Fecha desde 27-10-2020
Días facturados 30
Fecha hasta 25-11-2020

Descripción	Fecha Hasta	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia Consumo	Consumo Subtotal	Consumo interno Transformador	Consumo Total	Unidad Medida	Monto (\$)
Energía activa total	25-11-2020	7886,00	7260,00	0,00	626,00	0,00	626,00	kWh	65,89

2. Valores Pendientes

VALORES PENDIENTES (2) 0,00



Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Valor Consumo	65,89
Comercialización	1,41
Subsidio Cruzado Solidario	6,73
Subtotal Servicio Eléctrico (SE)	74,03
Servicio Alumbrado Público General	8,55
Subtotal Alumbrado Público (APG)	8,55
Base I.V.A. 0%	82,58
I.V.A. 0%	0,00
TOTAL SE Y APG (1)	82,58

3. Planes de Financiamiento Autorizados por el Consumidor

PLANES DE FINANCIAMIENTO (3) 0,00



Subsidios del Gobierno

Subsidio Tarifa Eléctrica	43,01-
TOTAL	43,01-

Formas de Pago

FORMA DE PAGO	VALOR	PLAZO	TIEMPO
SIN UTILIZACIÓN DEL SISTEMA FINANCIERO	82,58	15	días

TOTAL (A)	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1)	82,58
Valores Pendientes (2)	0,00
Planes de Financiamiento (3)	0,00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (1+2+3)	82,58

• Planilla de luz MARZO de 2021



Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.
Matriz: AV MAX UHLE S/N y AV. PUMAPUNGO
Ruc: 0190003809001
Contribuyente especial, resolución No. 3257
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

Nro. factura 001-003-022272190
Nro. doc. interno 2121641474
Fecha de emisión 24-02-2021
Fecha de Vencimiento 11-03-2021
Número de autorización 2402202101019000380900120010030222721900007708317



VALOR TOTAL: 57,33

Información del Consumidor

CUENTA CONTRATO 200000282083

Nombre cliente CAMPOVERDE CHACÓN MARCOS RAMIRO
Cédula 0103382578
Celular 0999028543
Correo Electrónico FLASH_RAMIROJAS@HOTMAIL.COM
Dirección del servicio JERONIMO CARRION GONZALO ZALDUMBIDE 1 / SAN BLAS - CUENCA

Código Único Eléctrico 0500075044

Tipo de tarifa Arconel BTCRSD03 - BT Residencial para el Programa PEC
Geocódigo 0519M147000359 Unidad de Lectura 0519M147

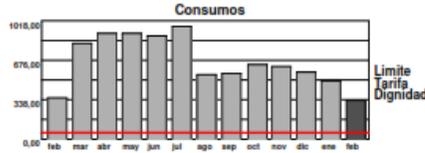
1. Información Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Número de medidor 1000441117
Tipo de consumo leído
Fecha desde 27-01-2021
Días facturados 29
Fecha hasta 24-02-2021

Descripción	Fecha Hasta	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia Consumo	Consumo Subtotal	Consumo interno Transformador	Consumo Total	Unidad Medida	Monto (\$)
Energía activa total	24-02-2021	9295,00	8960,00	0,00	335,00	0,00	335,00	KWh	32,41

2. Valores Pendientes

VALORES PENDIENTES (2) 0,00



Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Valor Consumo	32,41
Comercialización	1,41
Subsidio Cruzado Solidario	3,38
Subtotal Servicio Eléctrico (SE)	37,20
Servicio Alumbrado Público General	4,27
Subtotal Alumbrado Público (APG)	4,27
Intereses por Mora	0,01
Subtotal Otros Rubros	0,01
Base I.V.A. 0%	41,47
I.V.A. 0%	0,00
Base Exento de IVA	0,01
Exento de IVA	0,00
TOTAL SE Y APG (1)	41,48

3. Planes de Financiamiento Autorizados por el Consumidor

PLANES DE FINANCIAMIENTO (3) 0,00



Subsidios del Gobierno

Subsidio Tarifa Eléctrica	25,88
TOTAL	25,88

Formas de Pago

FORMA DE PAGO	VALOR	PLAZO	TIEMPO
SIN UTILIZACIÓN DEL SISTEMA FINANCIERO	41,48	15	días

TOTAL (A)	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1)	41,48
Valores Pendientes (2)	0,00
Planes de Financiamiento (3)	0,00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (1+2+3)	41,48

Mensajes

• Planilla de luz MAYO de 2021



Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.
Matriz: AV MAX UHLE S/N y AV. PUMAPUNGO
Ruc: 0190003809001
Contribuyente especial, resolución No. 3257
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD



Nro. factura 001-003-023138508
Nro. doc. interno 2131587163
Fecha de emisión 26-04-2021
Fecha de vencimiento 11-05-2021
Número de autorización 2604202101019000380900120010030231385080007708315

VALOR TOTAL: 74,83

Información del Consumidor

CUENTA CONTRATO 200000282083

Nombre cliente CAMPOVERDE CHACÓN MARCOS RAMIRO
Cédula 0103382578
Celular 0999028543
Correo Electrónico FLASH_RAMIROJAS@HOTMAIL.COM
Dirección del servicio JERÓNIMO CARRIÓN GONZALO ZALDUMBIDE 1 / SAN BLAS - CUENCA

Código Único Eléctrico 0500075044
Tipo de tarifa Arconel BTCRSD03 - BT Residencial para el Programa PEC
Geocódigo 0519M14700359 Unidad de Lectura 0519M147

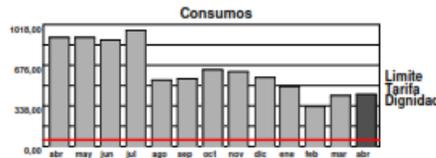
1. Información Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Número de medidor 1000441117
Tipo de consumo leído
Fecha desde 26-03-2021
Días facturados 30
Fecha hasta 24-04-2021

Descripción	Fecha Hasta	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia Consumo	Consumo Subtotal	Consumo interno Transformador	Consumo Total	Unidad Medida	Monto (\$)
Energía activa total	24-04-2021	10155,00	9718,00	0,00	437,00	0,00	437,00	kWh	43,09

2. Valores Pendientes

VALORES PENDIENTES (2) 0,00



Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Valor Consumo	43,09
Comercialización	1,41
Subsidio Cruzado Solidario	4,45
Subtotal Servicio Eléctrico (SE)	48,95
Servicio Alumbrado Público General	5,62
Subtotal Alumbrado Público (APG)	5,62
Base I.V.A. 0%	54,57
I.V.A. 0%	0,00
TOTAL SE Y APG (1)	54,57

3. Planes de Financiamiento Autorizados por el Consumidor

PLANES DE FINANCIAMIENTO (3) 0,00



Subsidios del Gobierno

Subsidio Tarifa Eléctrica	32,94
TOTAL	32,94

Formas de Pago

FORMA DE PAGO	VALOR	PLAZO	TIEMPO
SIN UTILIZACIÓN DEL SISTEMA FINANCIERO	54,57	15	días

TOTAL (A)	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1)	54,57
Valores Pendientes (2)	0,00
Planes de Financiamiento (3)	0,00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (1+2+3)	54,57

• Planilla de luz JULIO de 2021



Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.
Matriz: AV MAX UHLE S/N y AV. PUMAPUNGO
RUC: 0190003809001
Contribuyente especial, resolución No. 3257
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD



Nro. Factura 001-003-023990734
Nro. doc. interno 002131645159
Fecha de emisión 24-06-2021
Fecha de vencimiento 09-07-2021
Número de autorización 2406202101019000380900120010030239907340007708317

Información del Consumidor

VALOR TOTAL \$76.98

CUENTA CONTRATO	200000282083	Código Único	0500075044
Nombre Cliente	CAMPOVERDE CHACÓN MARCOS RAMIRO	Tipo de tarifa Arconel	BTCRSD03 - BT Residencial para el Programa PEC
Cédula	0103382578	Geocódigo	0519M147000359
Celular	0999028543	Unidad de Lectura	0519M147
Correo Electrónico	FLASH_RAMIROJAS@HOTMAIL.COM		
Dirección del servicio	JERÓNIMO CARRIÓN GÓNZALO ZALDUMBIDE 1 / SAN BLAS - CUENCA		

1. Información Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Número de medidor	1000441117	Días facturados	31
Tipo consumo	leído	Fecha hasta	24-06-2021
Fecha desde	25-05-2021		

Descripción	Fecha Hasta	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia Consumo	Consumo Subtotal	Consumo Int. Transfer.	Consumo Total	Unidad Medida	Monto (\$)
Energía activa total	24-06-2021	11223.00	10774.00	0.00	449.00	0.00	449.00	KWH	44.35

2. Valores pendientes

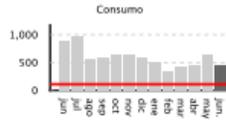
VALORES PENDIENTES (2)	0.00
------------------------	------

3. Planes de Financiamiento Autorizados por el Consumidor

PLANES DE FINANCIAMIENTO (3)	0.00
------------------------------	------

Formas de Pago

FORMA DE PAGO	VALOR	PLAZO	TIEMPO
SIN UTILIZACIÓN DEL SISTEMA FINANCIERO	56.12	15	días



Servicio Eléctrico y Alumbrado Público	
Valor Consumo	44.35
Comercialización	1.41
Subsidio Cruzado Solidario	4.58
Subtotal Servicio Eléctrico (SE)	50.34
Servicio Alumbrado Público	5.78
Subtotal Alumbrado Público	5.78
Base I.V.A. 0%	56.12
I.V.A. 0%	0.00
TOTAL SE Y AP (1)	56.12

TOTAL (A)	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1)	56.12
Valores Pendientes (2)	0.00
Planes de Financiamiento (3)	0.00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A)	56.12

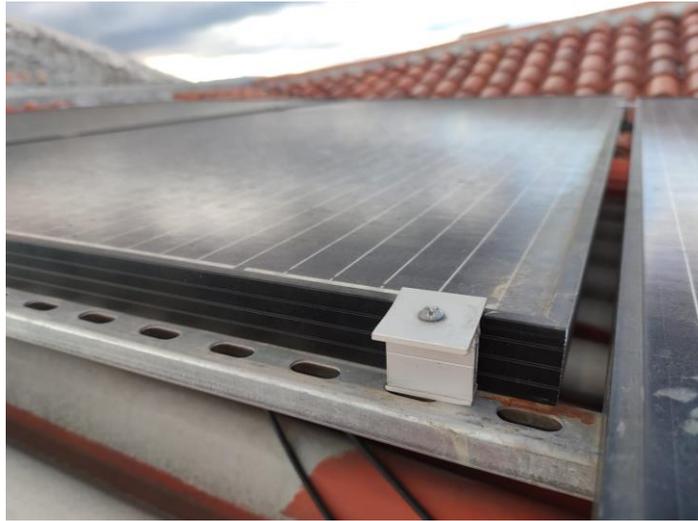


Subsidio Tarifa Eléctrica	33.77
TOTAL:	33.77

ANEXO 3

IMÁGENES DE EL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

- **Paneles solares.**





- Inversor.



- Banco de Baterías.



