



Universidad Internacional de La Rioja
Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Máster en Gestión Ambiental y Energética en las
Organizaciones

**Diseño de un sistema fotovoltaico
autónomo para el ahorro de energía
eléctrica en el Comercial Xaviercito.**

Trabajo fin de estudio presentado por:	Álvarez Arcos Yulisa Mishell
Tipo de trabajo:	Tipo 4
Director/a:	Belén Gutiérrez López
Fecha:	22/07/2021

Resumen

Por su ubicación en el hemisferio, Ecuador es considerado un país beneficiado en recursos energéticos solares, sin embargo, por la carencia de reformas y leyes que beneficien a los propietarios de estos sistemas, se observa un lento crecimiento en su implementación y obtención de inversores nacionales y extranjeros, representando apenas el 0,36% de la energía total generada en el país. Razón por la cual se plantea el presente trabajo investigativo, como una opción a la implementación de un sistema fotovoltaico autónomo, para el comercial “Xaviercito”, aprovechando la capacidad solar registrada en el sector de “El Salto”, Cotopaxi. Pues al tratarse de un tipo de energía limpia y renovable, los propietarios del negocio familiar lo ven como una alternativa para reducir costos en lo referente a consumo eléctrico, además de adjudicarse el título de primer comercio con la aplicación de este tipo de sistemas.

Para la aplicación de modelos matemáticos se aplicaron variables independientes (Potencial del sistema fotovoltaico, latitud, radiación solar, irradiancia, irradiación, ángulo de inclinación) y dependientes (Producción de energía, potencia nominal, voltaje, intensidad de corriente) con lo cual se determinó que el sistema requiere suministrar una capacidad energética no inferior a 11,28 kW-h/día que corresponde al gasto energético requerido por el negocio; sin embargo los costos calculados para implementación, incluidos los equipos, estructura de soporte, mano de obra y demás gastos rondan los \$17.170,98. Otro punto a destacar del sistema fotovoltaico a instalar es el ahorro de emisiones de CO₂, pues según el análisis medioambiental en el comercial Xaviercito al instalar el diseño fotovoltaico produciría un ahorro de 744,28 kg de CO₂ por año.

Cabe mencionar que los costos de mantenimiento son mínimos para este sistema, estableciendo \$180 al año, por cuestión de equipos de limpieza (franelas y líquidos limpiadores), y mediciones eléctricas y mecánicas.

Palabras clave: energía solar, energía eléctrica, potencial fotovoltaico, sistema fotovoltaico autónomo.

Abstract

Due to its location in the hemisphere, Ecuador is considered a beneficiary country in solar energy resources, however, due to the lack of reforms and laws that benefit the owners of these systems, there is a slow growth in its implementation and obtaining national investors and foreigners, representing only 0.36% of the total energy generated in the country. Reason for which the present investigative work is proposed, as an option to the implementation of an autonomous photovoltaic system, for the commercial "Xaviercito", taking advantage of the solar capacity registered in the sector of "El Salto", Cotopaxi. Well, as it is a type of clean and renewable energy, the owners of the family business see it as an alternative to reduce costs in terms of electricity consumption, in addition to being awarded the title of first trade with the application of this type of systems.

For the application of mathematical models, independent variables were applied (Potential of the photovoltaic system, latitude, solar radiation, irradiance, irradiance, angle of inclination) and dependent variables (Energy production, nominal power, voltage, current intensity) with which it was determined that the system requires supplying an energy capacity not less than 11.28 kW-h / day that corresponds to the energy expenditure required by the business; However.

Implementation costs, including equipment, support structure, labor, and other expenses, are around \$ 17,170.98. Another highlight of the photovoltaic system to be installed is the saving of CO₂ emissions, since according to the environmental analysis the salesperson Xaviercito when installing the photovoltaic design would produce a saving of 744, 28 kg of CO₂ per year.

It is worth mentioning that maintenance costs are minimal for this system, which is why they were established at \$ 180 per year, due to cleaning equipment (flannels and cleaning fluids), and electrical and mechanical measurements.

Keywords: solar energy, electrical energy, photovoltaic potential, autonomous photovoltaic system.

Índice de contenidos

1. Justificación	12
2. Introducción y marco teórico	14
2.1. Energía Fotovoltaica en Latinoamérica	14
2.2. Energía Fotovoltaica en Ecuador	15
2.3. Marco teórico	17
2.3.1. Antecedentes teóricos.....	17
2.3.2. Energía fotovoltaica.....	20
2.3.3. Ciclo Solar	21
2.3.4. Sistema fotovoltaico	23
2.3.5. Elementos de un sistema fotovoltaico	24
3. Objetivos	32
3.1. Objetivo general.....	32
3.2. Objetivos específicos	32
4. Hipótesis.....	33
5. Metodología y diseño de la energía renovable a utilizar	34
5.1. Localización	34
5.2. Condiciones climáticas.....	35
5.2.1. Temperaturas medias y precipitaciones	35
5.2.2. Cielo nublado, sol y días de precipitación	36
5.2.3. Temperaturas máximas	36
5.2.4. Irradiación.....	36
5.3. Demanda de energía.....	41
6. Diseño de la instalación de la energía renovable	45
6.1. Modelos matemáticos	45

6.1.1.	Demanda energética del comercial.....	45
6.1.2.	Potencia del Generador Fotovoltaico.....	45
6.1.3.	Cálculo del número de paneles solares.....	46
6.1.4.	Determinación del sistema de acumulación (Baterías).....	46
6.1.5.	Determinación del número de baterías del panel solar.....	46
6.1.6.	Determinación del regulador de carga.....	47
6.1.7.	Cálculo del inversor del panel solar.....	47
6.1.8.	Cálculo de los conductores eléctricos del sistema de la corriente continua.	47
6.1.9.	Cálculo del ángulo de inclinación de los paneles solares.....	49
6.1.10.	Energía eléctrica anual producida a partir del sistema fotovoltaico.....	49
6.2.	Parámetros y datos de entrada	50
6.3.	Variables a estudiar	51
6.4.	Balances energéticos	53
6.4.1.	Demanda energética del comercial.....	53
6.4.2.	Potencia del Generador Fotovoltaico.....	53
6.4.3.	Número de paneles solares	54
6.4.4.	Sistema de acumulación (Baterías)	54
6.4.5.	Determinación del número de baterías del panel solar.....	55
6.4.6.	Cálculo de los reguladores de carga	55
6.4.7.	Cálculo del inversor del panel solar.....	56
6.4.8.	Cálculo de los conductores eléctricos del sistema de la corriente continua.	56
6.4.9.	Cálculo del ángulo de inclinación de los paneles solares.....	58
6.4.10.	Energía eléctrica anual producida a partir del sistema fotovoltaico.....	58
7.	Análisis de soluciones.....	59
7.1.	Potencia Instalada.....	59

7.2.	Elección de los elementos a instalar en función de la energía.....	60
7.2.1.	Elección del panel fotovoltaico	60
7.2.2.	Elección de la batería.....	61
7.3.	Estructura Soporte	62
7.4.	Inversores.....	63
8.	Análisis económico.....	65
8.1.	Presupuesto	65
8.2.	Viabilidad económica.....	66
8.3.	Inversión Inicial	69
8.4.	Ahorro energético.....	70
8.5.	Coste de mantenimiento	71
9.	Análisis medioambiental	73
9.1.	Emisiones de CO ₂ sin el sistema fotovoltaico	73
9.2.	Emisiones de CO ₂ con el sistema fotovoltaico.....	74
9.3.	Ahorro de emisiones de CO ₂	74
10.	Resultados	75
10.1.	Demanda de energía	75
10.2.	Cargas y dimensiones del sistema fotovoltaico	76
10.3.	Elementos para instalar del sistema fotovoltaico.....	77
10.4.	Análisis económico.....	78
10.5.	Emisiones de CO ₂	79
11.	Conclusiones.....	81
	Referencias Bibliográficas.....	83
	Bibliografía.....	86
	ANEXOS.....	88

ANEXO A. Facturación del servicio eléctrico y alumbrado público del Comercial Xaviercito ..	88
---	----

ANEXO B. Costo de materiales y equipos	89
--	----

Índice de figuras

Figura 1. Capacidad energética generada en 2019 por sistemas fotovoltaicos en Latinoamérica.	15
Figura 2. Sistema fotovoltaico instalado en Pimampiro.	16
Figura 3. Diagrama del Sistema Fotovoltaiico utilizado en un domicilio..	17
Figura 4. Esquema del proyecto realizado.	19
Figura 5. Efecto Fotovoltaiico.	21
Figura 6. Ciclo solar.....	21
Figura 7. Radiación solar.....	22
Figura 8 .Angulo de Acimut.	22
Figura 9. Angulo de elevación.	23
Figura 10. Sistema fotovoltaico en Ecuador.....	23
Figura 11. Tipos de instalaciones solares fotovoltaicas.	24
Figura 12. Panel Solar.	24
Figura 13. Celdas Solares.....	26
Figura 14. Regulador de carga solar.	26
Figura 15. Sistema de baterías con diferentes tecnologías de almacenamiento	27
Figura 16. Importancia de las baterías en los sistemas fotovoltaicos.....	29
Figura 17. Circuito Básico de convertidor CD-AC.	29
Figura 18. Circuito básico de convertidor Boost	30
Figura 19. Diagrama convertidor Buck-Boost.	30
Figura 20. Estructura soporte para paneles solares.....	31
Figura 21. Ubicación del comercial Xaviercito..	34
Figura 22. Fachada del Comercial Xaviercito.....	34
Figura 23. Interiores del Comercial Xaviercito..	34

Figura 24. Temperaturas medias y precipitaciones en Latacunga.	35
Figura 25. Días de sol, nublados y precipitaciones en Latacunga.	36
Figura 26. Diagrama de temperatura máxima en Latacunga.	36
Figura 28. Demanda de energía mensual del año 2020 del "Comercial Xavercito". . .	42
Figura 29. Demanda de energía mensual del año 2021 del "Comercial Xavercito". . .	43
Figura 30. Instalación de los paneles.....	59
Figura 31. Panel solar Half Cell Monocristalino 400Wp / 12V.	61
Figura 32. Descripción general de la batería seleccionada.	61
Figura 33. Estructura de soporte con inclinación de 10°.	62
Figura 34. Plano de la ubicación de los paneles solares.....	63
Figura 35. Inversor Powland susse.	64
Figura 36. Curva del VAN y TIR..	69
Figura 37. Consumo energético del "Comercial Xavercito".	75
Figura 38. Emisiones de CO2 del "Comercial Xavercito"	79

Índice de tablas

Tabla 1. Diseño experimental 32.....	18
Tabla 2.Comparación de consumo eléctrico entre energía hidroeléctrica y fotovoltaica	19
Tabla 4. Características de paneles fotovoltaicos	25
Tabla 5. Sistemas de baterías	28
Tabla 6. Irradiancia y frecuencia en Latacunga 2013	37
Tabla 7. Potencias en el período de análisis con su frecuencia	38
Tabla 8. Energía generada por el sistema fotovoltaico	39
Tabla 9. Demanda de energía mensual facturado en los años 2020 -2021 del “Comercial Xaviercito”	41
Tabla 10. Demanda de energía diaria en los años 2020 -2021 del “Comercial Xaviercito”	43
Tabla 11. Promedio de radiación global del barrio “El Salto” (kW*h/ m2*día).....	50
Tabla 12. Variables Independientes.	52
Tabla 13. Variables dependientes	52
Tabla 14. Resistencias del cable	57
Tabla 15. Selección del tipo de cable	57
Tabla 16.Potencia instalada en el Comercial Xaviercito en base a los paneles solares.....	60
Tabla 17. Selección del panel fotovoltaico	60
Tabla 18. Presupuesto total del sistema fotovoltaico autónomo.	65
Tabla 19.Estimación del VAN y TIR respecto al flujo de caja.....	67
Tabla 20. Inversión Inicial	69
Tabla 21. Costo anual de mantenimiento mensual.....	71
Tabla 22. Consumo energético diario del "Comercial Xaviercito" en el año 2021	75
Tabla 23. Valores calculados para el desarrollo del sistema fotovoltaico	76
Tabla 24. Elementos para instalar en el sistema fotovoltaico	77

Tabla 25. Resultados del análisis económico	78
Tabla 26. Resultados VAN y TIR.....	79

1. Justificación

Los recursos solares en Ecuador son privilegiados, pues por encontrarse en la mitad del mundo, su ángulo de incidencia es constante, además de recibir una radiación perpendicular durante todo el año, sin embargo, el crecimiento de los sistemas fotovoltaicos es lento debido a los costes de instalación y la carencia de reformas que apoyen a inversores nacionales y extranjeros; razón por la cual, en el país el uso de combustibles fósiles continua siendo uno de los pilares principales en el desarrollo económico y social del país. Pese a que año tras año el uso de energías renovables se ha incrementado en el país, llegando a utilizar un 51,78 % de estas, la energía fotovoltaica solo representa el 0,26 %.

Los motivos por los que se realizó el presente trabajo de investigación son innovar en sistemas alternativos de generación eléctrica, acoplando el uso de sistemas mixtos de energía eléctrica comercial otorgada por el estado y la energía solar captada de los rayos solares para utilizarlos en proporcionar energía eléctrica en entidades comerciales, influyendo de manera positiva en la cultura del uso energético en sistemas ambientalmente aceptables y sostenibles.

Se pensó en el Comercial Xaviercito, ubicado en la provincia de Cotopaxi en la ciudad de Latacunga en las calles Antonio Clavijo y Félix Valencia; pues se trata de un negocio familiar de 30 años y en los últimos años ha presentado facturas eléctricas elevadas aun cuando, el consumo trata de reducirse al mínimo, esto debido a la situación que está sobrellevando el país y el mundo, lo que ha permitido que empresas de servicios básicos incrementen sus tarifas de manera desordenada y sin control. Razón por la cual los herederos del negocio han decidido realizar una remodelación completa de las instalaciones ajustadas a la época actual, con la finalidad de brindar mayor comodidad a sus clientes y generar un mensaje de concientización hacia el medio ambiente. El objetivo es ser el primer centro comercial en la ciudad de Latacunga que utilice la energía solar para producir electricidad, siendo un local “respetuoso con el medioambiente”.

Cabe mencionar y repetir que el uso de la energía fotovoltaica actualmente es un factor importante y que se mantiene constante en el tiempo, sin embargo, en Ecuador su instalación y uso es mínimo, desperdiciando así la energía solar.

Con el presente proyecto se pretende realizar un estudio que permita diseñar un sistema fotovoltaico domiciliario que perdure en el tiempo y genere beneficios económicos y sociales

a sus creadores, para esto se analizarán las condiciones climáticas enfocadas en la localización del negocio, además de otras variables a considerar en el desarrollo de modelos matemáticos empleados para la selección de materiales y equipos, manteniendo un balance energético entre los gastos de energía generados y la los requeridos, cumpliendo así con la demanda mencionada por los usuarios.

2. Introducción y marco teórico

2.1. Energía Fotovoltaica en Latinoamérica

Generar energía eléctrica abarca grandes costos operativos y económicos para sustentar las necesidades de los usuarios. Los avances tecnológicos acompañados del incremento de la densidad poblacional han provocado que se requiera mayores recursos para generar electricidad. Esto a su vez, provoca que los recursos naturales se agoten y dé como resultado un impactante estado medio ambiental que va en declive. Por tal, ha de ser importante implantar un sistema fotovoltaico que dé como resultado energía limpia y a menor costo. Del mismo modo, que no se agote mediante el uso del sol como recurso forestal (Planeta, 2018).

Según estudios de Helms (2016), se calcula que en latinoamérica existen al menos 20 millones de personas que no cuentan con acceso a electricidad, mientras que cerca de 90 millones aun dependen de combustibles provenientes de la biomasa como son el caso de la leña, y querosen, que a más de reducir la calidad de vida por de las personas por sus bajos niveles de iluminación, también son emisores de CO₂ al ambiente, razones por las cuales la demanda de energías limpias se ha incrementado desde el 2012 en América Latina y el Caribe, destacando los sistemas fotovoltaicos y la energía solar por concentración; solo entre el 2010 y 2013 se observó un incremento del 90% aumentando de 37,2 a 373 GWh (Banco de Desarrollo de América latina, 2015).

Los países que van a la cabeza en el desarrollo de energías limpias de acuerdo con la capacidad solar instalada y creación de reformas que vuelvan competitiva a este tipo de energía son Chile, México, Brasil y Argentina. En el caso de Chile la capacidad solar instalada aumento de casi cero en 2008, a más de 1.6 gigavatios en 2017, su crecimiento se ve limitado a los procesos de transmisión y saturación de los bancos comerciales. En el caso de México, las energías renovables se ven apoyadas por un marco regulatorio que promueve su generación, sin embargo, su crecimiento se ve limitado por la competitividad del mercado que puede representar rendimientos hasta en 20 años. En Brasil, la energía solar a despegado lentamente debido a problemas políticos y económicos. Argentina es un país que se encuentra plenamente comprometido con el desarrollo de energía solar concediendo un total de 916 MV hasta 2017, entre sus planes se encuentra la construcción de plantas fotovoltaicas en El Salvador (BID Invest, 2017).

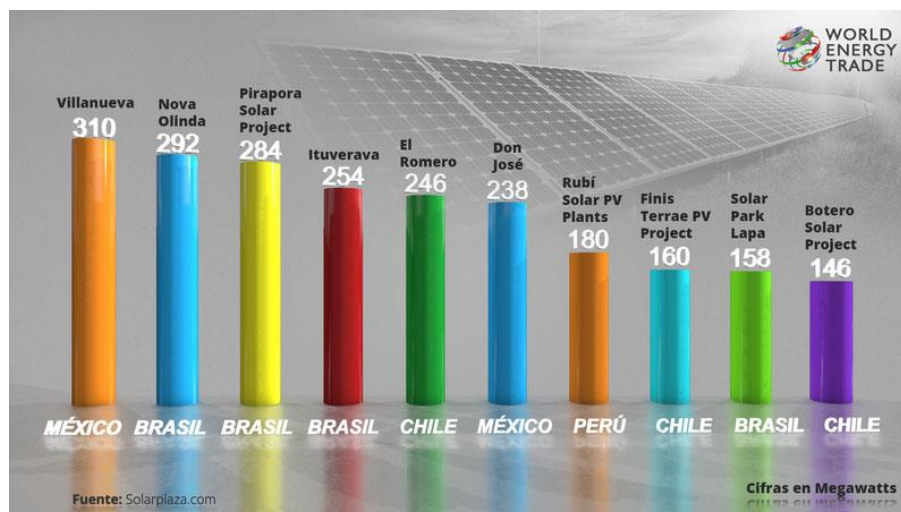


Figura 1. Capacidad energética generada en 2019 por sistemas fotovoltaicos en Latinoamérica. (World Energy Trade, 2019).

2.2. Energía Fotovoltaica en Ecuador

Pese a que Ecuador posee una ubicación privilegiada en cuanto a recursos solares, por su invariable recepción de radiación perpendicular durante el año y su ángulo de incidencia constante, la verdad es que camina a paso lento, pues el aprovechamiento de energía solar representa apenas el 0,36% en comparación al 49,82% de energía hidráulica; 0,29% energía eólica; y 1,96% de aprovechamiento energético de biomasa. La razón principal para su lento crecimiento son los altos costes, pues en 2012 el Conelec fijó una tarifa preferencial de U\$D 0,40 por kW/h de generación, lo que le representó críticas de sectores e inversores que manifestaron que la tarifa era demasiado alta en comparación con el costo de hidroeléctrica o la misma fotovoltaica en otros países de la región, para el 2015 la capacidad instalada era de apenas 26 MW, sin embargo, en 2016 se generaron 22 concesiones privadas para la generación de 33,3 GWh (Solar Platform America Latina, 2016).

En Ecuador, se aplican dos técnicas para la generación de energía fotovoltaica: los sistemas aislados que corresponden a sistemas fotovoltaicos que se instalan en domicilios que por su geografía carecen de interconexión al Sistema Nacional Interconectado (SNI) o donde la conexión al sistema eléctrico es costosa; por otro lado, están las granjas solares que son ubicadas en lugares remotos como la Amazonía, islas en el Golfo de Guayaquil y lugares apartados de la serranía. Sin importar la técnica aplicada los sistemas fotovoltaicos deben

cumplir con normas y leyes nacionales e internacionales de instalación (Revista eje industrial, 2017).

La primera planta fotovoltaica en conectarse a la red está ubicada al norte del país en la provincia de Imbabura en la comunidad Paragachi (Pimampiro), con una instalación de 4.160 paneles solares en 3 hectáreas, alcanzando una potencia de 998 kW. Considerando que las unidades utilizadas para medir la radiación solar son W/m^2 y que la radiación solar de un día promedio en Ecuador es de cerca de $3\text{kWh/m}^2/\text{día}$; se considera que la eficiencia del panel solar debería rondar entre 25% y 40% lo que requiere de potencias no inferiores a los 250 W/m^2 (Revista eje industrial, 2017).



Figura 2. Sistema fotovoltaico instalado en Pimampiro. (El comercio, 2021).

En la ciudad de Latacunga se han instalado sistemas fotovoltaicos de módulos con celdas solares agrupadas en conexión en serie y paralelo con la finalidad de reducir las emisiones de CO_2 producidas hacia el medio. Para esto se consideró una potencia de 1000 W/m^2 con un tiempo de carga de 4 horas y una capacidad de generación de 1383.35 Wh . Sin embargo, pese a las ventajas presentadas, al no existir un método de subsidio hacia los productores de esta energía renovable muchos optan por no utilizarla, principalmente por los altos costos de instalación, mantenimiento y el tiempo estimado para obtener beneficios (Proaño, 2014).



Figura 3. Diagrama del Sistema Fotovoltaico utilizado en un domicilio. (Proaño, 2014).

2.3. Marco teórico

2.3.1. Antecedentes teóricos

En el estudio realizado por Lagos (2019) titulado “Sistema Fotovoltaico para el ahorro de energía eléctrica en el servicio de alumbrado general de Condominios”, se plantea como objetivo la implementación de un sistema fotovoltaico aislado, esto con la finalidad de ahorrar energía eléctrica en el servicio de alumbrado general de condominios. Para su desarrollo y como método de levantamiento de información se aplicó un diseño factorial 3^2 con cinco réplicas. Los parámetros analizados fueron posición del panel fotovoltaico (norte, sur, este) y ángulo e inclinación (22° , 32° y 42°) basados en la Tabla 1.

Tabla 1. Diseño experimental 3²

Tratamientos	Variables		Replicas (voltaje)					Total
	A	B	I	II	III	IV	V	
1	1 (este)	1 (22°)	19.7	19.7	18.8	19.6	19.5	97.3
2	2(norte)	1 (22°)	19.9	20.0	20.1	19.8	20.0	99.8
3	3(sur)	1 (22°)	18.0	18.2	17.9	18.1	18.3	90.5
4	1 (este)	2 (32°)	17.9	17.9	18.0	17.8	18.0	89.6
5	2(norte)	2 (32°)	20.1	20.4	20.1	20.1	20.2	100.9
6	3(sur)	2 (32°)	18.7	18.6	18.9	18.5	18.7	93.4
7	1 (este)	3 (42°)	18.6	18.2	18.7	18.6	18.9	93
8	2(norte)	3 (42°)	21.9	21.8	21.7	22.1	21.8	109.3
9	3(sur)	3 (42°)	19.7	19.6	19.5	19.7	19.5	98

Lagos, 2019

Una vez realizado los cálculos correspondientes se observaron mejores resultados al colocar el panel solar con dirección al norte con un ángulo de inclinación de 42°, pues se obtiene una capacidad energética de 109,3 KW, traduciéndose en un ahorro energético; pues mensualmente el condominio gasta 57,60 KW en energía eléctrica, lo que le representa alrededor de \$482 en efectivo, sin embargo con la implementación de este sistema se observa que a más de cumplir con la demanda requerida, el valor a pagar se reduciría a \$217. Esto demuestra que a más de tratarse de un tipo de energía renovable y limpia la energía fotovoltaica está en capacidad de cumplir con la demanda energética requerida a costes menores, esto también depende de las reformas energéticas generadas en cada país.

Tabla 2.Comparación de consumo eléctrico entre energía hidroeléctrica y fotovoltaica.

Número Lámparas	Potencia Lamp. (w)	Horas día	Días mes	kWh/mes	Meses	kWh/año	Cent. S/. kWh	Costo anual S/.
12	20	8	30	57.60	12	691.20	69.74	482
12	9	8	30	25.92	12	311.04	69.74	217

Lagos, 2019

Ramos y Luna (2020) en su trabajo de investigación con tema “Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el área de estacionamiento de la Universidad de Salamanca” se plantea como objetivo principal el cálculo de un sistema fotovoltaico que a más de suministrar corriente eléctrica al personal administrativo y docentes en la Universidad Tecnológica de Salamanca sea capaz de proporcionar sombra a sus vehículos. Para la ejecución del estudio se procedió a tomar medidas diarias del gasto energético generado por el uso de computadoras, impresoras, proyectores, equipos de DVD, reguladores, ventiladores, lámparas, (cantidad de watts y numero de lámparas por plafón). Una vez concluido el periodo de toma de muestras y considerando que los sábados se trabaja medio día y el domingo permanece cerrado se observó un consumo energético diario de aproximadamente 229,21 kW, por lo que como solución se planteó colocar paneles solares conectados a la red de suministro local, misma que aportaría con 83,661.65 kW por año y cubriría en su totalidad la demanda energética calculada. Con esto se colaboraría en el manejo sustentable de la institución. Esta alternativa podría presentar algunos problemas debido al origen de ciertos electrodomésticos, pero con un análisis más profundo podrían solucionarse; sobre todo por el beneficio ambiental. La contribución de energía más grande se generaría los fines de semana.



Figura 4. Esquema del proyecto realizado. (Ramos & Luna, 2020).

2.3.2. Energía fotovoltaica

Esta energía transforma directamente la luz solar en energía eléctrica, por medio de la tecnología basada en el efecto fotovoltaico. El proceso inicia al caer la radiación del sol sobre una de las caras de una célula fotoeléctrica de las cuales están conformados los paneles, aquí se produce una diferencia de potencial eléctrico entre ambas caras que hace que los electrones salten de un lugar a otro generando de esta manera corriente eléctrica (ACCIONA, 2020).

La energía fotovoltaica es del tipo de energía solar que no se transforma en calor, sino que es convertida en energía eléctrica directamente, esto sucede por medio de un proceso conocido como efecto fotovoltaico que consiste en que la luz produzca electricidad mediante la iluminación de ciertos materiales. Esto se basa en el uso de los materiales semiconductores, ya que son mejores conductores de electricidad que los aislantes y menos que los metales. Por lo que logran transportar la electricidad al ser impactados por la luz, al unirse con el semiconductor, la energía es distribuida con esto se apoya a darle más movilidad a los electrones que se concentran en el material, de este modo la capacidad de transportar la electricidad aumenta (Arancibia & Best, 2010).

2.3.2.1. Efecto Fotovoltaico

Se conoce como efecto fotovoltaico al resultado de la producción de una corriente eléctrica producida por el contacto de dos piezas que no están formadas por el mismo material y que a su vez se encuentran expuestas a una radiación electromagnética como por ejemplo puede ser la luz. Hay que tener en cuenta, que el efecto fotovoltaico solo se produce cuando un fotón que consigue aportar la energía cinética suficiente entre en contacto, una vez penetra el material, con un electrón de valencia del material y genera un par electrón-hueco (Autosolar, 2020).

El efecto fotovoltaico es el efecto fotoeléctrico caracterizado por la producción de una corriente eléctrica entre dos piezas de material diferente que están en contacto y expuestas a la luz o, en general, a una radiación electromagnética. El efecto fotovoltaico consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica por medio de las células fotovoltaicas (Planas, 2015).

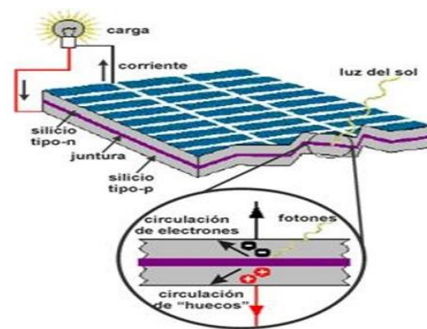


Figura 5. Efecto Fotovoltaico. (Renovable, 2016).

2.3.3. Ciclo Solar

Según explica Biesecker, por razones que aún no se comprenden bien, el campo magnético del Sol aumenta y disminuye por periodos: crece hasta un máximo y luego se vuelve a debilitar hasta comenzar a crecer de nuevo. Cuando el magnetismo está cerca de su máximo, comienza a haber mucha actividad en la superficie del Sol: se producen enormes explosiones de energía llamadas erupciones solares y se pueden desencadenar eyecciones de masa coronal, en las que miles de millones de toneladas de hidrógeno ardiente son lanzadas al espacio a grandes velocidades (Lima, 2020).



Figura 6. Ciclo solar. (Lima, 2020).

2.3.3.1. Radiación Solar

La radiación solar es un fenómeno físico que se da debido a la emisión de energía del Sol en forma de radiaciones electromagnéticas. Estas pueden ser medibles y suelen expresarse en

unidades de irradiación, esta unidad es el reflejo de su potencia por unidad de superficie. Es una energía que es transmitida a través del vacío por lo cual, es capaz de atravesar el espacio. Esto depende de la distancia que hay entre la Tierra y el sol, la dirección y el ángulo en el que esta radiación cruza la atmósfera y penetra en el ambiente (Torres, 2018).

Se estima que solo el 50% logra llegar a la Tierra de forma directa, mientras que otras lo hacen de forma dispersa. La energía solar recibida por la superficie de la atmósfera se conoce como insolación o constante solar y equivale a $1,36 \text{ W/m}^2$ (Nandwani, 2015).

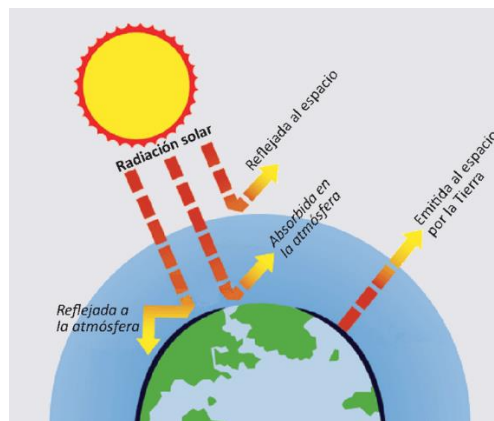


Figura 7. Radiación solar. (Renovable, 2016).

2.3.3.2. Coordenadas Solares

El movimiento de la tierra alrededor del sol describe una órbita elíptica, cuyo punto más alejado se denomina “Afelio” (unos 152.096.154 km) y el punto más cercano “perihelio” (unos 147.099.586 km). Este movimiento se realiza sobre un plano denominado “eclíptica”.

Acimut (α): ángulo medido en el plano horizontal formado por el sol y la dirección sur (hemisferio norte). En el hemisferio sur la referencia se toma con la dirección norte.

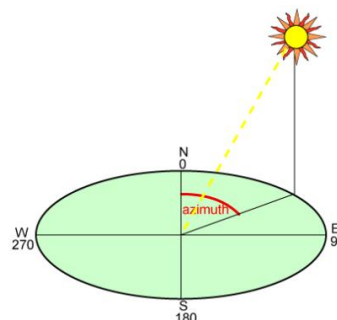


Figura 8 .Angulo de Acimut. (Helioesfera, 2019).

Elevación (β): ángulo medido en el plano vertical formado por los rayos del sol con respecto a la horizontal (Helioesfera, 2019).

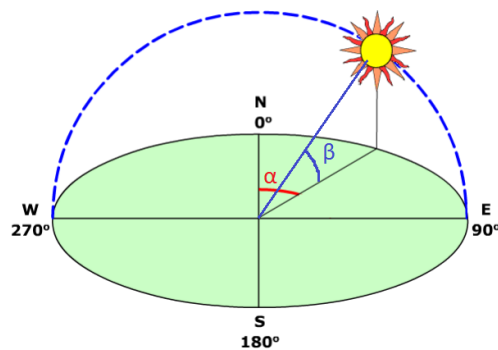


Figura 9. Ángulo de elevación. (Helioesfera, 2019).

2.3.4. Sistema fotovoltaico

Es el conjunto de equipos que cumplen el proceso de aprovechar la energía solar y convertirla en energía eléctrica, se basa en la capacidad que tienen las celdas fotovoltaicas de transformar la luz solar en electricidad. Con el uso de un inversor conectado a la red eléctrica y centrales de almacenamiento, la energía solar se transforma en corriente alterna para uso doméstico (Menna, 2021).



Figura 10. Sistema fotovoltaico en Ecuador. (El Comercio, 2021).

2.3.4.1. Clasificación de los sistemas fotovoltaicos

Las instalaciones fotovoltaicas se dividen en dos grandes grupos en función de su objetivo:

- Instalaciones aisladas de la red: su finalidad es satisfacer total o parcialmente la demanda energética residencial o de una comunidad.

- Instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red: tienen como objetivo fundamental entregar energía a la red eléctrica pública. (Universidad de Chile, 2016).

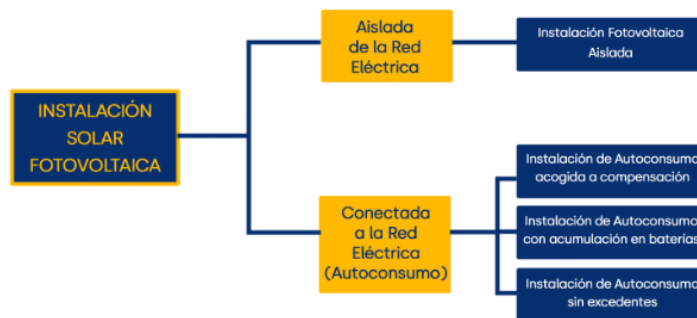


Figura 11. Tipos de instalaciones solares fotovoltaicas. (Endef, 2020).

2.3.5. Elementos de un sistema fotovoltaico

2.3.5.1. Panel Solar

El panel solar o modulo solar es un componente de las instalaciones solares, tiene como función aprovechar la energía solar. (Planas, 2015). Son diseñados para captar la radiación electromagnética del sol para posteriormente ser aprovechada y transformada en diferentes formas de energía útil. Estos dispositivos surgieron a mediados del siglo XX con la finalidad de brindar energía constante a los satélites puestos en órbita alrededor de la tierra y luego se destinó a mejorar la calidad de vida de poblaciones alejadas de toda forma de cableado o transmisión eléctrica convencional. (Raffino, 2020)



Figura 12. Panel Solar. (Rising Sun, 2019).

Los paneles solares o paneles fotovoltaicos están compuestos por células fotoeléctricas conectadas en serie y paralelo entre sí, su funcionamiento es general sin importar el tipo de paneles. El flujo de electricidad es generado por la alteración e electrones y fotones que llegan

a la célula fotoeléctrica (Dávila, 2020). Las células fotoeléctricas son elaboradas en distintos materiales, algunos se muestran en la siguiente tabla (Cata & Mijail, 2015).

Tabla 3. Características de paneles fotovoltaicos

<i>Tipo de tecnología</i>	<i>Eficiencia (%)</i>	<i>Tiempo de utilidad</i>	<i>Características</i>
<i>Cadmio - telurio</i>	10-11	25	Alta durabilidad en condiciones de humedad y su producción es de menor costo
<i>Silicio poli-cristalino</i>	14-18	30	Está conformado por secciones de cristales de silicio desordenados
<i>Silicio mono-cristalino</i>	16-22	30	Está compuesto por una sola pieza de silicio cristalizado
<i>Silicio amorfo</i>	7-9	25	Este tipo se utilizan mayormente en dispositivos portátiles por su aspecto finos y flexibles (Cata y Rodríguez 2015).
<i>Arseniuro de galio</i>	20	25	Se obtiene una mayor eficiencia
<i>Cobre-indio-galio-selenio-sulfato</i>	7-12	25	Tecnología aun en desarrollo su costo de producción menor y alta eficiencia

Cata & Mijail, 2015

2.3.5.2. Celdas fotovoltaicas

Son elementos que producen electricidad al ser inducidos por la luz recibida en su superficie. Generan pequeñas cantidades de electricidad por lo que en sus inicios se las utilizaba para alimentar pequeñas necesidades. En el mercado existen celdas de silicio monocristalina, de silicio policristalina, silicio amorfo y celda tándem. (Arancibia & Best, 2010).

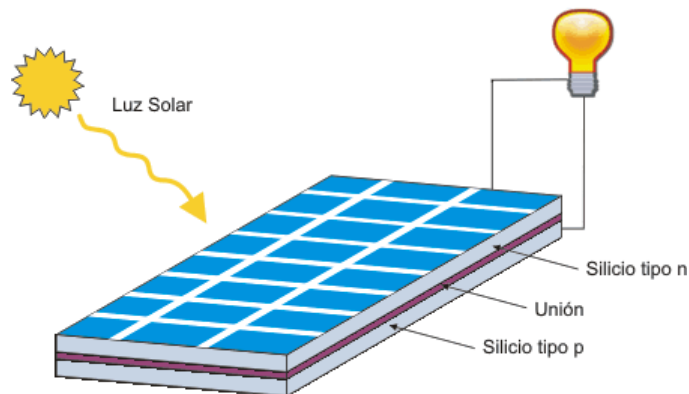


Figura 13. Celdas Solares. (Rising Sun, 2019).

2.3.5.3. Regulador de carga solar

Un regulador de carga solar se coloca entre el campo fotovoltaico y el campo de baterías y básicamente se encarga de controlar el flujo de energía que circula entre ambos equipos. El control del flujo de energía se realiza mediante el control de los parámetros de Intensidad (I) y Voltaje (V) al que se inyecta en la batería. Este flujo de energía depende del estado de carga de las baterías y de la energía generada por el campo fotovoltaico. El regulador de carga solar controla constantemente el estado de carga de las baterías para hacer el llenado óptimo y así alargar su vida útil (Carpio, 2018).

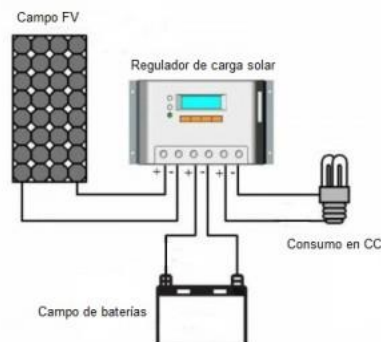


Figura 14. Regulador de carga solar. (Carpio, 2018).

Este dispositivo, a pesar de su sencillez y su bajo coste, comparado con el coste total de la instalación, es fundamental para proteger la vida útil de las baterías y mejorar el funcionamiento del sistema fotovoltaico. Controla la carga y la descarga de las baterías, es decir, que no haya sobrecarga ni sobre descarga de las baterías, aunque en la práctica real, solo controla la carga. (Tecnología, 2017).

2.3.5.4. Baterías

Las baterías para energía solar o acumuladores son los encargados del almacenamiento energético, para poder suministrar energía independientemente de la producción eléctrica del generador fotovoltaico (como por ejemplo por la noche y en días nublados). Se compone de dos electrodos sumergidos en un electrolito donde se producen reacciones químicas debidas a su carga y su descarga (Tecnosolab, 2016).

De acuerdo con Hernandez (2017) las baterías se encargan de almacenar la energía producida por sistemas de recolección, la energía es almacenada en forma química y el proceso de cambio de energía se basa en reacciones de reducción / oxidación electroquímica reversible.

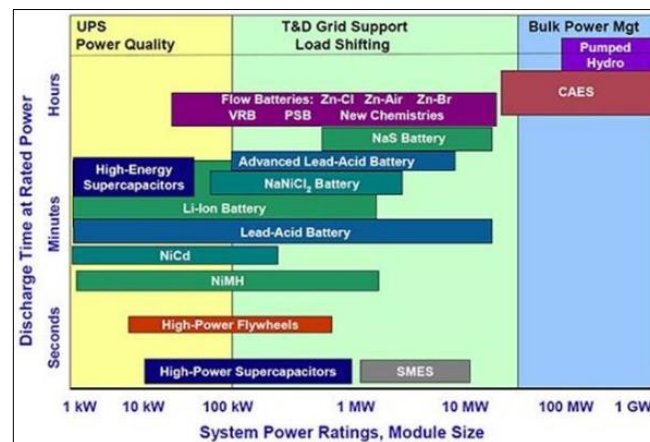


Figura 15. Sistema de baterías con diferentes tecnologías de almacenamiento. (Mires, 2018).

En la figura 15 se presenta los diferentes tipos de baterías recargables en relación con el tiempo de descarga los cuales se representan en tres grupos: los sistemas de almacenamiento interrumpida (UPS), las baterías de soporte de red y para administración de energía.

La selección de baterías está basada en: descarga, ciclo de trabajo, tiempo de vida útil, potencia nominal. En la siguiente Tabla, se establece los diferentes sistemas de baterías más utilizados en sistemas solares con sus aplicaciones y características (Mera, 2016; Tébar, 2017).

Tabla 4. Sistemas de baterías

Baterías	Aplicaciones	Ventajas	Desventaja
<i>Ion litio</i>	Gran capacidad de almacenamiento	Ciclo de vida alto, eficiencia de carga y descarga	Sobrecalentamiento, altamente sensible
<i>Níquel cadmio</i>	Sistemas aislados	Tecnología actual	Costo elevado, contaminación toxica
<i>Baterías de Flujo VRF</i>	Gran capacidad de almacenamiento	Largo ciclo de vida	Baja eficiencia de carga y descarga
<i>Sulfuro de sodio (NaS)</i>	Incorporación en sistemas renovables	Ciclos de descarga largos, alta vida útil	Temperatura entre 250º y 300º C
<i>NaNiCl</i>	Almacenamiento optimo	Tecnología actual	Alta temperatura de operación 250ºC a 300ºC
<i>Plomo-ácido</i>	Son más utilizadas en redes aisladas y estabilización	Bajo costo, reciclables	Contaminación alta, limitada descarga, vida útil limitada

Mera, 2016

- **Tipos de baterías**

- Baterías estacionarias

Las baterías estacionarias son ideales para consumos medios y altos, puede someterse a descargas y picos de corriente, como en aplicaciones solares. Se encuentran dos tipos principales que son: baterías de plomo acido, baterías de Gel, y se caracterizan por tener una vida útil extendida y requieren mínimo mantenimiento.

- Baterías de ciclo profundo

Están diseñadas para ser descargadas repetidamente hasta un 80% de su capacidad. Esta característica las convierte en la mejor opción para sistemas de energía solar (Planas, 2015).

Funcionan como acumuladores de energía en horarios de sol, para servir de respaldo en horarios donde no haya disponibilidad solar; también cumplen otras funciones, como por ejemplo la de establecer un valor de referencia en la tensión estableciendo un trabajo óptimo en los paneles solares y una estabilidad en la tensión del sistema, siendo aceptable para los equipos de consumo (Autosolar, 2020).



Figura 16. Importancia de las baterías en los sistemas fotovoltaicos. (Ingeniería y construcciones HG, 2019).

Las baterías solares son componentes muy importantes para las instalaciones de energía solar, puesto que son los elementos encargados de almacenar la energía para que sea utilizada durante la noche o en largos periodos de tiempo donde no dispongamos de radiación solar. También son los componentes encargados de proporcionar una intensidad de corriente mayor que la que la recibe el panel solar para mejorar el rendimiento del sistema. De hecho, debe tener claro que es el elemento más caro, pudiendo significar más de la 50% del costo total del presupuesto de su instalación fotovoltaica (Autosolar, 2020).

2.3.5.5. Convertidores o Inversores de Voltaje

- Convertidor DC AC

El convertidor CD – AC también conocido como inversor a corriente alterna, permite que la potencia media fluya desde el lado de corriente continua hacia el lado de corriente alterna, incluye la generación de una tensión de 120V eficaces (rms) a 60hz, todo esto a partir de 12 voltios de la batería y el sistema fotovoltaico (Electro DH, 2020).

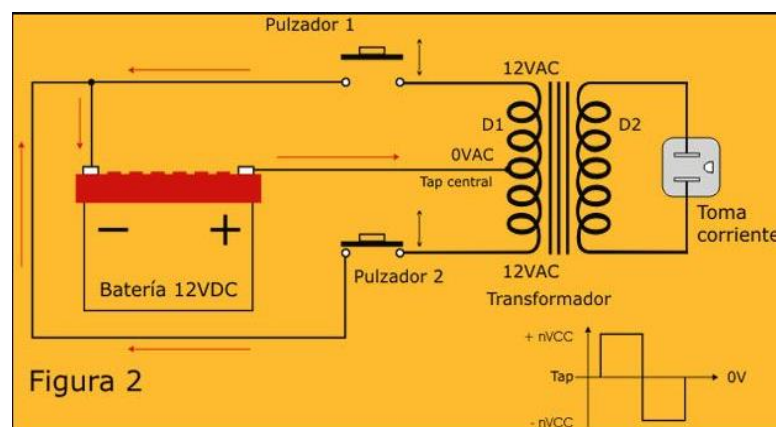


Figura 17. Circuito Básico de convertidor CD-AC. (Electro DH, 2020).

- Convertidor Boost

El convertidor boost o convertidor elevador se encarga de mantener un voltaje de salida superior al voltaje de entrada, mediante el cerrado y activación periódico de un interruptor eléctrico, manteniendo el voltaje de salida constante ante perturbaciones del voltaje de entrada, está compuesto por una bobina en paralelo a un interruptor eléctrico (Ramos, 2017).

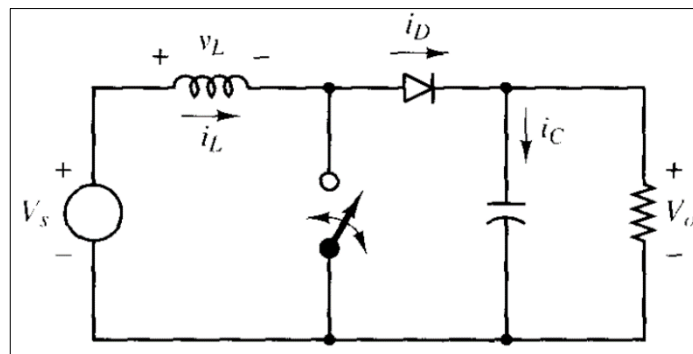


Figura 18. Circuito básico de convertidor Boost. (Hoyos & Casanova, 2016).

- Convertidor Buck-Boost

El convertidor Buck-Boost o convertidor elevador reductor, permite que el voltaje de salida sea mayor o menor al voltaje de entrada, este tipo de convertidor permite que la polaridad del voltaje de salida sea contraria a la polaridad del voltaje de entrada, en la siguiente figura, se muestra un esquema del circuito de un convertidor buck-boost, en el que están conectados en cascada un convertidor buck y un convertidor boost (Ramos, 2017).

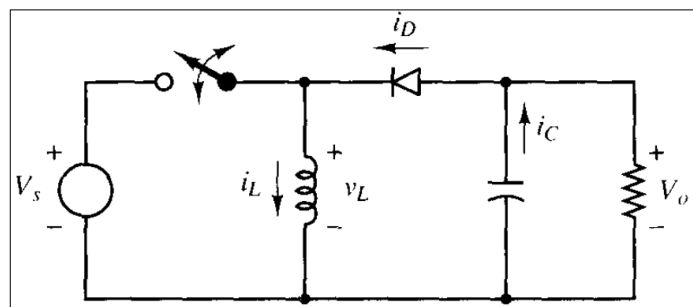


Figura 19. Diagrama convertidor Buck-Boost. (Ramos & Luna, 2020).

2.3.5.6. Estructura de soporte

El soporte para paneles solares cumple una doble misión. Por una parte, mecánica, porque debe asegurar un adecuado anclaje y sujeción, y por otra, proporciona la inclinación idónea para conseguir aprovechar al máximo la radiación solar (Mera, 2006).

Las estructuras solares son imprescindibles para dotar a los paneles solares de la inclinación y orientación que necesitan a la hora de aprovechar al máximo el potencial de la instalación solar. Ahora bien, los diferentes tipos de superficies (planas o inclinadas), junto a otros factores importantes (tipo de terreno y condiciones climáticas), promueven la necesidad de contar con distintas estructuras solares que puedan adaptarse a cada una de ellas (Alusinsolar, 2018).

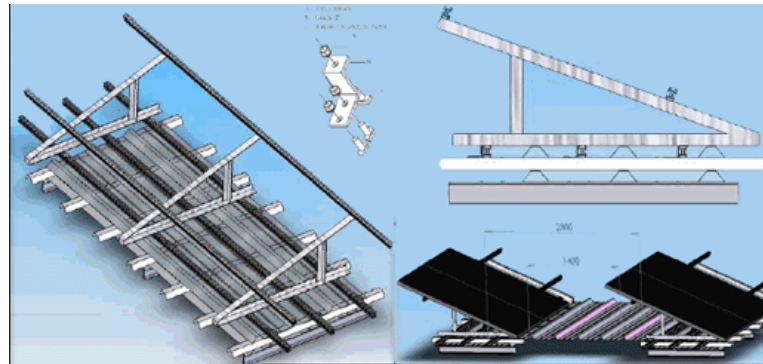


Figura 20. Estructura soporte para paneles solares. (Mires, 2018).

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Diseñar un sistema solar fotovoltaico autónomo para el ahorro de energía eléctrica en el Comercial Xaviercito, ubicado en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi (Ecuador).

3.2. Objetivos específicos

1. Determinar la demanda energética actual del Comercial Xaviercito mediante las facturas eléctricas emitidas por ELEPCO S.A.
2. Estudiar las cargas y dimensiones del sistema fotovoltaico para el diseño en las instalaciones del Comercial Xaviercito
3. Calcular la potencia del generador fotovoltaico y el número de paneles que son necesarios para generar la energía eléctrica suficiente.
4. Determinar el sistema de acumulación y el número de baterías que requiere el sistema fotovoltaico autónomo.
5. Determinar y calcular el tipo y número de inversores para el sistema fotovoltaico autónomo.
6. Calcular la energía eléctrica anual producida a partir del sistema fotovoltaico autónomo.
7. Identificar los elementos a instalar en el sistema fotovoltaico en función de la energía.
8. Estudiar la viabilidad económica de la propuesta del sistema fotovoltaico diseñado.
9. Calcular el ahorro de emisiones de CO₂ a la atmósfera con la implementación del sistema fotovoltaico autónomo.

4. Hipótesis

El sistema fotovoltaico objeto de este estudio permitirá abastecer los requerimientos energéticos de las actividades diarias del comercial, reduciendo los gastos generados por concepto de consumo eléctrico y disminución de emisiones de CO₂ a la atmósfera. El presente estudio permitirá obtener datos confiables para seleccionar los elementos que conforman un sistema fotovoltaico autónomo para producir energía eléctrica en el Comercial Xaviercito”, ubicado en la ciudad de Latacunga.

5. Metodología y diseño de la energía renovable a utilizar

5.1. Localización

El comercial Xaviercito se localiza en el barrio El Salto, parroquia La matriz en las calles Antonio Clavijo 2-32 y Félix Valencia, de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, Ecuador.

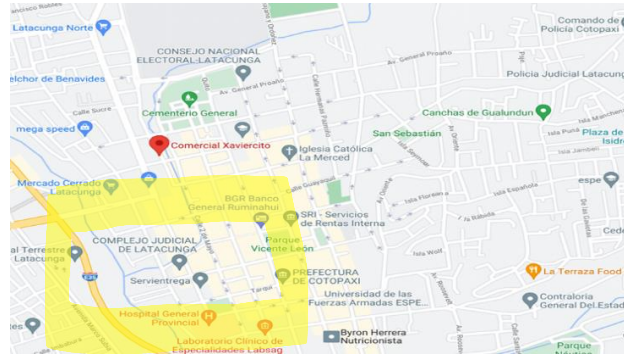


Figura 21. Ubicación del comercial Xaviercito. (Google maps, 2021).



Figura 22. Fachada del Comercial Xaviercito. (Elaboración propia).

El “Comercial Xaviercito” presenta un área útil de 171.15 m². Su actividad comercial principal es la venta de alimentos de primera necesidad y licores. Cuenta con un área administrativa y tres empleados.



Figura 23. Interiores del Comercial Xaviercito. (Elaboración propia).

En la figura se presentan los interiores del “Comercial Xaviercito”, el sistema fotovoltaico debe abastecer la demanda energética diaria del comercial.

5.2. Condiciones climáticas

La ciudad de Latacunga se caracteriza por tener una temperatura promedio de 12°C, encontrándose a una altura de 2750 m.s.n.m. Se dice además que los veranos son cortos y nublados, al igual que, los inviernos siendo estos más fríos y parcialmente nublados. En el año la temperatura oscila entre los 8°C a 20°C, a veces baja a los 5°C o sube a los 22°C (Weatherspark, 2021)

5.2.1. Temperaturas medias y precipitaciones

En figura 24, se observan las temperaturas medias y precipitaciones en Latacunga. La máxima diaria media indica la media de la temperatura máxima en Latacunga de un día al mes de igual manera la mínima diaria media muestra la temperatura mínima. Los días calurosos y noches frías muestran la media del día más caliente y la noche más fría de cada mes en los últimos 30 años, las velocidades del viento no se visualizan normalmente, pero se ajustan en la parte inferior de la Figura 24. Las cantidades de precipitación simulada en las regiones tropicales y terrenos complejos tienden a ser más pequeñas que las mediciones locales (Meteoblue, 2021).

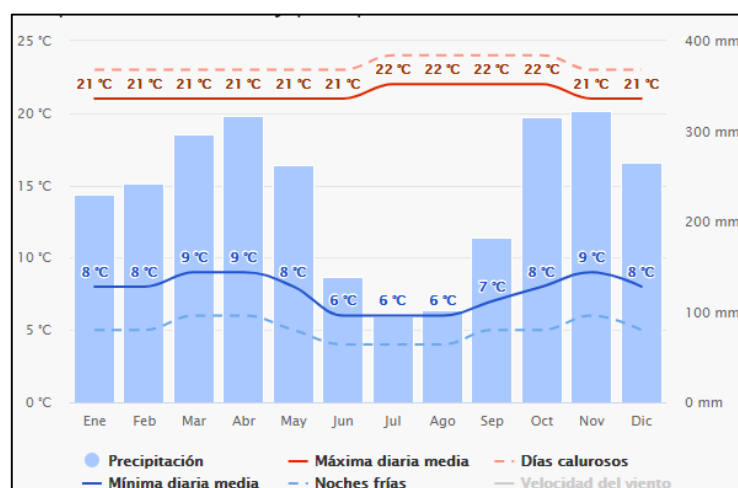


Figura 24. Temperaturas medias y precipitaciones en Latacunga. (Meteoblue, 2021).

5.2.2. Cielo nublado, sol y días de precipitación

En la figura 25, se evidencian el número mensual de días de sol, nublados, nublados y precipitaciones. Los días soleados tienen una cobertura de 20% de nubes, de 20-80% de cobertura de nubes se considera un día parcialmente nublado y sobre el 80% son nublados.

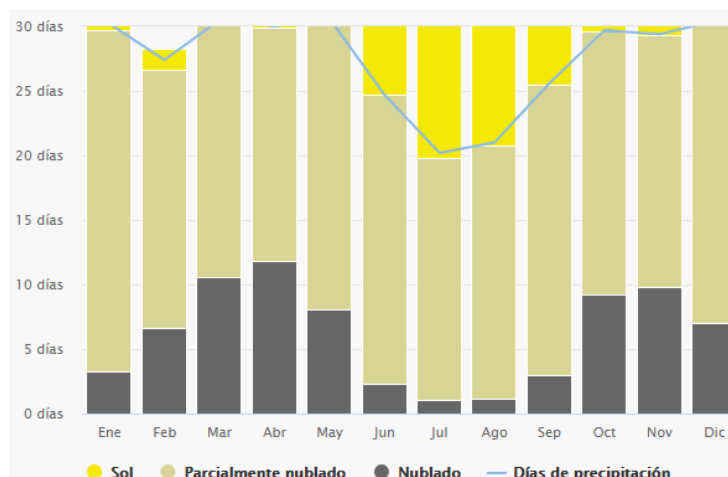


Figura 25. Días de sol, nublados y precipitaciones en Latacunga. (Meteoblue, 2021).

5.2.3. Temperaturas máximas

A continuación (figura 26), en el diagrama de temperatura máxima de Latacunga se muestra cuantos días del mes llegan a ciertas temperaturas, se evidencia que no existen días con temperaturas por debajo de 40°C en el mes de Julio, mientras que existen días que no alcanzan ni el -10 °C como máxima diaria.

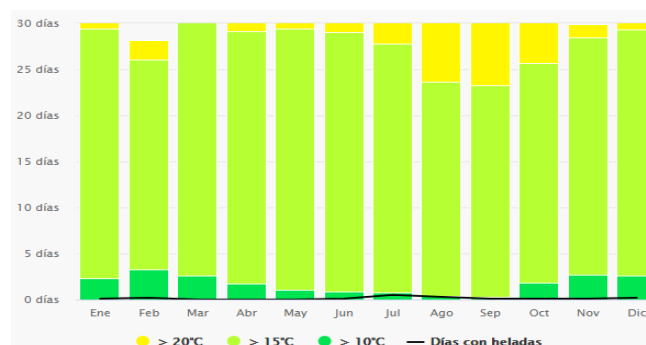


Figura 26. Diagrama de temperatura máxima en Latacunga. (Meteoblue, 2021).

5.2.4. Irradiación

De acuerdo con la figura 27, el promedio diario multianual, cuenta con una irradiación de 5 – 5.5 (Kwh/m2), lo que significa que cuenta con una buena irradiación.

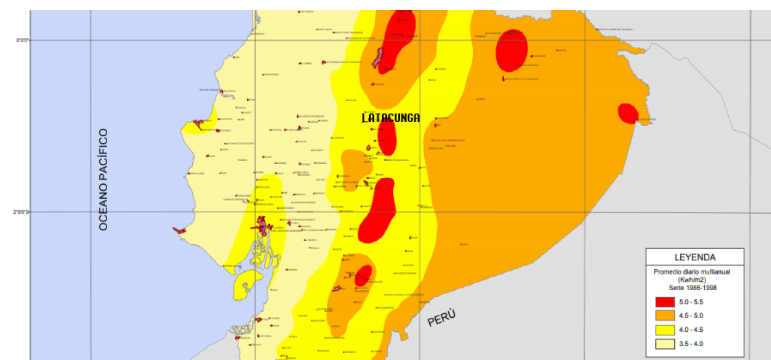


Figura 27. Irradiación Global. (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2020).

Por otro lado, Proaño (2014), realizó un estudio de medición de radiación solar en Latacunga con un pirómetro en el mes de noviembre del 2014 los siete días de la semana de 8 de la mañana a 4 y 30 de la tarde, luego de revisar el comportamiento de la radiación y la carga se analizó con un panel fotovoltaico de 230 Wp con una característica V-I y V-P, lo que significa que en cada nivel de radiación se tiene un comportamiento en la máxima potencia del módulo. Los datos de radiación se tratan por medio de histogramas en los cuales se obtienen el comportamiento de la radiación solar en ese mes.

Tabla 5. Irradiancia y frecuencia en Latacunga 2013

Hora	Radiación (W/m ²)	Frecuencia
8:00-8:30	578,50	25%
8:30-9:00	674,00	29%
9:00-9:30	440,00	35%
9:30-10:00	781,50	30%
10:00-10:30	1000,00	26%
10:30-11:00	1107,50	35%
11:00-11:30	1110,00	50%
11:30-12:00	1196,00	38%

Hora	Radiación (W/m2)	Frecuencia
12:00-12:30	1225,50	29%
12:30-13:00	1207,50	29%
13:00-13:30	1111,50	29%
13:30-14:00	1060,50	29%
14:00-14:30	406,00	33%
14:30-15:00	241,00	29%
15:00-15:30	297,50	33%
15:30-16:00	260,50	42%
16:00-16:30	197,00	42%

Proaño, 2014

En la tabla 6 se observa que existe una irradiación igual o superior a 1000 w/m2 desde las 10 de la mañana hasta las 2 de la tarde, lo que significa que el módulo fotovoltaico ha trabajado Por encima de su capacidad nominal aproximadamente por 4 horas.

Tabla 6. Potencias en el período de análisis con su frecuencia

Hora	Potencia (Watt)	Frecuencia
<i>8:00-8:30</i>	216,50	90%
<i>8:30-9:00</i>	279,00	82%
<i>9:00-9:30</i>	373,00	73%
<i>9:30-10:00</i>	256,50	63%
<i>10:00-10:30</i>	314,50	47%

Hora	Potencia (Watt)	Frecuencia
<i>10:30-11:00</i>	297,50	53%
<i>11:00-11:30</i>	261,50	55%
<i>11:30-12:00</i>	208,50	45%
<i>12:00-12:30</i>	290,00	84%
<i>12:30-13:00</i>	229,50	55%
<i>13:00-13:30</i>	305,50	67%
<i>13:30-14:00</i>	238,00	63%
<i>14:00-14:30</i>	195,00	65%
<i>14:30-15:00</i>	211,00	61%
<i>15:00-15:30</i>	249,00	71%
<i>15:30-16:00</i>	247,50	82%
<i>16:00-16:30</i>	265,00	84%

Proaño, 2014

El comportamiento de carga con respecto a la potencia en Latacunga se destaca con un 90% la potencia de 216,50 Watt en un horario de 8 a 8 y 30 de la mañana, pero con una menor frecuencia de 73% y una mayor potencia de 373,00 Watt en el horario de 9 a 9:30 de la mañana, esto se evidencia en la tabla 7.

Tabla 7. Energía generada por el sistema fotovoltaico

Hora	Energía Producida (Wh)	Energía acumulada producida (Wh)
8:00-8:30	61,76	61,76

Hora	Energía Producida (Wh)	Energía acumulada producida (Wh)
8:30-9:00	71,45	133,21
9:00-9:30	47,71	180,92
9:30-10:00	82,35	263,27
10:00-10:30	104,51	367,78
10:30-11:00	115,42	483,19
11:00-11:30	115,67	598,86
11:30-12:00	124,39	723,26
12:00-12:30	127,38	850,64
12:30-13:00	125,56	976,2
13:00-13:30	115,82	1092,02
13:30-14:00	110,65	1202,67
14:00-14:30	44,26	1246,93
14:30-15:00	27,53	1274,46
15:00-15:30	33,26	1307,71
15:30-16:00	29,50	1337,22
16:00-16:30	46,13	1383,35

Proaño, 2014

En la tabla 8 el análisis de la determinación de energía, se observa que en el intervalo de tiempo de 12:00 – 12:30 p.m el modulo entrega una mayor energía, exactamente 127,38 Wh,

debido a que el intervalo de radiación solar es mayor, de igual manera se indica la cantidad de energía que el sistema fotovoltaico puede suministrar durante todo el día, así como los valores acumulados y producidos cada media hora.

5.3. Demanda de energía

El suministro de energía del “Comercial Xaviercito” lo proporciona la Empresa Eléctrica Provincial de Cotopaxi, cuyas siglas son ELEPCO S.A. El comercial recibe energía mediante un alimentador que se localiza en la Subestación denominada “La Cocha” cuyo nivel de voltaje es de 13,8 kV y se distribuye mediante un medidor bifásico de 30 kW de 120/220 V.

ELEPCO S.A realiza las mediciones del consumo de energía eléctrica del Comercial Xaviercito a través del medidor de 120/220 V cuyo soporte es de 15/60 A, por tal razón la demanda del consumo de energía mensual se analizó con las facturas emitidas por la empresa eléctrica. A continuación, se presenta una tabla con los consumos energéticos mensuales del Comercial Xaviercito en el periodo 2020 – 2021.

Tabla 8. Demanda de energía mensual facturado en los años 2020 -2021.

	Meses	Consumo (KW*h)	Pago (USD)
AÑO 2020	Enero	250	40,18
	Febrero	137	29,78
	Marzo	143	30,71
	Abril	198	36,78
	Mayo	177	33,55
	Junio	138	29,36
	Julio	192	35,16
	Agosto	188	34,74
	Septiembre	209	37,39
	Octubre	186	34,52
	Noviembre	201	36,13
	Diciembre	206	37,19

AÑO 2021	TOTAL	2225	415,490
	Enero	264	40,74
	Febrero	203	36,26
	Marzo	242	40,55
	Abril	203	36,75
TOTAL		912	154,3

ELEPCO S.A, 2020

En la tabla 9 se presentan los consumos mensuales de energía eléctrica facturados por ELEPCO S.A del “Comercial Xaviercito”, además se indica el pago mensual correspondiente en los años 2020 – 2021. El consumo energético del año 2020 fue de 2.225 kW*h con un pago anual de \$415,49. Mientras que el consumo del año 2021 en el periodo de enero – abril fue de 912 kW*h con un pago \$154,30.

A continuación, se presentan dos figuras que ilustran la demanda energética mensual de los años 2020 y 2021 en el “Comercial Xaviercito”.

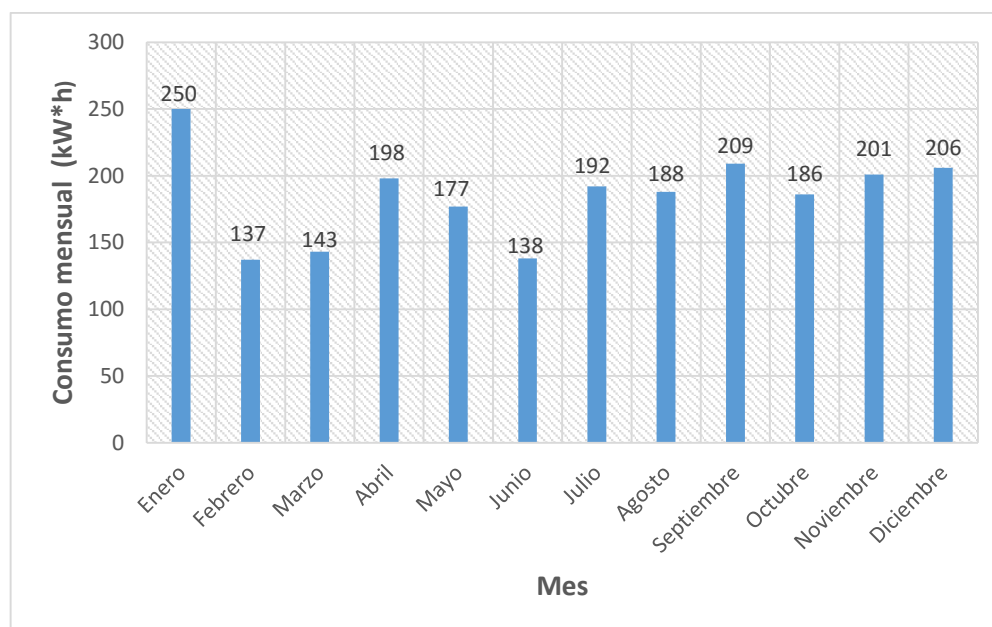
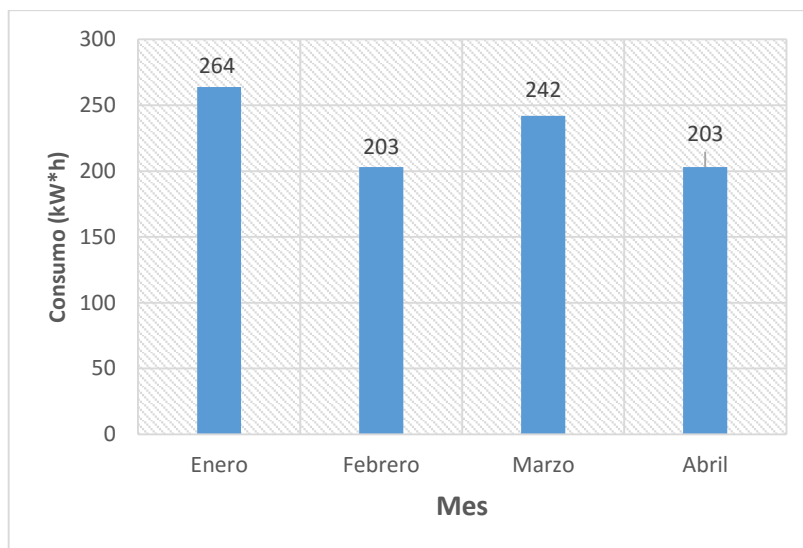


Figura 28. Demanda de energía mensual del año 2020 del “Comercial Xaviercito”.

(Elaboración propia).



*Figura 29. Demanda de energía mensual del año 2021 del “Comercial Xaviercito”.
(Elaboración propia).*

Al comparar ambos periodos en las figuras 28 y 29 se determina que en el mes de enero existe una mayor demanda energética en el Comercial Xaviercito.

Tabla 9. Demanda de energía diaria en los años 2020 -2021 del “Comercial Xaviercito”

	Meses	Consumo (Kw*h)	Días laborados	Consumo diario (Kw*h)
AÑO 2020	Enero	250	27	9,25
	Febrero	137	25	5,48
	Marzo	143	26	5,5
	Abril	198	26	7,62
	Mayo	177	26	6,81
	Junio	138	25	5,52
	Julio	192	27	7,11
	Agosto	188	26	7,23
	Septiembre	209	26	8,04
	Octubre	186	27	6,89
	Noviembre	201	15	8,04
	Diciembre	206	28	7,36

AÑO 2021	TOTAL	225	314	PROMEDIO 7,07
	<u>Enero</u>	<u>264</u>	<u>26</u>	<u>10,15</u>
	Febrero	203	24	8,46
	Marzo	242	27	8,96
	Abril	203	26	7,81
	TOTAL	912	103	PROMEDIO 8,85

ELEPCO S.A. Elaboración propia.

En la tabla 10 se indica el consumo diario energético mediante la relación de [consumo mensual/días laborados], considerando un consumo diario constante. El consumo promedio diario en los años 2020 y 2021 fue de 7,07 kW*h y 8,85 kW*h respectivamente.

Por otro lado, para dimensionar el sistema fotovoltaico se va a emplear como dato base la demanda máxima de energía entre ambos periodos, siendo en el mes de enero de 2021 con un consumo energético de 10,15 (kW*h/día) según las planillas eléctricas del Comercial Xaviercito.

6. Diseño de la instalación de la energía renovable

6.1. Modelos matemáticos

Para el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo que produce energía mediante un sistema de acumulación se deben realizar todos los cálculos correspondientes con los modelos matemáticos que se presentan a continuación:

6.1.1. Demanda energética del comercial

Para determinar la demanda de energía del comercial se empleó la siguiente ecuación:

$$E_{total} = \frac{E_{AC}}{\eta_{bat}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde:

- $E_{AC} = \text{Consumo de energía} \left(\frac{Wh}{\text{día}} \right)$
- $\eta_{bat} = \text{Rendimiento de la batería (90\%)}$

Se considera un rendimiento del 90% para la eficiencia de la batería, teniendo en cuenta los estados de la carga y el % de energía que se encuentra en el generador (Mosquera, 2017)

$$E_{total} = \frac{E_{AC}}{\eta_{bat}}$$

6.1.2. Potencia del Generador Fotovoltaico

Para realizar el cálculo de la potencia del sistema fotovoltaico se emplea la siguiente ecuación:

$$P_{GFV} = \frac{E_T * G_{CEM}}{G_{dm\beta} * PR} \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

- $P_{GFV} = \text{Potencia nominal del generador fotovoltaico}$
- $E_T = \text{Consumo medio de energía (Wh)}$
- $G_{CEM} = \text{Irradiancia en condiciones estándares. Valor } 1000 \text{ W/m}^2$
- $G_{dm}(\beta) = \text{Radiacion del peor mes sobre el se hace el diseño}$
- $PR = \text{Performance Ratio, en sistemas con inversor, batería es } = 0,6$

6.1.3. Cálculo del número de paneles solares

Para calcular el número de paneles solares se emplea la siguiente fórmula:

$$Np = \frac{P_{GFV}}{P_{PGFV}} \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde:

- Np = Número de paneles solares
- P_{GFV} = Potencia nominal del generador fotovoltaico (W)
- P_{PGFV} = Potencia pico del panel fotovoltaico (W)

6.1.4. Determinación del sistema de acumulación (Baterías)

El criterio para determinar la capacidad del sistema de acumulación tiene como objetivo la garantía del suministro de energía eléctrica diaria durante cinco días de autonomía.

Para determinar el dimensionamiento de las baterías se emplea la siguiente ecuación:

$$C = \frac{cd * días}{pd * v} * 1,1 \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde:

- C = Capacidad del sistema de acumulación
- $días$ = días de autonomía
- cd = Consumo diario en $\frac{Wh}{día}$
- pd = Profundidad de descarga máxima. Recomendación 70%, debido a la descarga, en la fórmula se debe colocar el valor de (0.7).
- 1,1 = Valor de consumo por pérdidas. Es para considerar el 10% de pérdidas por temperatura generados por el rendimiento de los equipos.
- v = Voltaje de la batería

6.1.5. Determinación del número de baterías del panel solar

Para determinar el número de baterías en serie que requiere el dimensionamiento del panel solar se aplica la siguiente fórmula:

$$\# \text{ de baterías en serie} = \frac{\text{Amperaje del sistema fotovoltaico}}{\text{Amperaje de la Batería}} \quad \text{Ecuación 5}$$

6.1.6. Determinación del regulador de carga

El regulador es aquel elemento que se encarga de controlar todas las cargas y descargas de la batería.

Es necesario mantener un margen de seguridad para que el regulador no rinda al máximo de la potencia, por tal motivo se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{Numero de unidades reguladoras} = P_{G \max} / P_{rn} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

- $P_{G \max}$ = Potencia máxima del generador fotovoltaico (kW)
- P_{rn} = Potencia maxima del sistema fotovoltaico

6.1.7. Cálculo del inversor del panel solar

Para realizar el dimensionamiento del inversor se debe considerar la potencia que necesita la carga. Las características del inversor en los diseños de paneles solares con autonomía de cinco días corresponden a un suministro estándar de 120 V y 220V, a 60 Hz (Castejón & Santamaría, 2016).

Para calcular el número de inversores necesarios en el sistema fotovoltaico se utiliza la siguiente expresión:

$$N^{\circ} \text{inversores} = \frac{P_{GFV}}{P_{inv}} \quad \text{Ecuación 7}$$

Dónde:

- P_{GFV} = Potencia nominal del panel fotovoltaico
- P_{inv} = Potencial nominal de la salida del inversor

6.1.8. Cálculo de los conductores eléctricos del sistema de la corriente continua.

Para determinar el cableado es necesario tener el conocimiento de los cables que están compuestos con su respectiva conductividad -k-, actualmente se emplean dos tipos de cables, tales como:

- Cobre con una conductividad de $56 \frac{m}{\Omega \text{mm}^2}$

- Aluminio con una conductividad de $35 \frac{m}{\Omega mm^2}$

Para seleccionar el cable del sistema se emplea la siguiente ecuación:

$$S = 2 \frac{l \cdot I}{k \cdot U} (mm^2) \quad \text{Ecuación 8}$$

Dónde:

- S = Selección del conductor (mm^2)
- l = Longitud del cable (m)
- I = Corriente que atraviesa el conductor (A)
- U = Caída de tensión en los extremos (V)
- k = Factor de conductividad. Cobre es el material más utilizado

Para la caída de tensión U se determina el porcentaje de la tensión que depende de los tramos de los equipos interconectados, tales como:

- Tramo 1: 3% caída entre el generador y el regulador/ inversor
- Tramo 2: 1% caída entre el regulador y la batería
- Tramo 3: 1% caída entre la batería y el inversor
- Tramo 4 3% caída entre inversor/regulador y los equipos.

En los tramos, los cables que cumplen la función de conexión deben dimensionarse para intensidades mayores al 125% de la intensidad máxima correspondiente al generador, mientras que la caída de voltaje debe ser inferior al 1.5% (Castejón & Santamaría, 2010).

Por otro lado, en corriente alterna y continua la canalización de la energía eléctrica se va a identificar por un código de colores, como se presenta a continuación:

- Alimentadores eléctricos:
 - Azul: Conductor fase 1
 - Negro: Conductor fase 2
 - Rojo: Conductor fase 3
 - Gris: Conductor fase 4
- Instalaciones internas para la corriente continua:
 - Negro, azul o rojo: Conductores de fase
 - Blanco: Conductores de neutro
- Sistemas de corriente continua

- Rojo: conductor positivo
- Negro: Conductor negativo
- Bicolor (amarillo y verde): Para toma a tierra

6.1.9. Cálculo del ángulo de inclinación de los paneles solares

Para determinar el ángulo de inclinación óptimo que deben situarse los paneles solares para garantizar la máxima captación de energía solar, se emplea la siguiente ecuación (Peñañiel, 2020):

$$\beta = 3,7 + 0,69 * |\varphi| \quad \text{Ecuación 9}$$

Dónde:

- $\beta = \text{Ángulo de elevación (Grados)}$
- $\varphi = \text{Latitud del comercial Xaviercial (0.9223^\circ)}$

En la literatura se reporta que el ángulo de inclinación de los paneles solares no debe ser menor a los 10° para que las partículas de suciedad localizadas en la superficie pueden ser removidas por la lluvia (Lorenzo, 2011).

Es importante calcular las pérdidas debido a la inclinación de los paneles con la siguiente expresión:

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

La ecuación 10 es para los paneles cuyo ángulo de inclinación sea $\beta \leq 15^\circ$

Dónde:

- $\beta = \text{Ángulo de elevación (Grados)}$
- $\varphi = \text{Latitud del comercial Xaviercial (0.9223^\circ)}$

En la investigación realizada por Siemens (2003) recomienda que la orientación de los paneles sea hacia el norte, ya que se aprovecha al máximo la radiación solar.

6.1.10. Energía eléctrica anual producida a partir del sistema fotovoltaico

Se puede calcular la energía diaria que nos va a proporcionar el sistema de paneles solares, esto se puede calcular de acuerdo con la guía técnica de instalaciones fotovoltaicas, publicada por el Gobierno de Canarias, en el año 2010. Con la siguiente ecuación:

$$E_d = \frac{G_{dm} * P_{Gmax} * PR}{G_{GEM}} \quad \text{Ecuación 11}$$

La energía anual producida por el sistema fotovoltaico se calcula con la siguiente expresión:

$$E_a = E_d * 365 \quad \text{Ecuación 12}$$

Dónde:

- $E_d = \text{Energía diaria producida } (\frac{kWh}{\text{día}})$
- $G_{dm} =$
Valor medio mensual de la irradiación diaria sobre el plano del generador $(\frac{kWh}{m^2} * \text{día})$
- $P_{Gmax} = \text{Potencia máxima del generador fotovoltaico (kW)}$
- $PR = \text{Rendimiento energético de la instalación. Valores típicos: 0,65 – 0,8}$
- $G_{GEM} = \text{Irradiancia en condiciones estándar. } (\frac{1kW}{m^2})$
- $E_a = \text{Energía anual producida}$

6.2. Parámetros y datos de entrada

Para realizar el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo que va a generar energía mediante un sistema de acumulación de baterías y no va a estar conectado a la red, es necesario conocer la media de la radiación global donde se sitúa el Comercial Xaviercito y la demanda de energía consumida que según datos anteriores se estableció en 10,15 (kW*h/día). En el estudio realizado por Mosquera (2017) obtuvieron datos reales de la radiación global del sector el Salto, barrio donde se encuentra el comercial. A continuación, se presenta una tabla resumen de los datos obtenidos de la investigación juntamente con datos de la NASA.

Tabla 10. Promedio de radiación global del barrio “El Salto” (kW*h/ m2*día).

MESES	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
Enero	3,83	3,97	4,44	4,08	4,06	3,99	4,15	4,07	3,86	3,73
Febrero	3,52	3,66	4	3,63	3,62	3,54	3,7	3,62	3,42	3,29
Marzo	3,57	3,71	4,05	3,68	3,67	3,59	3,75	3,67	3,46	3,34
Abril	3,42	3,56	3,9	3,53	3,52	3,44	3,6	3,52	3,31	3,19

MESES	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
Mayo	3,65	3,79	4,26	3,9	3,9	3,82	3,98	3,9	3,82	3,7
Junio	3,75	3,89	4,23	3,86	3,85	3,77	3,93	3,85	3,64	3,52
Julio	4,1	4,24	4,58	4,21	4,2	4,12	4,28	4,2	3,99	3,87
Agosto	3,82	3,96	4,3	3,93	3,92	3,84	4	3,92	3,71	3,59
Septiembre	3,64	3,78	4,12	3,75	3,74	3,66	3,82	3,74	3,53	3,41
Octubre	3,47	3,6	3,94	3,58	3,56	3,49	3,65	3,57	3,36	3,24
Noviembre	3,61	3,75	4,09	3,72	3,71	3,63	3,79	3,71	3,5	3,38
Diciembre	3,7	3,84	4,18	3,81	3,8	3,72	3,88	3,8	3,59	3,47
Promedio anual	3,67	3,81	4,17	3,81	3,79	3,72	3,88	3,8	3,6	3,48

Mosquera, 2017

En la tabla 11 se presenta una interpolación entre los datos de la radiación global de la NASA y la radiación experimental de Mosquera (2016). En la tabla se identifica que en el mes de abril a un ángulo de inclinación de 10° se genera el menor cociente proporcionando una radiación de 3,90 kW*h/m²*día, para el desarrollo del análisis se observó el comportamiento de un día normal tomado al azar y realizado durante las 6:00 y las 18:00, y registrando como horas pico de radiación las comprendidas entre las 12:00 y 15:30 (Mosquera, 2017). Por otro lado, el valor de irradiancia fue considerado a condiciones estándar de funcionamiento por lo que su valor es igual a 1 kW/m².

6.3. Variables a estudiar

En el presente estudio se van a estudiar dos variables: La independiente que se refiere a la energía solar irradiada en el transcurso del día y la variable dependiente que es la energía producida por medio de equipos y elementos conectados de forma estratégica. El estudio servirá para diseñar de un sistema fotovoltaico en el comercial Xaviercito con la finalidad de ahorrar energía eléctrica. Los valores considerados como variables serán calculados en epígrafes posteriores, las ecuaciones a ocupar están mostradas en el epígrafe 6.1 correspondiente a modelos matemáticos.

Tabla 11. Variables Independientes.

<i>Concepto</i>	<i>Ítem</i>	<i>Indicador</i>	<i>Unidades</i>
<i>Aprovechamiento de la energía solar</i>	Coordenadas	Latitud	Grados (°)
		Longitud	Minutos
	Radiación del sol	Radiación global	kW*h/m ² *día
		Irradancia	W/m ²
		Irradiación	kW*h/m ²
		Pérdidas	%
	Captación del sol	Ángulo de Acimut	Grados (°)

Elaboración propia.

Tabla 12. Variables dependientes

<i>Concepto</i>	<i>Ítem</i>	<i>Indicador</i>	<i>Unidades</i>
<i>Generación de energía eléctrica.</i>	Paneles solares	Potencia máxima	W
		Voltaje	V
		Intensidad de corriente	A
		Orientación	η
		Rendimiento	Grados (°)
	Consumo de energía	Energía de consumo	kW*h

Sistema de acumulación	Carga	Ah
Regulador e inversor	Intensidad de corriente	A
	Voltaje	V

Elaboración propia.

6.4. Balances energéticos

6.4.1. Demanda energética del comercial

Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico se va a tomar como referencia el mes de mayor demanda energética del Comercial Xaviercito. En la tabla 9 se evidencia que el mes de enero es el de mayor consumo eléctrico. El valor de consumo máximo energético diario es de 10,15 (KW*h/día). Para determinar la demanda de energía del comercial se aplicó la ecuación 1, con un rendimiento promedio de $\eta = 0.90$.

$$E_{total} = \frac{E_{AC}}{\eta}$$

$$E_{total} = \frac{10,15 \text{ KW} \cdot \text{h/día}}{0.9}$$

$$E_{total} = 11,28 \text{ KW} \cdot \text{h/día}$$

El comercial Xaviercito requiere de una demanda energética de **11,28 KW * h/día**

6.4.2. Potencia del Generador Fotovoltaico

Para conocer la potencia del generador se empleó la ecuación 2, y se reemplazó los datos.

El valor de $G_{dm}(\beta)$ es el valor del mes de peor incidencia solar, siendo el mes de abril con una radiación global de 3,90 kW*h/m²*día (Tabla 9).

$$P_{GFV} = \frac{E_T \cdot G_{CEM}}{G_{dm\beta} \cdot PR}$$

$$P_{GFV} = \frac{11,28 \text{ KWh} \cdot 1 \text{ KWh}}{3,90 \text{ kW} \cdot \text{h/m}^2 \cdot \text{día} \cdot PR}$$

$$P_{GFV} = \frac{11,28 \text{ KWh} \cdot 1 \text{ KWh}}{3,90 \text{ kW} \cdot \text{h/m}^2 \cdot \text{día} \cdot 0,6}$$

$$P_{GFV} = \frac{11,28KW * 1}{3,90 * 0,6}$$

$$P_{GFV} = \frac{11,28KW}{2,34}$$

$$P_{GFV} = 4,82 KW = 4.820,51W$$

El sistema fotovoltaico debe tener una potencia pico de 4,82KW , con la radiación más baja registrada en la provincia.

6.4.3. Número de paneles solares

Después de obtener la potencia del generador fotovoltaico se debe calcular el número de paneles solares que se necesitan para la demanda de energía del Comercial Xaviercito con la ecuación 3. Los paneles solares que se van a utilizar tienen una potencia nominal de 400 W a 24V con una dimensión de 1,690 x 1,046 m.

Por tanto, se obtienen los siguientes resultados:

$$Np = \frac{P_{GFV}}{P_{PGFV}}$$

$$Np = \frac{4820,51 W.}{400 W}$$

$$Np = 12,05 \approx 12$$

Para satisfacer la demanda energética del Comercial Xaviercito se necesitan 12 paneles solares de 400W a 24V.

6.4.4. Sistema de acumulación (Baterías)

Para determinar el sistema de acumulación se utiliza la ecuación 4, obteniendo el siguiente resultado:

$$C = \frac{cd * días}{pd * v} * 1,1$$

$$C = \frac{11,28KW * \frac{h}{día} * 5 días}{0,70 * 12} * 1,1$$

$$C = \frac{56400 Wh}{8,4 V} * 1,1$$

$$C = 6714,28 Ah * 1,1$$

$$C = 7385,71 \text{ Ah}$$

La capacidad de acumulación de las baterías debe ser de 7385,71 Ah para tener una autonomía de cinco días, que corresponde a los días laborables del comercial “Xaviercito”.

A continuación, se procede a transformar los amperios obtenidos en kW, considerando que 1 kW equivale a 3,28 Amperios (calculadora conversion, 2020).

$$7385,71 \text{ Ah} * \frac{1 \text{ kW}}{3,28 \text{ A}} = 2251,74 \text{ kWh.}$$

El Comercial Xaviercito requiere de un sistema mínimo de acumulación de 2251,74 kWh, para satisfacer las necesidades energéticas durante 5 días.

6.4.5. Determinación del número de baterías del panel solar

El voltaje requerido por la batería es de 12 voltios, su amperaje viene definido en 300 Ah (RST pyme, 2020). Para determinar el número de baterías se realiza el dimensionamiento utilizando la ecuación 5:

$$\# \text{ de baterías en serie} = \frac{7385,71 \text{ Ah}}{300 \text{ Ah}}$$

$$\# \text{ de baterías en serie} = 24,62$$

Este resultado indica que se requiere aproximadamente 25 baterías 12V de 300 Ah.

6.4.6. Cálculo de los reguladores de carga

Para obtener el número de reguladores de carga se emplea la ecuación 6 y empleando los valores del epígrafe 6.4.2 sobre potencia del generador fotovoltaico requerida por el sistema y la máxima acumulada por el regulador se obtiene:

$$\text{Numero de unidades reguladoras} = P_{G \text{ max}}/P_{rn}$$

$$\text{Numero de unidades reguladoras} = \frac{4820,51 \text{ W}}{2400 \text{ W}}$$

$$\text{Numero de unidades reguladoras} = 2,008$$

Cabe mencionar que los 2400 W son el resultado de una selección previa de regulador de carga, pues por sus condiciones de uso son los más amplios en el mercado.

Para el sistema propuesto se requiere 2 controladores de carga.

6.4.7. Cálculo del inversor del panel solar

Para calcular el número de inversores necesarios en el sistema fotovoltaico hay que tener en cuenta la potencia de 2400 W como dato de partida según el inversor seleccionado y se utiliza la ecuación 7:

$$N^{\circ}inversores = \frac{P_{GFV}}{P_{inv}}$$

$$N^{\circ}inversores = \frac{4820,51}{2400}$$

$$N^{\circ}inversores = 2$$

Para el sistema propuesto se requiere 2 inversores de voltaje.

6.4.8. Cálculo de los conductores eléctricos del sistema de la corriente continua.

Para determinar el cableado es necesario tener el conocimiento de los cables que están compuestos con su respectiva conductividad -k-, actualmente se emplean dos tipos de cables, tales como:

- Cobre con una conductividad de $56 \frac{m}{\Omega mm^2}$
- Aluminio con una conductividad de $35 \frac{m}{\Omega mm^2}$

Para seleccionar el cable del sistema se emplea la siguiente ecuación número 8

$$S = 2 \frac{l \cdot I}{k \cdot U} (mm^2)$$

En los tramos, los cables que cumplen la función de conexión deben dimensionarse para intensidades mayores al 125% de la intensidad máxima correspondiente al generador, mientras que la caída de voltaje debe ser inferior al 1.5% (Castejón & Santamaría, 2010). La potencia requerida por el generador es 4.81 KW su equivalente en amperios es de 18,97 A.

Tabla 13. Resistencias del cable

<i>Longitud máxima de cable en sistemas de baja impedancia, calidad</i>						
<i>Sección de cable</i>	Número del cable AWG	Resistencia del cable para 100 m	Longitud máxima de cable			
			2 ohm	4 ohm	8 ohm	16 ohm
<i>13,30 mm²</i>	6	0,25 ohm	24 m	57 m	122 m	253 m
<i>6,63 mm²</i>	8	0,49 ohm	12 m	28 m	61 m	126 m
<i>5,26 mm²</i>	10	0,62 ohm	10 m	23 m	48 m	100 m
<i>3,31 mm²</i>	12	0,99 ohm	6 m	14 m	30 m	63 m
<i>2,08 mm²</i>	14	1,57 ohm	4 m	9 m	19 m	40 m
<i>1,31 mm²</i>	16	2,49 ohm	2 m	6 m	12 m	25 m
<i>0,82 mm²</i>	18	3,98 ohm	2 m	4 m	8 m	16 m
<i>0,52 mm²</i>	20	6,28 ohm	1 m	2 m	5 m	10 m
<i>0,33 mm²</i>	22	9,89 ohm	1 m	1 m	3 m	6 m

Almazán, 2013

Tabla 14. Selección del tipo de cable

<i>Tramo</i>	Desde	Hasta	Distancia (m)	Tipo de Cable AWG
1	Modulo Fotovoltaico	Caja de Conexiones	40	14
2	Caja de Conexiones	Regulador	8	20
3	Regulador	Baterías	1	22
4	Baterías	Inversor	1	22
5	Inversor	Panel de distribución	4	22

Elaboración propia.

6.4.9. Cálculo del ángulo de inclinación de los paneles solares

Para determinar el ángulo de inclinación óptimo se emplea la siguiente ecuación 9.

$$\beta = 3,7 + 0,69 * |\varphi|$$

$$\beta = 3,7 + 0,69 * 0,9223$$

$$\beta = 3,7 + 0,69 * 0,9223$$

$$\beta = 4,33^\circ$$

Según los cálculos realizados se tiene que el ángulo para obtener la mejor radiación es de $4,33^\circ$, este valor teórico no es un valor exacto ya que incluso sin tomar en cuenta las pérdidas que pueden generar es eficaz realizar un análisis de la tabla 9, dónde se puede observar que la mayor radiación ha sido conseguida al colocar los paneles solares a una inclinación de 10° .

6.4.10. Energía eléctrica anual producida a partir del sistema fotovoltaico

La energía diaria que nos va a proporcionar el sistema de paneles solares se calcula con la ecuación: 11. El valor de rendimiento se establece en 0,6 porque es el mínimo mostrado por el sistema fotovoltaico y el valor de irradiancia en condiciones estándar es igual a $(\frac{1kW}{m^2})$.

$$E_d = \frac{G_{dm} * P_{Gmax} * PR}{G_{GEM}}$$

$$E_d = \frac{3,9 kW * \frac{h}{m^2} * dia * 4,82 kW * 0,6}{1 kW/m^2}$$

$$E_d = \frac{11,2788 kWh/día}{1}$$

$$E_d = 11,28 kWh/día$$

La energía anual producida por el sistema fotovoltaico se calcula con la ecuación 12:

$$E_a = E_d * 365$$

$$E_a = 11,28 kWh/día * 365$$

$$E_a = 4.117,2 kWh$$

La energía anual que producirá el sistema fotovoltaico es de 4117,2 kW-h.

7. Análisis de soluciones

A continuación, se presenta el modelo del esquema del sistema fotovoltaico que se va a implementar en el “Comercial Xaviercito”.

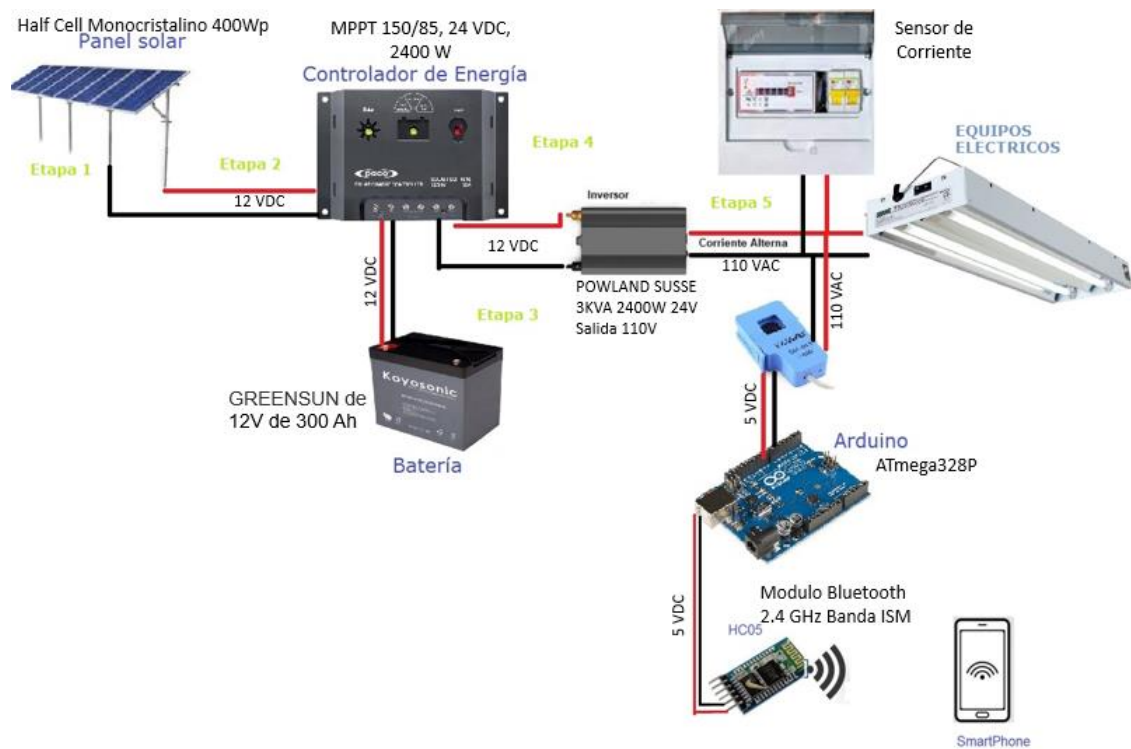


Figura 30. Instalación de los paneles. (Elaboración propia).

En la figura 30 se observa la arquitectura del sistema fotovoltaico, compuesto por 12 paneles solares mono cristalinos conectados en paralelo, en el cual se identifica que las conexiones de los paneles solares se van a enlazar al regulador de carga, el cual es el encargado de recargar el banco de baterías. Además, se observa la conexión de las baterías al inversor, el cual se encarga de convertir el voltaje directo en alterno y finalmente se distribuye las cargas por medio de un conjunto de fusibles. De tal forma, se va a producir la energía eléctrica necesaria para abastecer las necesidades del Comercial Xaviercito. En los siguientes apartados se detalla cada uno de los componentes.

7.1. Potencia Instalada

El Comercial Xaviercito ubicado en la ciudad de Latacunga genera una demanda energética de 10.150 Wh, a un nivel de voltaje monofásico de 120VAC, el consumo diario tomando en cuenta las pérdidas es de 11,28 KW*h/día. La siguiente tabla se muestra la potencia ocupada en el

comercial Xaviercito que correspondería a la potencia que se debería instalar, en función de los equipos con los que cuenta el establecimiento y de la potencia requerida para su funcionamiento; en este caso 1352 W.

Tabla 15. Potencia instalada en el Comercial Xaviercito en base a los paneles solares.

<i>Descripción de equipos</i>	Unidades	Potencia Pico (W) por Unidad	Potencia pico total (W)
<i>Paneles Solares</i>	12	400	4.800

Elaboración propia.

El sistema fotovoltaico propuesto está constituido por 12 módulos fotovoltaicos mono cristalinos conectados en paralelo. La potencia que se va a instalar en el Comercial Xaviercito es de 4800 W.

7.2. Elección de los elementos a instalar en función de la energía

7.2.1. Elección del panel fotovoltaico

Para el diseño fotovoltaico se va a seleccionar el tipo de panel solar a utilizarse. A continuación, se presenta una tabla con cuatro tipos de paneles solares con su respectiva descripción, voltaje, corriente y tecnología.

Tabla 16. Selección del panel fotovoltaico

<i>TIPO</i>	DESCRPCIÓN	VOLTAJE	CORRIENTE	TECNOLOGIA**/
		Voc* / Vmpp*	Isc * / Impp*	Diodos /
				Medidas
<i>Half Cell Monocristalino 400Wp / 12V</i>	Panel fotovoltaico universal para proyectos de gama alta con voltajes de 12 o 24VDC	49.8/24.00	10.36 / 9.6	Mono 72 celulas con 5 Bushbars de 1690 x 1046 mm

Solar, 2020

A continuación se presenta el panel solar seleccionado, siendo el Half Cell Monocristalino 400Wp / 12V, este panel es muy comercial, es adecuado para el tipo de aplicación y permite



A large, white, rectangular battery unit, the Greensun Solar FM300-12, is shown. It has a blue circular overlay in the foreground with the text "12V 300AH". The battery has a grey handle on the left side and a red terminal on top. The label on the front includes the model name "Greensun Solar FM300-12 (12V 300AH10H)", a warning "CAUTION: VOLTAGE REVERSAL DURING RECHARGING AND REVERSE CHARGING", and various safety and recycling symbols. The text "NON-SPILLABLE" is printed on the top right of the battery. The company name "Greensun Solar Energy Tech Co., Limited" is visible at the bottom right of the label.

61

7.3. Estructura Soporte

En este apartado hay que tener en cuenta la función de la estructura del soporte para mantener los paneles solares fijos en la inclinación y orientación elegida de 10° .

Según los cálculos del epígrafe 6.4.3 la estructura debe ser capaz de sujetar 12 paneles por lo que se recomienda que debe ser metálica y de un material resistente anticorrosivo (Greensun Solar, 2021)

A continuación, se muestra una imagen de una estructura inclinada a 10° . Para su instalación se pretende utilizar una configuración 4 x 3 en rectángulo ubicando un panel a lado del otro. Los mismos estarán ubicados en la terraza del comercial, pues es el lugar con mayor recepción de rayos solares. El tamaño de cada panel es 1690 x 1046 mm, por lo que aplicando la configuración indicada en el párrafo anterior se requiere una estructura de 5070 x 4184mm.



Figura 33. Estructura de soporte con inclinación de 10° . (Teknosolar, 2020).

El Comercial Xaviercito posee un espacio de 8.50 metros de ancho por 28 metros de largo donde se van a localizar los 12 paneles solares con las especificaciones estipuladas en el apartado 7.2.1 para abastecer el consumo eléctrico del negocio.

Se presenta el siguiente plano de la configuración de los módulos fotovoltaicos.

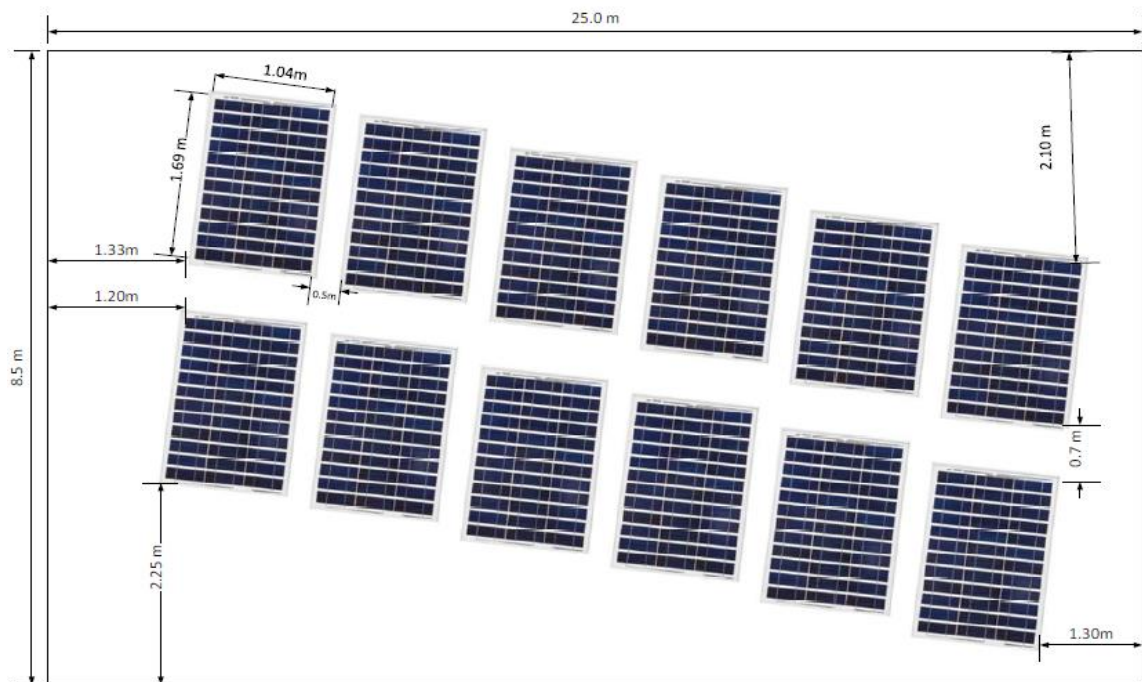


Figura 34. Plano de la ubicación de los paneles solares. (Elaboración propia).

En la figura 34 se presenta la instalación de los 12 paneles solares está dentro de un área de 25x8.50 metros cuadrados los cuales son óptimos para la colocación de los mismos, las separaciones verticales entre paneles tienen 0.5 m colocados en 2 pilas de 6 paneles solares, mientras que las horizontales cuentan con una separación de 0.7 m. Además, se indica la distancian que existen entre los paneles con respecto a al área total de colocación como se muestra la figura 34.

7.4. Inversores

El inversor seleccionado es de marca POWLAND SUSSE 3KVA 2400W 24V OUTPUT 110V, de igual manera el equipo se lo encuentra en el mercado nacional.



Figura 35. Inversor Powland susse. (Powland, 2020).

A continuación, se detalla las características del equipo:

- Inversor de onda sinusoidal pura de 3000 W de 24 V CC a 120 V/110 V CA, control de carga integrado de 60 A Mppt, es un nuevo inversor de carga solar híbrido todo en uno, apto para 20 – 32 VDC plomo ácido (sellado, AGM, gel, inundado) y batería de litio. Soporte de utilidad/generador/carga solar (Powland, 2020).
- Inversor híbrido de 24 V, aplica tecnología avanzada MPPT de carga con una eficiencia del 99,9 % y inversor con tecnología SPWM avanzada de CC a CA que produce energía de onda sinusoidal pura (Powland, 2020).
- Diseño de pantalla LCD y 3 indicadores LED para visualización dinámica de datos del sistema y estado de funcionamiento, ventilador inteligente de velocidad variable para disipar el calor de manera eficiente y extender la vida útil del sistema (Powland, 2020).
- Cuatro modos de carga son opcionales, es decir, Solo solar, prioridad de red, prioridad solar y carga híbrida solar y solar; y dos modos de salida están disponibles, es decir, Inversor y corriente, para satisfacer diferentes requisitos de aplicación (Powland, 2020).

Protecciones completas, incluyendo protección contra cortocircuitos, sobretensión y bajo voltaje, protección contra sobrecarga, protección inversa, etc (Powland, 2020).

8. Análisis económico

El análisis socioeconómico es la resultante de la aplicabilidad de los conceptos de diseño fotovoltaico, funcionalidad, instalación, control y operación. El presupuesto estará cubierto por la cantidad de \$2.500 dólares americanos por parte de los propietarios del Comercial Xaviercito, el porcentaje faltante para cubrir la totalidad del sistema estará financiado por una cooperativa previa a una gestión de autorización.

8.1. Presupuesto

Los elementos que conforman el sistema fotovoltaico autónomo son los que se detallan a continuación:

Tabla 17. Presupuesto total del sistema fotovoltaico autónomo.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDA	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Panel solar Half Cell Monocristalino 400Wp / 12V	12	\$145,00	\$1.740,00
2	Reguladores de carga, MPPT 150/85, 24 VDC, 2400 W	2	\$726,0	\$1.452,00
3	Baterías, 12 VDC, 300ah	25	\$431,52	\$10788,00
4	Inversores marca Powland Susse 3kva 2400w 24v Output 110v	2	\$355,00	\$2.485,00
5	Fusibles, 20 A	4	\$7,87	\$31,48
6	Portafusiles, 2 módulos , 32 A	4	\$10,00	\$40,00
9	Interruptor seccionador, 20 A	4	\$8,00	\$32,00
10	Interruptor automático diferencial bipolar, 120 VAC, 60 Hz	2	\$35,25	\$70,50
11	Cables 20,22, 14 AWG. Colores Negro, Rojo, Verde	3	\$20,00	\$60,00
12	Mano de obra (2 trabajadores)	1	\$400,00	\$400,00

13	Estructura soporte metálica con una dimensión de 5070 x 4184mm.	1	\$72,00	\$72
TOTAL				\$17.170,98

Elaboración propia

En la tabla 18 se indica que el presupuesto aproximado para implementar un sistema fotovoltaico en el Comercial Xaviercito es de \$17.170,98

8.2. Viabilidad económica

Se desarrolla el flujo de efectivo para conocer el valor del VAN y la TIR en donde se describe todos los ingresos de operaciones, según el proyecto planteado se pretende un monto de efectivo de \$20.000,00 destinados para gastos de operación.

El VAN es un método de evaluación de la viabilidad económica de un proyecto, considera el valor del dinero en el tiempo, y es un factor que determina la utilidad posterior a la recuperación de la inversión (Espinoza, 2007).

Para calcular el VAN del presente proyecto, se utilizó la siguiente fórmula:

$$VAN = -l_o + \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t}$$

Dónde:

- l_o = Valor del desembolso inicial de la inversión
- V_t = Flujos de caja en el período t
- n = número de períodos considerado
- k = Tipo de Interés (Espinoza, 2007).

En cuanto al TIR, es la tasa interna de retorno que evalúa una tasa de rendimiento única (Espinoza, 2007). Es decir, la tasa de interés máxima que puede pagar el presente proyecto para generar ganancias y sea rentable.

Para calcular el TIR se utiliza la siguiente ecuación:

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$$

Dónde:

- Fn = flujo de caja en el periodo n .
- n = número de períodos.
- i = valor de la inversión inicial (Espinoza, 2007).

A continuación, se presenta la tabla con los datos correspondientes a las estimaciones del VAN y TIR según el flujo de caja.

Tabla 18. Estimación del VAN y TIR respecto al flujo de caja

<u>Flujo de caja</u>		Año	Año	Año	Año	Año
		1*	2*	3	4	5
<u>Ventas</u>						
Precio Unitario Producto/Servicio (USD/unidad)		0				
Cantidad de ventas de Producto/Servicio (Unidades)		0				
<u>Ingresos</u>						
Ingresos por ventas de productos/servicios	-	-	17.500,00	8.549,11	9.150,01	12.609,31
Ingresos totales		-	17.500,00	8.549,11	9.150,01	12.609,31
<u>Gastos</u>	-					
Módulos fotovoltaicos, 400 W		\$ 1.740,00	1.165,80	781,09	523,33	350,63
Reguladores de carga, MPPT 150/85, 24 VDC, 2400 W		\$ 1.452,00	972,84	651,80	436,71	292,59
Baterías, 12 VDC, 300ah		\$ 10.788,00	7.227,96	4.842,73	3.244,63	2.173,90
Inversores marca Powland Susse 3kva 2400w 24v Output 110v		\$ 2.485,00	1.664,95	1.115,52	747,40	500,76
Fusibles, 20 A		\$ 31,48	21,09	14,13	9,47	6,34
Portafusiles, 2 módulos , 32 A		\$ 40,00	26,80	17,96	12,03	8,06
Interruptor seccionador, 20 A		\$ 32,00	21,44	14,36	9,62	6,45
Interruptor automático diferencial bipolar, 120 VAC, 60 Hz		\$ 70,50	47,24	31,65	21,20	14,21

Flujo de caja		Año	Año	Año	Año	Año
		1*	2*	3	4	5
Mano de obra (2 trabajadores)		\$ 400,00	268,00	179,56	120,31	80,60
Perfiles metálicos en C de 40x80x1000		\$ 72,00	48,24	32,32	21,65	14,51
Limpieza de paneles y tableros (jabón, franelas)		\$ 60,00	\$ 60,00	\$ 60,00	\$ 60,00	\$ 60,00
Medición de parámetros eléctricos y reajuste de conectores		\$ 60,00	\$ 60,00	\$ 60,00	\$ 60,00	\$ 60,00
Mediciones mecánicas		\$ 60,00	\$ 60,00	\$ 60,00	\$ 60,00	\$ 60,00
Total Gastos		17.350,98	11.684,56	7.888,05	5.344,40	3.640,14
Flujo de caja antes de impuestos		(17.350,98)	5.815,44	661,06	3.805,61	8.969,16
Impuesto sobre la Renta		-	-	66,11	380,56	896,92
Flujo de caja neto		(17.350,98)	5.815,44	594,95	3.425,05	8.072,25
Efectivo disponible		2.649,02	8.464,46	9.059,41	12.484,46	20.556,71
VAN	20000,00					
TIR	32%					

Elaboración propia

El Valor actual neto es de \$20.000,00, al ser un valor " $V > 0$ " la inversión del sistema fotovoltaico pretender generar ganancias mayores a la rentabilidad establecida, por ende, el proyecto es aceptable (Espinoza, 2007).

La tasa de retorno con un costo anual del 6% que usualmente se manipula en las instituciones financieras se obtuvo una TIR de 32% sobre la inversión por lo que al ser una tasa mayor a la establecida se puede recomendar la ejecución del proyecto.

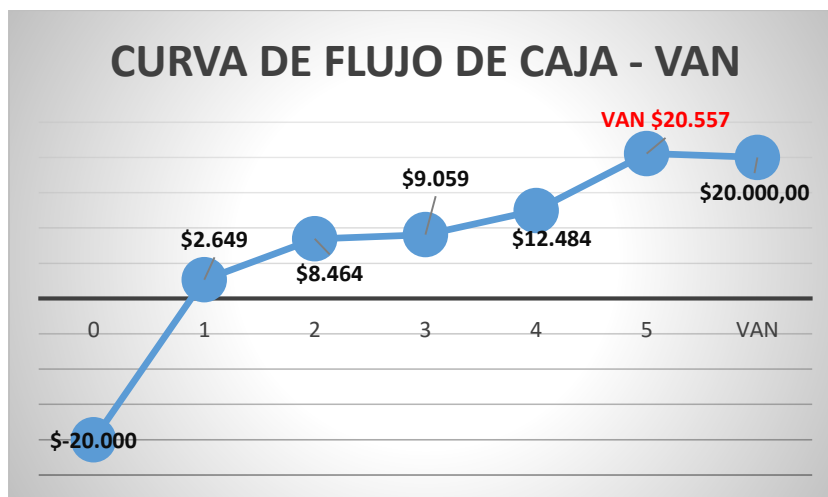


Figura 36. Curva del VAN y TIR. (Elaboración propia).

Se determina que es un proyecto óptimo, ya que, los flujos de caja permiten establecer para cada año un valor actual neto positivo, por ende, es un proyecto totalmente rentable. Se puede observar que año tras año los flujos de caja se elevan debido a que los saldos de operaciones incrementan sus rendimientos económicos.

8.3. Inversión Inicial

La inversión inicial está compuesta por dos fundamentos: la inversión que se relaciona con el efectivo y todos los inventarios que forman parte del proyecto y todos los componentes de activos fijos. Al ser un proyecto técnico se realiza el control de procesos por lo que se debe detallar cada grupo con los rubros pretendidos en la inversión (Espinoza, 2007). A continuación, se presenta una tabla con los valores de la inversión inicial del proyecto:

Tabla 19. Inversión Inicial

INVERSION INICIAL	
Efectivo	\$2.500,00
Prestamos	\$17.500,00
TOTAL, CORRIENTE	\$20.000,00

Elaboración propia.

La inversión inicial requerida para iniciar el proyecto será de \$20.000 dólares americanos, los cuales se obtendrán mediante préstamos y ahorros de los propietarios del “Comercial Xaviercito”; con esto se cubre el presupuesto calculado de \$17.170,98 para su instalación y además se cubre gastos adicionales que podrían surgir debido a la instalación, transporte o costos de exportación de los materiales.

8.4. Ahorro energético

Para conocer el ahorro energético se calculará la energía producida por el sistema fotovoltaico mensualmente y anual y se obtendrá la diferencia con el consumo en el mismo tiempo teniendo en cuenta el costo por KWh (Grijalva & Mosquera, 2020).

$$\text{Energía Total Producida} = E_d = \frac{kWh}{\text{día}}$$

$$\text{Energía mensual producida} = 11,28 \frac{kWh}{\text{día}} * 30 \text{ dias}$$

$$\text{Energía mensual producida} = 338,4 \text{ KWh/mes}$$

$$\text{Energía anual producida} = 338,4 \frac{KWh}{\text{mes}} * 12 \text{ mes}$$

$$\text{Energía anual producida} = 4060,8 \frac{KWh}{\text{año}}$$

Se tiene como resultado un total de energía producida 4060,8 KWh/año

$$\text{Consumo diario} = 11,28 \text{ KWh/día}$$

$$\text{Consumo mensual} = 11,28 \text{ KWh/dias} * 30 \text{ dias}$$

$$\text{Consumo mensual} = 338,4 \text{ KWh/mes}$$

$$\text{Consumo anual} = 338,4 \frac{KWh}{\text{mes}} * 12 \text{ meses}$$

$$\text{Consumo anual} = 4.060,8 \frac{KWh}{\text{año}}$$

Se presenta a continuación el ahorro diario en base al costo por KWh de \$0,09 dólares (CNEL, 2020).

$$\text{Ahorro mensual} = \text{ahorro generado} * \text{valor en dolares del kwh}$$

$$\text{Ahorro mensual} = 338,4 \text{ KW} * 0,09 \text{ dolares}$$

$$\text{Valor ahorrado mensual} = \$30,45 \text{ dolares}$$

$$\text{Valor ahorrado anual} = \$30,45 * 12 \text{ meses}$$

$$\text{Valor ahorrado anual} = \$365,47 \text{ dolares}$$

El sistema fotovoltaico utilizado se encuentra en capacidad de generar 338,4kWh/mes, el valor promedio de consumo del “Comercial Xaviercito” es de 225KWh/mes, por lo cual no requeriría de otro tipo de energía y por el contrario estaría en capacidad de abastecer la demanda. Representando un ahorro de \$365,47 dólares anuales.

8.5. Coste de mantenimiento

Se ha establecido costos anuales de los rubros que sirven para para el adecuado mantenimiento del proyecto, se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 20. Costo anual de mantenimiento mensual

Descripción	Frecuencia	Cantidad	P. Unitario \$	P. Total \$
Limpieza de paneles y tableros (jabón, franelas)	Mensual	1	5	5
Medición de parámetros eléctricos	semanal	1	5	5
Mediciones mecánicas	Reajuste de vibraciones mecánicas	1	5	5
			TOTAL	\$ 15

Elaboración propia.

En la tabla 21 se establece que el monto de mantenimiento es de 15 dólares mensuales, al año son 180 dólares en mantenimiento del sistema fotovoltaico.

9. Análisis medioambiental

Entre las principales ventajas de emplear energía solar es la disminución de las emisiones de CO₂ a la atmósfera, ya que producen energía eléctrica de manera limpia (Ramos & Luna, 2014).

Para calcular el consumo energético se empleará la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo energético} = \text{consumo eléctrico} \frac{kWh}{\text{año}} * \frac{1Nm^3}{10,70kWh}$$

Dónde:

- $\text{Consumo eléctrico} = 4.060,8 \frac{kWh}{\text{año}}$

El valor de consumo energético se obtuvo en el apartado 8.4 ahorro energético para determinar las reducciones de CO₂ en el “Comercial Xaviercito”

Para calcular las emisiones de CO₂ a la atmósfera se empleará la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones del CO}_2 = \text{Consumo energético } m^3 * 2,15 \frac{kg}{Nm^3}$$

A continuación, se detalla los $kg \text{ de } \frac{CO_2}{\text{año}}$ que el Comercial Xaviercito dejará de emitir a la atmósfera al emplear este tipo de energía renovable.

9.1. Emisiones de CO₂ sin el sistema fotovoltaico

A continuación, se detallan los cálculos de las emisiones de CO₂ sin el uso del sistema fotovoltaico. El consumo energético se calculó en el apartado 8.4 referente al ahorro energético del “Comercial Xaviercito”

$$\text{Consumo energético} = 4060,8 \frac{kWh}{\text{año}} * \frac{1Nm^3}{10,70kWh}$$

$$\text{Consumo energético} = 379,51 m^3 \text{ de gas natural/año}$$

$$\text{Emisiones del CO}_2 = 379,51 m^3 * 2,15 \frac{kg}{Nm^3}$$

$$\text{Emisiones del CO}_2 = 815,96 kg \text{ de CO}_2/\text{año}$$

Actualmente las emisiones de CO₂ del Comercial Xaviercito son de aproximadamente 815,96 $kg \text{ de CO}_2/\text{año}$.

9.2. Emisiones de CO₂ con el sistema fotovoltaico

A continuación, se detallan los cálculos de las emisiones de CO₂ posterior a la implementación del sistema fotovoltaico.

$$\text{Consumo energético} = 4060,8 \frac{kWh}{\text{año}} - (10,15 \text{ KW} * \frac{h}{\text{dia}} * 365 \text{ días})$$

$$\text{Consumo energético} = (4060,8 - 3704,8) \text{ KW}$$

$$\text{Consumo energético} = 355,25 \frac{kWh}{\text{año}}$$

$$\text{Consumo energético} = 355,25 \frac{kWh}{\text{año}} * \frac{1Nm^3}{10,70kWh}$$

$$\text{Consumo energético} = 33,20 \text{ m}^3 \text{ de gas natural/año}$$

$$\text{Emisiones del CO}_2 = 33,20 \text{ m}^3 * 2,15 \frac{kg}{Nm^3}$$

$$\text{Emisiones del CO}_2 = 71,38 \text{ kg de CO}_2/\text{año}$$

Al implementar el sistema fotovoltaico en el Comercial Xaviercito las emisiones de CO₂ serán de 71,38 kg de CO₂/año.

9.3. Ahorro de emisiones de CO₂

Mediante los cálculos establecidos el ahorro de emisión concierne a:

$$\text{Ahorro de emisión} = 815,96 \text{ kg de } \frac{CO_2}{\text{año}} - 71,38 \text{ kg de CO}_2/\text{año}$$

$$\text{Ahorro de emisión} = 744,257 \text{ kg de } \frac{CO_2}{\text{año}}$$

El comercial Xaviercito al instalar el diseño fotovoltaico va a producir un ahorro de 744.257 kg de CO₂ anuales lo que es igual a 0,744257 toneladas de CO₂ anuales.

10. Resultados

Con el desarrollo de la presente investigación se observó que la energía fotovoltaica a más de considerarse como un tipo de energía limpia y renovable tiene la capacidad suficiente para abastecer a un negocio que requiere y utiliza equipos eléctricos durante todo el desarrollo de sus actividades.

10.1.Demanda de energía (Objetivo 1)

La demanda de energía del “Comercial Xaviercito”, se calculó mediante el pago de las planillas de consumo eléctrico emitidas por la empresa Elepco S.A.

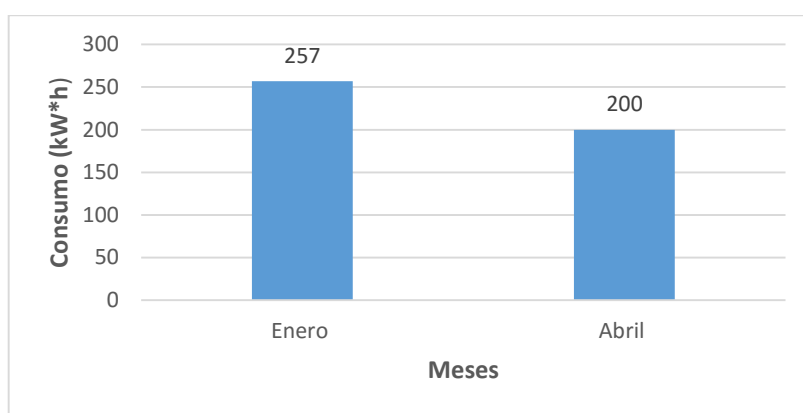


Figura 37 .Consumo energético del "Comercial Xaviercito". (Elaboración propia).

Según el historial de consumo eléctrico en los años 2020 y 2021 del comercial “Xaviercito” se establece que el mes de mayor consumo es enero con un promedio de 257 kW-h/mes, debido a las actividades comerciales consideradas como críticas y al incremento de pedidos; mientras que el mes con el menor consumo de energía eléctrica es abril con un promedio de 200 kW-h/mes, debido a la reducción en las ventas.

Tabla 21. Consumo energético diario del "Comercial Xaviercito" en el año 2021.

	Meses	Consumo diario (kW*h)
AÑO 2021	Enero	10,15
	Febrero	8,46
	Marzo	8,96
	Abril	7,81

Elaboración propia.

El consumo energético máximo diario corresponde al mes de enero con un valor de 10,15 (kW*h/día), este corresponde a un parámetro de entrada para el diseño del sistema fotovoltaico, pues en este valor se basa el balance energético.

10.2.Cargas y dimensiones del sistema fotovoltaico (Objetivos 2, 3, 4 ,5 y 6)

A continuación, se presenta una tabla resumen con los valores calculados en función de las variables y parámetros de entrada.

Tabla 22. Valores calculados para el desarrollo del sistema fotovoltaico.

Ítem	Valor/Unidades
Demanda energética del comercial	11,28 KW * h/día
Potencia del Generador Fotovoltaico	5,784 KW
Número de paneles solares	12
Sistema de acumulación (Baterías)	7385,71 Ah 2251,74 kWh
Número de baterías del panel solar	25 baterías de 12V de 300 Ah.
Cálculo de los reguladores de carga	2
Cálculo del inversor del panel solar	2
Cálculo de los conductores eléctricos del sistema de la corriente continua.	Cable AWG 14, 20, 22
Cálculo del ángulo de inclinación de los paneles solares	$\beta = 4,33^\circ$
Energía eléctrica anual producida a partir del sistema fotovoltaico	$E_a = 4.117,2 kWh$

Elaboración propia.





Como se observa en la tabla 23 la energía anual producida a partir del sistema fotovoltaico es $E_a = 4.117,2 kWh$ lo que representa un ahorro en relación de costos en comparación con la


energía eléctrica, ya que, mensualmente se estaba pagando en promedio \$30 mensuales por consumo energético, sin embargo, al implementar el sistema fotovoltaico se genera un ahorro económico evidente.

10.3.Elementos para instalar del sistema fotovoltaico (Objetivo 7).

Se presenta una tabla donde se resumen los elementos que se van a instalar en el sistema fotovoltaico con sus respectivas características.

Tabla 23. Elementos para instalar en el sistema fotovoltaico

Elementos	Cantidad	Característica/Marca	Foto
Paneles Solares	12	Half Cell Monocristalino 400Wp / 12V	
Baterías	25	GREENSUN de 12V de 300 Ah	
Reguladores de carga	2	MPPT 150/85, 24 VDC, 2400 W	
Inversores	2	POWLAND SUSSE 3KVA 2400W 24V OUTPUT 110V	

Estructura soporte	1	Metálica de material anticorrosivo con una dimensión de 5070 x 4184mm.	
--------------------	---	--	---

Elaboración propia.

10.4. Análisis económico (Objetivo 8).

En base a los datos obtenidos del sistema fotovoltaico a implementarse en el “Comercial Xaviercito”, se realizó un análisis económico y se obtuvo los siguientes resultados en la presente tabla:

Tabla 24. Resultados del análisis económico

Ítem	Valor
Inversión Inicial	\$20000,00
Presupuesto del diseño fotovoltaico	\$17170,98
Mantenimiento anual del sistema fotovoltaico	\$180,00

Elaboración propia.

Se realizó un presupuesto de materiales y equipos, en donde se manifestó la necesidad de solicitar un préstamo para la adquisición de estos, pues el valor del presupuesto inicial para instalar el diseño fotovoltaico en el “Comercial Xaviercito” ronda los \$17170 dólares americanos, además se debe sumar los gastos de mantenimiento que son relativamente bajos y no superan los \$180 anuales.

Por otro lado, para calcular la viabilidad del proyecto se desarrolló un análisis VAN que es un método de evaluación de la viabilidad económica que considera el valor del dinero en el tiempo, y es un factor que determina la utilidad posterior a la recuperación de la inversión. Y se calculó el TIR para determinar la tasa de interés máxima que puede pagar el presente proyecto para generar ganancias y sea rentable.

A continuación, en la presente tabla se resumen los resultados del VAN y TIR:

Tabla 25. Resultados VAN y TIR

Ítem	Valor	Significado	Criterio
VAN	VAN > 0 (\$20000,00)	La inversión es rentable y va a generar ganancias	Se recomienda ejecutar el proyecto.
TIR	32%	Tasa máxima de interés	Es el interés máximo que puede pagar el proyecto

Elaboración propia.

Los resultados mostraron un valor “ $V > 0$ ”, por ende, la inversión del sistema fotovoltaico generará ganancias mayores a la rentabilidad establecida, siendo un proyecto aceptable. Además, se determinó una tasa de retorno con un costo anual del 6% que usualmente se manipula en las instituciones financieras obteniendo un TIR de 32% sobre la inversión, por lo que al ser una tasa mayor a la establecida se puede recomendar la ejecución del proyecto.

10.5. Emisiones de CO₂ (Objetivo 9).

Mediante la aplicación de los cálculos correspondientes se obtuvo las emisiones de CO₂ actuales del “Comercial Xaviercito” y las emisiones de CO₂ aproximadas con la implementación diseño fotovoltaico.

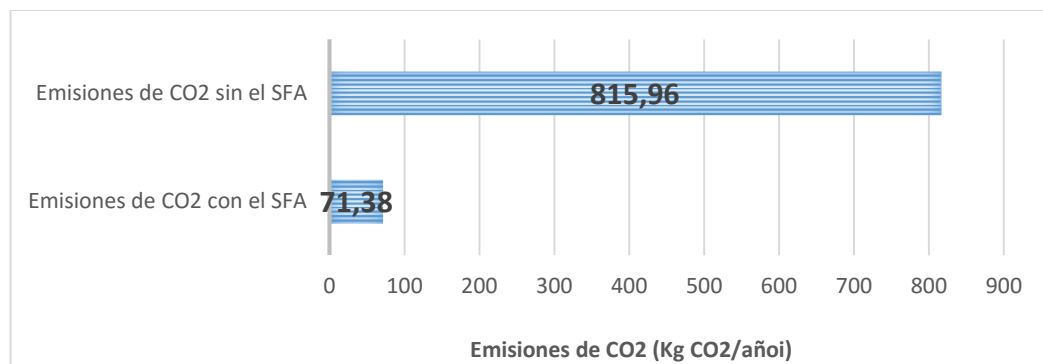


Figura 38. Emisiones de CO₂ del "Comercial Xaviercito". (Elaboración propia).

En la figura 38 se indica que actualmente el comercial Xaviercito genera 815,96 *kg de CO₂/año* valor que con la instalación del sistema fotovoltaico autónomo (SFA) se reducirá a 71,38 *kg de CO₂/año*. Con lo que se determina que el sistema contribuye a una reducción significativa de emisiones contaminantes de CO₂, convirtiéndole en el primer Comercial amigable con el ambiente en la ciudad de Latacunga.

11. Conclusiones

- La energía fotovoltaica es aquella que se consigue directamente de la radiación del sol y que puede transformarse directamente en energía eléctrica mediante paneles solares que receptan el movimiento de electrones, en Ecuador su utilización se reduce al 0,36%, debido a la carencia de reformas que apoyen su utilización. Este tipo de energía es renovable y limpia, además de reducir las emisiones de CO₂. Para la implementación de un sistema fotovoltaico se requiere un análisis referente a localización, condiciones climáticas y demanda energética; además, que debe considerar variables dependientes e independientes para el desarrollo de modelos matemáticos que identifiquen la capacidad de producción del sistema fotovoltaico, previo a su instalación.
- Con la presente investigación se diseñó un sistema fotovoltaico capaz de abastecer las necesidades energéticas del comercial “Xaviercito”, quienes habrían registrado un consumo energético de 10,17 kWh/día; representando gastos adicionales a sus ingresos. Sin embargo, con la implementación de este sistema, el negocio puede acceder a 11,28 kWh/día que es la capacidad de producción del sistema fotovoltaico. En este sistema de producción de energía los gastos de mantenimiento son mínimos y se reducen a \$180 anuales, entre las actividades a realizar se encuentra la comprobación y revisión del sistema eléctrico y mecánico; además de eliminación de polvo y sombras de los paneles solares. Otra característica importante de este sistema fue la reducción de 744,58 kg CO₂/año; demostrando que este tipo de energía es limpia y no contaminante con el medio, por lo menos no al nivel de energías fósiles. Como aspecto negativo podría considerarse el precio de los equipos requeridos para la instalación, pues según lo calculado se requiere de \$17.170 para su implementación.
- Con la investigación y el modelo aplicado se afirma la hipótesis considerada en un inicio, pues el sistema fotovoltaico diseñado no solo es capaz de suministrar la energía requerida para el desarrollo de las actividades del comercial “Xaviercito”, representando un ahorro total en lo referente a gastos por consumo eléctrico. Con este sistema el negocio ahorraría \$30,45 en consumo y estaría en capacidad de

generar \$365,47 al año si lograse suministrar esta energía a casas o negocios aledaños al lugar.

- El objetivo general y los objetivos específicos se cumplieron en su totalidad pues una vez aplicado el balance energético se determinó que para la instalación del sistema fotovoltaico se requiere de 25 baterías de 12 VDC, 2 inversores y dos reguladores de potencia, en cuanto al número de paneles se establecieron en 12 de 1690 x 1046 mm; los cables dependerán de la sección a conectar, pero se definieron en AWG número 14, 20 y 22. Pese a que la inversión inicial requiere de un efectivo de \$2500 y un préstamo de \$17.500 la viabilidad del proyecto se considera positiva, pues el sistema la inversión del sistema fotovoltaico pretender generar ganancias mayores a la rentabilidad establecida, por ende, el proyecto es aceptable; además, la tasa de retorno con un costo anual del 6% que usualmente se manipula en las instituciones financieras se obtuvo una TIR de 32% sobre la inversión por lo que al ser una tasa mayor a la establecida se puede recomendar la ejecución del proyecto.
- Para futuras investigaciones se dejaría a consideración la posibilidad de suministrar energía a la red, o a un conjunto de negocios o viviendas; pues en el estudio se observa que el sistema fotovoltaico instalado genera el triple de energía requerida, lo que podría afectar a las baterías, al no tener como acumular más energía. Además, considerar la posibilidad de bajas energéticas, pues el estudio se realiza en condiciones óptimas, en donde se contará con al menos 4 horas de sol que permitan el funcionamiento continuo del sistema y en especial de los paneles solares, y la temperatura ambiente supere los 20 °C; condición que puede variar en función del tiempo y que es fundamental en el diseño, pues de no cumplirse dichas condiciones, la cantidad de energía generada podría reducirse y no abastecer a las necesidades del negocio.

Referencias Bibliográficas

- Abella, M. A. (2014). Dimensionado de sistemas fotovoltaicos. *Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas*. Tesis para optar al título de maestría, Departamento de Energías Renovables. Escuela de organización industrial.
- André, F. J., De Castro, L. M., & Cerdá, E. (2012). Las energías renovables en el ámbito internacional. *Cuadernos económicos de ICE*, 83, 11-36.
- Aguilera, J., Hontoria, L., & Muñoz, F. J. (2011). Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos. *Grupo Idea, Departamento de electrónica, Escuela politécnica superior, Universidad de Jaén*.
- Blix, H. (2016). Las necesidades energéticas del mundo y la opción nucleoelectrica . *BOLETÍN DEL OIEA*, 38-43
- Barberá, D. (2017). *Introducción a la Energía fotovoltaica*. Buenos Aires: Centinela.
- Banco de Desarrollo de América latina. (2015). *Energía Solar: tipos de generación en América Latina*. CAF.
- BID Invest. (2017). *Cuatro países que lideran en energía solar en América Latina y el Caribe*. New York: Inter-American Investment Corporation.
- Cata, J., & Mijail, R. (2015). *Análisis matemático de un panel solar fotovoltaico de silicio*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador.
- Cordero, W. P. A. (2021). *Optimización en dimensionamiento y control energético de sistemas híbridos de energías renovables en Ecuador* (Doctoral dissertation, Universidad de Jaén).
- Correa Álvarez, P. F., González González, D., & Pacheco Alemán, J. G. (2016). Energías renovables y medio ambiente: su regulación jurídica en Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(3), 179-183
- Dávila, M. (2020). *Estudio de técnicas invasivas y no invasivas para evaluar el deterioro de*. Cuenca: UNIVERSIDAD DE CUENCA.
- El comercio. (5 de Enero de 2021). *El Comercio*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/tendencias/tecnologia/pimampiro-se-transforma-energia-solar.html>

- ELEPCOSA. (2021). *FACTURACION SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO*. Obtenido de <https://facturas.elepcosa.com.ec/FEE/XML2021/202104/060632PC/0500868435000/F001020009985956.pdf>
- Ferro, G. (2016). *Circuitos Trifásicos*. Mar del Plata: Universidad Mar del Plata..
- Grijalva, C., & Mosquera, F. (2020). *Estudio e implementación de un sistema fotovoltaico*.
- Google maps. (2020). *Comercial Xaviercito*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/COMERCIAL+JAVIERCITO/@-0.9377466,-78.6128057,17z/data=!4m8!1m2!2m1!1sComercial+Javiercito+calles+Quijano+y+Ord%C3%B1ez+N%C2%B0+1-181,+en+la+ciudad+de+Latacunga,!3m4!1s0x91d461eea108f851:0xf1a86ed679ed94ef!8m2!3d-0.937746>
- Herrera Vaca, L. E. (2018). *Diseño del sistema de generación eléctrica conectado a la red utilizando paneles fotovoltaicos para el autoconsumo del complejo deportivo PLATAFORMA DEPORTIVA ubicada en el cantón Latacunga Provincia de Cotopaxi* (Master's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).).
- Hernández Romero, A. (2016). *Análisis económico de un sistema de almacenamiento para la disminución de desvíos de producción en un parque eólico*. Universidad de Sevilla.
- Jiménez, D. (2019). *Diseño de un sistema de alumbrado led a través de energía fotovoltaica para brindar niveles de calidad de iluminación en el parqueadero nº 1 de la universidad técnica de Cotopaxi* (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).).
- Lagos Gómez, F. V. (2015). *Sistema Fotovoltaico para el ahorro de energía eléctrica en el servicio de alumbrado general de Condominios*.
- López, H. R., Puente, R. L., Bon, R., & Moller, D. (2014). *Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el área de estacionamiento de la Universidad Tecnológica de Salamanca*. Universidad de Salamanca.
- Mejía, E. (2019). *Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica*. *Revista Científica Pakamuros*, 7(2), 73-88.


- Mesa, L., Sanabria, C., & Pérez, W. (2015). Diseño de un Sistema solar fotovoltaico autónomo para una institución educativa rural en el municipio de Páez–Boyacá.
- Mosquera Palacios, O. F. (2017). *Evaluación del potencial solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en la unidad educativa Juan Abel Echeverría de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi. Propuesta de diseño de un sistema fotovoltaico autosustentable* (Master's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).).
- Nandwani, S. (2015). *Energía Solar: conceptos básicos y su utilización* . Costa Rica: Universidad Nacional de Costa Rica.
- Renovables, E. (2014). Energías renovables. *España: Haya comunicación para todos*.
- Roldán Chiriboga, P. J. (2009). *Evaluación de las energías renovables no convencionales factibles de desarrollarse en el Ecuador* (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2009).
- Santamarta, J. (2004). Las energías renovables son el futuro. *World Watch*, 22(3440.16).
- Samaniego, M. R. P., & Abad, J. L. E. (2015). Energías renovables en el Ecuador. *Situación actual, tendencias y perspectivas, 1*.
- Schallenberg Rodríguez, J. C., Piernavieja Izquierdo, G., Hernández Rodríguez, C., & Unamunzaga Falcón, P. (2008). Energías renovables y eficiencia energética. *Revista Científica Pakamuros*, 7(2), 73-886
- Style, O. (2012). *Energía Solar Autónoma: Planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo*. Oliver Style.
- Peláez, M., & Espinoza, J. (2015). *Energías Renovables en el Ecuador*. Cuenca : Universidad de Cuenca.
- Peñafiel, E. (2007). *Energía solar fotovoltaica*. FC Editorial.
- Proaño, X. (2014). *Radiación solar en Latacunga y su impacto en la generación de energía eléctrica a través de un sistema fotovoltaico*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Quezada, J. (2015). *“METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN DE LÍNEAS DE*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.

- Ramos, C. (2017). *Análisis de un convertido DC/DC destinado al almacenamiento híbrido de energía*. Obtenido de http://oa.upm.es/48060/1/TFG_CRISTINA_RAMOS_FLORES.pdf
- Style, O. (2012). *Energía Solar Autónoma: Planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo*. Oliver Style.
- Universidad de Chile. (2016). *Sistemas fotovoltaicos en Arquitectura y Urbanismo*. Chile: Revista de Urbanismo.
- Vargas, K. (2015). *Homologación de precios unitarios para la construcción de redes eléctricas aéreas de distribución en el Ecuador*. Quito: CEPAC.
- Velasco, J. G. (2009). *Energías renovables*. Reverte.
- Viñas, L. P. (2013). Dimensionado de sistemas fotovoltaicos. *Profesor del departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica de Cataluña*.
- WORLD ENERGY TRADE. (2019). *Avances de la instalación fotovoltaica en Latinoamérica*. World Bank .


Bibliografía

- Aronescu, A., & Appelbaum, J. (2017). Design optimization of photovoltaic solar fields-insight and methodology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 882-893.
- Cano, A., Arévalo, P., & Jurado, F. (2020). Energy analysis and techno-economic assessment of a hybrid PV/HKT/BAT system using biomass gasifier: Cuenca-Ecuador case study. *Energy*, 202, 117727.
- Icaza, D., Córdova, F., & Avila, M. (2018, December). Modeling and Simulation of a Solar System in the Quingeo Church in Ecuador. *In 2018 International Conference on Smart Grid (icSmartGrid) (pp. 158-163). IEEE.*
- Molina, m. G., & juanico, I. E. (2010). Dynamic modelling and control design of advanced photovoltaic solar system for distributed generation applications. *Journal of electrical engineering: theory and application (jeeta)*, 1(3), 141-150.
- Mantuano, J. L. S., Vera, M. J. C., & Cedeño, E. N. (2019). Factors of photovoltaic system cost affect in Ecuador. *International Research Journal of Engineering, IT and Scientific Research*, 5(6), 1-11.
- Pérez, A. V. P., Borges, C. G. R. B., & Rodríguez, J. A. P. R. (2019). Photovoltaic system proposal for a house. *International Journal of Physical Sciences and Engineering*, 3(2), 34-43.
- Ríos, a., guamán, j., vargas, c., & garcía, m. (2017). Design, dimensioning, and installation of isolated photovoltaic solar charging station in tungurahua, ecuador. *International journal of renewable energy research*, 7(1), 235-242.

ANEXO A. Facturación del servicio eléctrico y alumbrado público del Comercial Xaviercito.



EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A. ELEPCOSA
 R.U.C.: 0590042110001
 DIR. MATRIZ: MARQUES DE MAENZA 5-44 Y QUIJANO Y ORDONEZ
 TELEFONO: 032994440
 AGENTE DE RETENCION - CONTRIBUYENTE ESPECIAL NRO.: 4519
 OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD : SI
 FACTURA No.: 001-020-009809173 FORMA DE PAGO : Efectivo
 AUTORIZACIÓN : 3103202101059004211000120010200098091732005091114
 MES DE CONSUMO: MARZO/2021 --- FECHA DE EMISIÓN : 2021-03-31 FECHA DE VENCIMIENTO : 2021-04-20

*** DESCARGUELA AQUI ***


INFORMACION DEL CONSUMIDOR

Razón Social/Apellidos y Nombres:
 RUC o Cédula de Ciudadanía :
 Dirección de Servicio: A.CLAVIJO Y F.VALENCIA
 Dirección de Notificación: A.CLAVIJO Y F.VALENCIA
 Correo Electrónico: Cliente NO registra correo electrónico
 Provincia: COTOPAXI Cantón: LATACUNGA
 Cliente: Cuenta:
 Lectura Anterior: 69,179 ~ 2021-03-01 Lectura Actual: 69,421 ~ 2021-03-31 Consumo en KWH.: 242 Días: 31


Código Unico Eléctrico Nacional: 0600033574


 Parroquia: La Matriz Geocódigo: 001-FAE-131-00840
 Medidor: Tarifa: C -> Comercial

FACTURACION SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PUBLICO

CONCEPTO	VALOR UNITARIO	IMPUESTO	VALOR TOTAL
Consumo	\$ 22.26	\$ 0.00	\$ 22.26
Comercializaci	\$ 1.41	\$ 0.00	\$ 1.41
Tasa de Alumbrado Pblico	\$ 4.04	\$ 0.00	\$ 4.04
SUBTOTAL SERVICIO ELECTRICO (A):			\$ 27.71
SUBTOTAL 12%			\$ 0.00
SUBTOTAL 0%			\$ 27.71
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS			\$ 27.71
IVA 12%			\$ 0.00
(A) SERVICIO ELECTRICO (FACTURA)			\$ 27.71
(+C) VALORES PENDIENTES			\$ 0.00
(D) TOTAL SERVICIO ELECTRICO			\$ 27.71

HISTORICO DE CONSUMO MENSUAL





*** SUBSIDIOS DEL GOBIERNO ***	
TARIFA DE LA DIGNIDAD	\$ 0.00
COCCION ELECTRICA:	\$ 0.00
CALENTAMIENTO DE AGUA:	\$ 0.00
SUBSIDIO TARIFA ELECTRICA:	\$ 13.91
TOTAL AHORRO:	\$ 13.91

Fuente: (ELEPCOSA, 2021)

ANEXO B. Costo de materiales y equipos

Panel Solar 400W PERC Monocristalino ERA



144,95€ SIN IVA
119,79 €

★★★★★
85 Opiniones

Envío: Gratuito en compras superiores a 150€, inferiores 7,5€

Entrega: Recíbelo el jueves 24 de junio en pedidos antes de las 15h >

Fabricante: ERA | Cod. Artículo: 1002119

Cantidad: - 1 +

Financiación: [Calcular cuota](#)

Extras del producto: Compensamos la energía a **8 cents/kWh**

AÑADIR AL CARRITO **COMPRAR**

Regulador MPPT 150V 85A Victron Smart Solar



726,00€ SIN IVA
600,00 €

☆☆☆☆☆

Envío: Entrega gratuita en España!

Fabricante: Victron | Cod. Artículo: 2008096

Cantidad: - 1 +

Financiación: [Calcular cuota](#)

AÑADIR AL CARRITO **COMPRAR**



Pasa el mouse encima de la imagen para aplicar zoom

Batería de alta potencia de plomo de carbono, 12 V, 100 Ah, 200 Ah, 300 Ah, 400 Ah, sistema de energía solar, batería recargable

Marca: SHUNBIN

★★★★☆

1 calificación | 4 preguntas respondidas

No disponible por el momento.

No sabemos si este producto volverá a estar disponible, ni cuándo

Tamaño: **12V 300ah ×1pcs**

12V 100ah ×1pcs
1 opción desde US\$ 499.00

12V 200ah ×1pcs
1 opción desde US\$ 699.00

12V 300ah ×1pcs
1 opción desde US\$ 899.00

12V 400ah ×1pcs
1 opción desde US\$ 999.00

Cantidad de baterías 1 12V necesaria(s), incluida(s)

Marca SHUNBIN

Composición de las celdas de la batería Zinc-carbono

Recuento de unidades 1 Count



Pasa el mouse encima de la imagen para aplicar zoom

Powland 3KVA 24VDC 110 V 120 V Grid Tie inverter solar 2000 W 80A MPPT carga solar pura onda sinusoidal híbrido inverter 40A carga CA

Visita la tienda de POWLAND

★★★★☆

4 calificaciones | 14 preguntas respondidas

No disponible por el momento.

No sabemos si este producto volverá a estar disponible, ni cuándo.

- Modo híbrido o apagado disponible. Salida de 110 V/120 V adecuada para su uso en Estados Unidos, Canadá y Puerto Rico, etc. Carga de 50 Hz y 60 Hz soportada a través del programa LCD.
- Cargador solar MPPT de 3 etapas de 80 A con salida de hasta 2000 W de PV. Entrada máxima de 145 V Voc y rango MPPT de 30 V-115 V. Cargador de utilidad integrado de hasta 60 A.
- El programa LCD de funciones completas permite a los usuarios acceder a una amplia variedad de ajustes.
- Funcionamiento en paralelo soporta hasta 9 unidades, en una sola fase, fase dividida o operación de tres fases (kit paralelo necesario para cada unidad, se vende por separado). Otras características útiles incluyen contacto seco de arranque de genset integrado (generadores de tipo inverter necesarios con función de arranque remoto) y software de monitoreo incluido en sistema operativo multiplataforma (Windows, Mac y Linux).
- Nuestro producto tiene un año de garantía, durante este período, si hay algún problema con la máquina, le proporcionaremos la pieza de repuesto gratis, sólo necesita pagar por el envío. Contamos con ingenieros uno a uno para proporcionarte el mejor servicio posventa y te proporcionaremos todo el soporte técnico

🔌 Fusible 20A



S/.7,87

SIN IGV
S/. 6,67



Envío: Envío gratuito a provincias por más de S/. 500

Entrega: Recójalos el viernes 25 de junio en agencia Marvisur o Shalom de provincias

Fabricante: Autosolar | Cod. Artículo: 5504028

Cantidad: - 1 +

AÑADIR AL CARRITO

COMPRAR