

Sistema fotovoltaico conectado a red para disminuir la demanda energética en horario diurno en una vivienda de la comunidad Cañales



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4.2221>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de investigación

Sistema fotovoltaico conectado a red para disminuir la demanda energética en horario diurno en una vivienda de la comunidad Cañales

Photovoltaic system connected to the grid to reduce energy demand during daytime hours in a home in the Cañales community

Sistema fotovoltaico conectado a red para reducir a demanda de energia durante o dia em uma casa na comunidade de Cañales

Jorge Javier Sánchez-Acosta ^I
jsanchez4412@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-3772-3814>

María Rodríguez-Gómez ^{II}
maria.rodriguez@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-3178-0946>

Correspondencia: jsanchez4412@utm.edu.ec

***Recibido:** 31 de agosto de 2021 ***Aceptado:** 30 de septiembre de 2021 * **Publicado:** 12 de octubre de 2021

- I. Ingeniero Eléctrico, Estudiante de Maestría Académica con Trayectoria de Investigación en Electricidad, Mención Sistemas Eléctricos de Potencia, Instituto de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador.
- II. Doctorado en Estrategias y Planificación, Docente en la Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias, Matemáticas, Físicas y Químicas, Carrera de Ingeniería Eléctrica, Portoviejo, Manabí, Ecuador.

Resumen

Se realiza la propuesta de introducción de la tecnología fotovoltaica en una vivienda ubicada en la comunidad Cañales del sector Bijahual de la parroquia Abdón Calderón del cantón Portoviejo, con el objetivo de aprovechar recursos locales, disminuir la demanda energética en horario diurno, mejorar la calidad, la eficiencia energética, reducción del costo por consumo energético y reducir los niveles de CO₂ emitidos a la atmósfera. El método de investigación empleado fue el estudio de campo, el inductivo-deductivo, se utilizaron diferentes herramientas informáticas para conocer la zona de estudio, el potencial solar y diseñar el sistema. Se obtuvo como resultado la simulación del sistema fotovoltaico, la cantidad de energía que produce el sistema, la cantidad de CO₂ que se deja de emitir a la atmósfera y los impactos asociados a la generación fotovoltaica en lo social, económico y ambiental.

Palabras claves: Eficiencia energética; potencial solar; energía fotovoltaica; desarrollo sostenible.

Abstract

The proposal is made to introduce photovoltaic technology in a house located in the Cañales community of the Bijahual sector of the Abdón Calderón parish of the Portoviejo canton, with the aim of taking advantage of local resources, reducing energy demand during daytime hours, improving quality, energy efficiency, reducing the cost of energy consumption and reducing the levels of CO₂ emitted into the atmosphere. The research method used was the field study, inductive-deductive, different computer tools were used to know the study area, the solar potential and design the system. The result was the simulation of the photovoltaic system, the amount of energy that the system produces, the amount of CO₂ that is no longer emitted into the atmosphere, and the social, economic and environmental impacts associated with photovoltaic generation.

Keywords: Energy efficiency; solar potential; photovoltaic energy; sustainable development.

Resumo

A proposta é introduzir a tecnologia fotovoltaica em uma casa localizada na comunidade Cañales do setor Bijahual da freguesia de Abdón Calderón do cantão de Portoviejo, com o objetivo de aproveitar os recursos locais, reduzindo a demanda de energia durante o dia, melhorando a qualidade, eficiência energética, reduzindo o custo do consumo de energia e reduzindo os níveis de CO₂ emitidos na

atmosfera. O método de investigação utilizado foi o estudo de campo, indutivo-dedutivo, foram utilizadas diferentes ferramentas informáticas para conhecer a área de estudo, o potencial solar e conceber o sistema. O resultado foi a simulação do sistema fotovoltaico, da quantidade de energia que o sistema produz, da quantidade de CO₂ que deixa de ser emitida para a atmosfera e dos impactos sociais, econômicos e ambientais associados à geração fotovoltaica.

Palavras-chave: Eficiência energética; potencial solar; energia fotovoltaica; desenvolvimento sustentável.

Introducción

El ser humano ha dependido mucho de la generación de energía eléctrica mediante la quema de combustibles fósil, emitiendo grandes cantidades de gases de efecto invernadero a la atmósfera, causantes del calentamiento global y perjudiciales para todo ser vivo (Rubio, Ordoñez, Ricalde, De la Cruz, & Peón, 2018). En la actualidad para solucionar dicha problemática, la implementación de tecnologías basadas en la generación de electricidad mediante fuentes renovables se ha incrementado considerablemente, disminuyendo el uso del petróleo como fuente de generación (Parreño, Lara, Jumbo, Caicedo, & Sarzosa, 2020), (López & Gaviria, 2018).

El sol es una fuente de energía, que se presenta en la tierra en forma de luz y calor, para aprovechar la irradiación proveniente del sol hacia la tierra se implementan módulos fotovoltaicos, los cuales convierte la irradiación del sol en energía eléctrica producto del efecto fotoeléctrico (Rodríguez & Vasquez, 2018). Dicha fuente de energía puede ser utilizada para cubrir las necesidades energéticas en el planeta (Satish, Santhosh, & Yadav, 2020).

La energía solar fotovoltaica forma parte de las fuentes renovables de energía, junto a la eólica que se encuentran actualmente en una fase avanzada de desarrollo y aprovechamiento, estas se pueden vincular al sistema eléctrico de potencia en forma de generación distribuida mediante el uso de las redes inteligentes para darle estabilidad al sistema (Medina, 2014).

Producto de la transición energética que se han trazado los países a nivel internacional, se han ido produciendo cambios en la matriz energética (Manoj, Rohit, Ruth, & Mathew, 2017). Por lo cual su implementación es una apuesta segura a medio y largo plazo (Cardero, 2019)

Durante los últimos años, la implementación de los sistemas de generación fotovoltaica en forma de generación distribuida están en constante aumento, aprovechando la radiación solar para generar energía eléctrica próximo a de la carga, reduciendo las pérdidas de energía producidas por la

Sistema fotovoltaico conectado a red para disminuir la demanda energética en horario diurno en una vivienda de la comunidad Cañales

transmisión de energía a largas distancias (Gómez Ramírez, 2018), mejorando de esta manera la calidad y eficiencia energética, potenciando el desarrollo sostenible (Herrera, Miranda, Arango, Ramos, & González, 2013).

Ecuador, por su ubicación geográfica y características topográficas variadas, cuenta con elevados potenciales renovables en todo su territorio, ideales para la generación de energía eléctrica de forma limpia, sin afectar al medio ambiente (Suquillo & Oña, 2020), siendo el potencial solar el que abunda en mayor cantidad en todo el país, contando con una radiación solar promedio que oscila entre los 4 y 6 kWh/m² al año (Armijos, González, & Fries, 2019).

Los sistemas de información geográfica (SIG), juegan un papel importante en la planeación y ordenación energética, permite conocer el comportamiento de los potenciales renovables pudiendo conocer los elementos energéticos para el diseño e implementación de sistemas fotovoltaicos en los diferentes sectores en donde se vaya a realizar un estudio para el uso de sistemas fotovoltaicos (Rodríguez, Vazquez, Castro, & Vilaragut, 2013).

Las políticas ambientales están fomentando a nivel mundial la búsqueda de alternativas al uso de combustibles fósiles, para lograr la sostenibilidad ambiental y el aumento de la eficiencia de los sistemas eléctricos (Peña, 2019). Impulsando estrategias ambientales, y económica, mediante la generación distribuida con fuentes renovables como la solar, eólica, biomasa, entre otras (Sáez, y otros, 2017).

Con la incorporación de sistemas fotovoltaicos en forma de generación distribuida conectados a la red para disminuir la demanda energética en horario diurno, se logrará una mejora en la calidad de vida de las personas, mejora la eficiencia energética en las viviendas, evitando emisiones de los gases contaminantes a la atmósfera (Muñoz, Vargas, Pinilla, & Vásquez, 2017). Se reduce el pago de la factura eléctrica, obteniendo un retorno de la inversión a mediano o largo plazo.

Estos sistemas se consideran como una alternativa para la mejora de la calidad del servicio eléctrico, la reducción del pico de la demanda en el horario diurno, disminución de pérdidas de energía por transmisión y distribución, creando las condiciones para lograr la sostenibilidad y eficiencia energética; logrando ser una opción para futuras inversiones enfocadas en el incremento de la capacidad de la red eléctrica de distribución (Rodríguez, Vazquez, Castro, & Vilaragut, 2013)

La investigación tiene como objetivo el diseño de un sistema fotovoltaico para la mejora de la calidad y eficiencia energética, además de la disminución de demanda en horario diurno en una vivienda ubicada en la comunidad Cañales del sector Bijahual de la parroquia Abdón Calderón del cantón

Sistema fotovoltaico conectado a red para disminuir la demanda energética en horario diurno en una vivienda de la comunidad Cañales

Portoviejo. Para el diseño del sistema se utilizó del PVsyst 7.1. Para realizar la simulación y conocer el comportamiento del sistema solar fotovoltaico conectado a red.

Materiales y métodos

En la presente investigación se implementó un proceso metodológico de tipo secuencial, para el diseño de un sistema fotovoltaico conectado a red en una vivienda de la comunidad Cañales del sector Bijahual, se requirió del uso de herramientas informáticas como fueron el sistema de información geográfica (GeoInnova, 2016) para conocer la ubicación de la comunidad y los estudios del potencial solar y el PVsyst 7.1 (PVsyst, 2020) para el diseño del sistema, además de las bases de datos climatológicas asociadas al software.

Se realizó un trabajo de campo en la comunidad Cañales, lugar donde se encuentra ubicada la vivienda para la obtención de información y realizar el estudio de carga. Se realizó un análisis cuantitativo y cualitativo, donde se requirió de la utilización del Excel, además de la entrevista y observación para deducir las necesidades vinculadas al uso de la energía y el pago de la factura eléctrica.

Análisis y discusión de los resultados

La comunidad Cañales del sector Bijahual a pesar de contar con el suministro eléctrico de la empresa distribuidora, la energía que recibe la comunidad en cada uno de sus hogares es de mala calidad, producto de diversos factores como lo son: meteorológico, ubicación geográfica o las grandes cantidades de vegetación (Caquilpan Parra, 2016).

Los pobladores reciben la tensión de la energía con constantes fallas debido a diferentes problemas; una de ellas es el escaso mantenimiento del sistema y las pérdidas producidas por la gran longitud del recorrido del sistema eléctrico, todo ello provoca que el servicio eléctrico no sea de calidad y continuo (Rodríguez, Vázquez, Velez, & Saltos, 2018).

Estudio de demanda

Se realizó el estudio de carga de la vivienda, donde se identificaron los diferentes aparatos consumidores de energía eléctrica como lo son: cargador de celular, cocina, televisor, computador, DVD, lavadora, nevera, radio, ventilador y bomba de agua, obteniendo de esta manera una potencia instalada que fue de 1.843 kW.

Sistema fotovoltaico conectado a red para disminuir la demanda energética en horario diurno en una vivienda de la comunidad Cañales

El estudio o análisis de la demanda de energía eléctrica es una parte esencial para el diseño y dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos, por lo que se realizó un inventario de los diferentes equipos consumidores de energía y sus horas de uso diario, logrando determinar la demanda para el día comprendido entre (08:00-18:00 h) y de la noche entre (18:00-08:00 h) como se muestra en la figura 1.

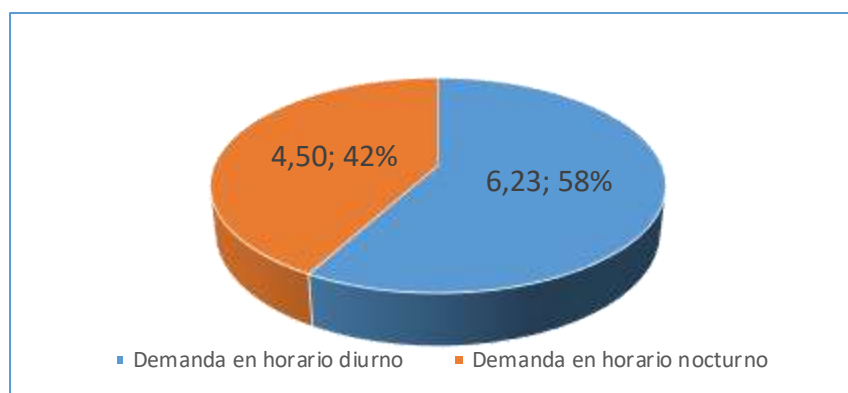


Figura 1. Estudio de demanda de la vivienda en kWh

Fuente: Elaboración propia mediante datos de consumo energético

Evaluación de recurso energético (potencial solar)

Mediante el uso del sistema de información geográfica (SIG) se obtuvo la ubicación y variables geográficas, así como el mapa del potencial solar de la provincia de Manabí, el cantón Portoviejo y la parroquia Abdón Calderón, como se muestra en la figura 2.

Sistema fotovoltaico conectado a red para disminuir la demanda energética en horario diurno en una vivienda de la comunidad Cañales

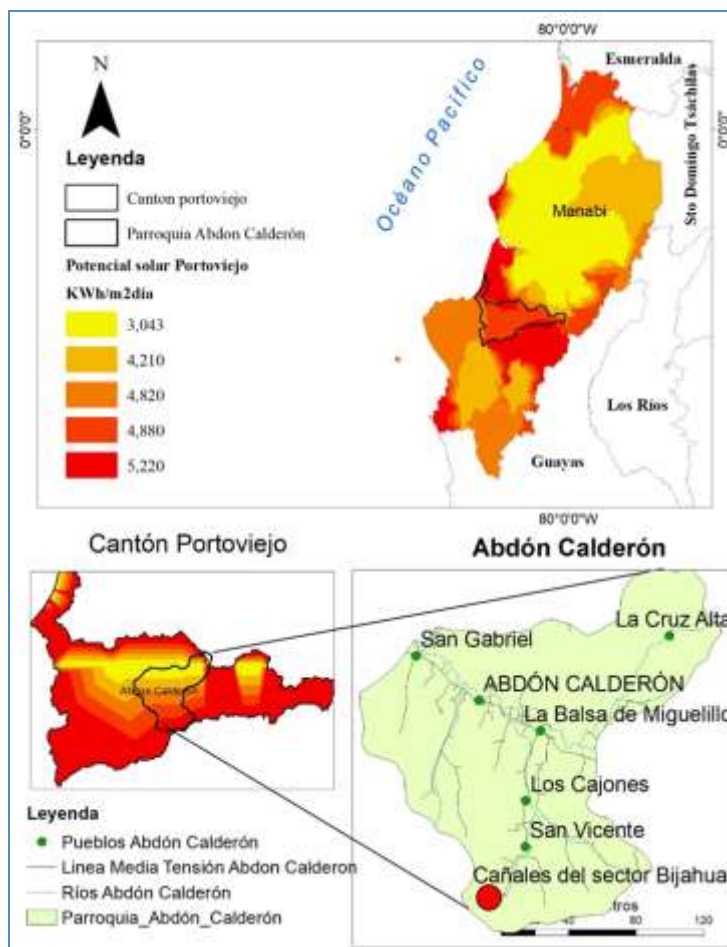


Figura 2. Potencial solar promedio anual diario en la parroquia Abdón Calderón

Fuente: (Autores, 2021)

Como se observa, los niveles del potencial solar en la provincia de Manabí, el cantón Portoviejo y la parroquia Abdón Calderón son considerables, aquí se puede notar que, en la zona sur de Manabí, se cuenta con mayor potencial solar. El cantón Portoviejo se encuentra en la zona sur de Manabí por lo cual cuenta con niveles del potencial solar idóneos para su aprovechamiento mediante los sistemas fotovoltaicos. Los niveles del potencial solar en el cantón Portoviejo y en la parroquia Abdón Calderón oscilan entre los 3.043 y 5,220 kWh/m²día.

Se realizó la evaluación del recurso energético (potencial solar) de la vivienda en estudio que se encuentra ubicada en las coordenadas -1.0977, -80.3344, en la comunidad Cañales del sector Bijahual, la casa se indica en el punto rojo extrapolándose del potencial solar del cantón al que

Sistema fotovoltaico conectado a red para disminuir la demanda energética en horario diurno en una vivienda de la comunidad Cañales

pertenece que se encuentra entre los mayores niveles de radiación promedio en kWh/m²/día, que incide sobre el sector.

La tabla 1 muestra los valores de irradiación solar promedio para todos los meses del año y el promedio anual.

Tabla 1. Irradiación solar promedio en kWh/m²/día de los meses del año

Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Pro. Anual
3.43	3.78	4.52	4.64	3.97	3.04	3.44	3.79	4.61	4.55	3.89	3.83	3.96

Fuente: Meteosat tomado del PVsyst 7.1.

Como se observa el mes con mayor irradiación solar promedio es abril, debido a que para esas fechas la temporada de invierno finaliza mostrándose un cielo despejado y limpio, contando con una mayor incidencia de irradiación solar, el mes de junio es el mes con menor irradiación solar, producto a que para esa época del año el cielo se encuentra más nublado, por lo que el nivel de irradiación solar es menor. Como la radiación solar es proporcional a la energía generada por los módulos fotovoltaicos, se puede deducir mediante la tabla anterior que el mes de abril será el mes con mayor cantidad de energía generada y junio el mes con menor cantidad de energía generada.

Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico que se *diseñará* tiene como propósito el disminuir la demanda de energía en horario diurno (08:00-18:00 h), la cual es de 6.23 kWh (figura 1). Para el diseño y dimensionamiento del sistema fotovoltaico se utilizarán módulos fotovoltaicos monocristalino de 380 Wp de potencia nominal, modelo JKM380M-72 del fabricante Jinko Solar, sus especificaciones técnicas se muestran en la tabla 2. El inversor utilizado es del fabricante Fronius, modelo Galvo 2.0-1/208, la tabla 3 muestra sus especificaciones técnicas.

Tabla 2. Especificaciones del fabricante módulo fotovoltaico

Magnitud	Símbolo	Cantidad	Unidad
Corriente de cortocircuito	Isc	9.750	A
Intensidad en el punto de máxima potencia	Impp	9.390	A
Tensión en el punto de máxima potencia	Vmpp	40.50	V
Tensión en circuito abierto	Voc	48.90	V
Generación de referencia	GRef	1000	W/m ²

Sistema fotovoltaico conectado a red para disminuir la demanda energética en horario diurno en una vivienda de la comunidad Cañales

Temperatura de referencia	T _{ref}	25	°C
---------------------------	------------------	----	----

Fuente: (Jinko Solar, 2021)

Tabla 3. Especificaciones del fabricante inversor

Lado de entrada (Campo FV CC)	
Magnitud	Cantidad
Voltaje MPP mínimo (V)	120
Voltaje MPP nominal (V)	260
Voltaje MPP máximo (V)	335
Voltaje FV máx. Absoluto (V)	420
Umbral de potencia (W)	20
Corriente máxima CC (A)	26.8
Lado de salida (CA)	
Potencia CA nominal (kW)	1.9
Intensidad CA nominal (A)	9.1
Eficiencia (W)	95.5 (%)

Fuente: (Fronius, 2021)

Los valores de las tablas 2 y 3 deben ser considerados al momento del diseño del sistema, de tal manera que el arreglo fotovoltaico sea el idóneo, sin exceder los valores nominales de trabajo del inversor y modulo fotovoltaico.

Para el dimensionamiento y diseño del sistema se utiliza una cadena de 5 módulos fotovoltaicos en serie, obteniendo como resultado una potencia instalada de 1900 Wp. Se propone que los módulos del sistema estén conectados en serie con una inclinación de 5°, de forma que estos capturen la mayor cantidad de radiación solar que incide sobre la comunidad Cañales del sector Bijahual y así producir una mayor cantidad de energía eléctrica. La inclinación de los módulos también evitará que se acumulen grandes cantidades de polvo sobre estos debido a que es un factor que provoca disminución de la eficiencia de generación (Rodríguez & Vasquez, 2018).

En la figura 3 se observa el esquema simplificado de un sistema fotovoltaico conectado directamente a la carga, donde se muestran sus 3 partes fundamentales las cuales son el arreglo fotovoltaico, el inversor y la carga.

Sistema fotovoltaico conectado a red para disminuir la demanda energética en horario diurno en una vivienda de la comunidad Cañales

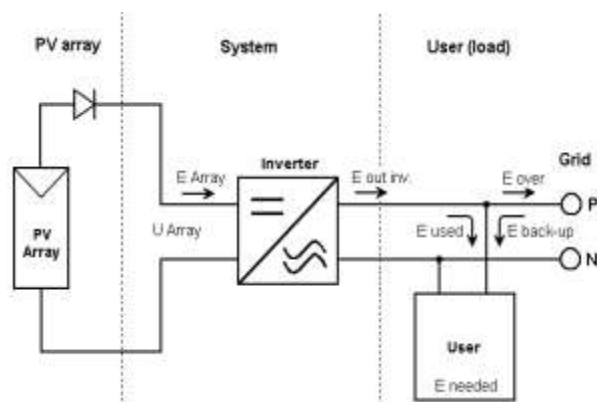


Figura 3. Esquema simplificado de sistema fotovoltaico

Fuente: PVsyst 7.1.

Se observa que el sistema fotovoltaico conectado directamente a la carga está conformado por los módulos fotovoltaicos como sistema de generación, cuenta con 5 módulos fotovoltaicos conectados en serie, el área de cada módulo es de 1.983 m^2 , por lo cual el área total que requieren los módulos es 9.915 m^2 , además el inversor para transformar la corriente directa en corriente alterna, aquí se requiere un solo inversor con las características que muestran en la tabla 3. Este sistema debe suplir parte de la demanda de 6.23 kWh en horario diurno.

La figura 4 se muestra la gráfica de corriente vs voltaje, donde en el eje de las X se encuentra los niveles de voltaje y en el eje de las Y los niveles de corriente eléctrica.

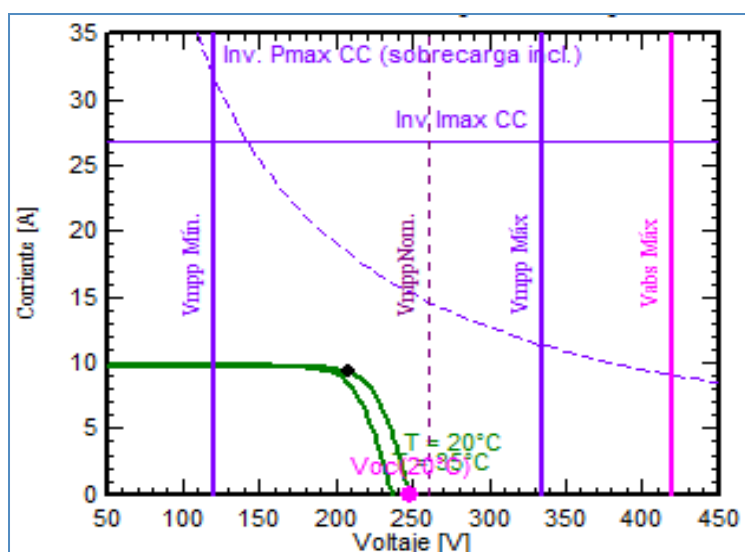


Figura 4. Dimensionamiento del voltaje del conjunto fotovoltaico

Fuente: Obtenida de diseño del sistema realizado en el PVsyst 7.1

Sistema fotovoltaico conectado a red para disminuir la demanda energética en horario diurno en una vivienda de la comunidad Cañales

Se observa que el voltaje del arreglo fotovoltaico es de 248.5 V, esto se debe a que cada módulo fotovoltaico tiene un voltaje a circuito abierto a 20 °C de 49.7 V, al contar con un arreglo de 5 módulos fotovoltaicos en serie se obtiene los 248.5 V de tensión en circuito abierto.

El sistema estará trabajando casi a la tensión en el punto de máxima potencia nominal del inversor el cual es 260 V, esta no es inferior a la tensión en el punto de máxima potencia mínimo que es 120 V, ni excede los 335 V de tensión en el punto de máxima potencia máximo como se muestra; también se nota que la corriente del arreglo fotovoltaico llega a un valor máximo de 10 A, muy lejos de los 26.8 A de corriente máxima de corriente continua que soporta el inversor, notando el sistema no cuenta con sobrecarga.

Los resultados obtenidos mediante la simulación del sistema fotovoltaico se muestran en la figura 5.

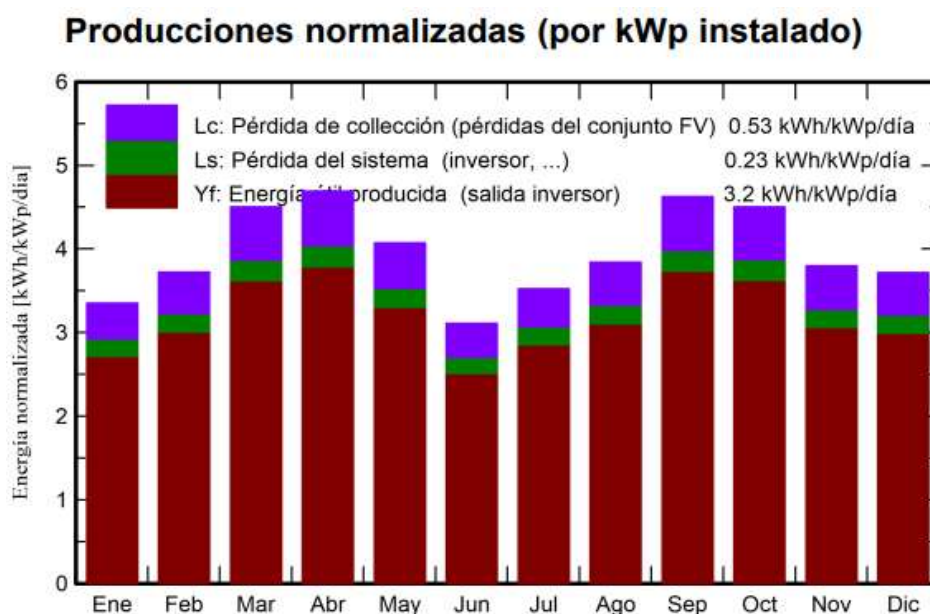


Figura 5. Producción y pérdidas de energía del sistema fotovoltaico.

Fuente: Obtenida de diseño del sistema realizado en el PVsyst 7.1

Como se había explicado en la tabla 1, se puede comprobar que el mes de menor generación es junio y el de mayor generación abril. El sistema tendrá una producción de energía de 2218.53 kWh/año, obteniendo una generación de 1168.65 kWh/año, por cada kWp instalado. El rendimiento del sistema es del 80.86%, el cual es un porcentaje muy bueno para el territorio.

El sistema fotovoltaico tiene una productividad específica de energía promedio a la salida del inversor de 3.2 kWh/kWp/día como se muestra en la figura 5, al tener una potencia instalada de 1.9 kWp la

Sistema fotovoltaico conectado a red para disminuir la demanda energética en horario diurno en una vivienda de la comunidad Cañales

energía diaria promedio producida por el sistema a la salida del inversor será de 6.08 kWh/día, cubriendo de esta manera 6.08 kWh de los 6.23 kWh que es la demanda energética de la vivienda a suplir en horario diurno, lo que corresponde al 97.59 % de la demanda energética.

Cabe mencionar que los 3.2 kWh/kWp/día es un valor anual promedio de los 12 meses del año, como se observa en la figura 5, este valor puede ser mayor o menor en los diferentes meses del año, por lo cual existirán meses en los que el sistema cubra un menor porcentaje al 97.59 % de la demanda en horario diurno como es el caso del mes de junio que es el mes donde la irradiación solar en el sector es menor, por lo cual la producción de energía disminuye, por contrario existirán meses en los que el sistema cubra un porcentaje mayor al 97.59 % de la demanda en horario diurno que incluso pueda superar el 100 % de la demanda y el sistema inyecte energía a la red de distribución como es en el caso del mes de abril.

La tabla 4 muestra la cantidad de energía producida mensualmente y anual en kWh.

Tabla 4. Producción mensual de energía eléctrica en kWh

Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Pro. Anual
160.4	160.3	213.5	216.2	194.8	143.5	168.6	183.0	213.1	214.0	174.7	176.5	2218.5

Fuente: Obtenida de diseño del sistema realizado en el PVsyst 7.1

El nivel de irradiación solar en el sector Bijahual depende de la época del año, por tal motivo la producción de energía del sistema varía mensualmente como se muestra en la figura 5 y tabla 4. Las condiciones climáticas afectan a la producción de los sistemas fotovoltaicos, ocasionando que se obtenga mayor o menor cantidad de irradiación sobre el área en estudio como se muestra en la tabla 1, es por eso que abril es el mes donde más se genera energía eléctrica con 216.2 kWh y junio el mes donde menos se genera con 143.5 kWh.

El sistema tiene una buena productividad específica de energía, generando un promedio de 3.2 kWh/día por cada kWp instalado, dejando de depender de la red eléctrica de la empresa distribuidora en horario diurno.

Los sistemas fotovoltaicos al igual que cualquier otro sistema de generación de electricidad presenta pérdidas como se muestran en las figuras 5 y 6.

Sistema fotovoltaico conectado a red para disminuir la demanda energética en horario diurno en una vivienda de la comunidad Cañales

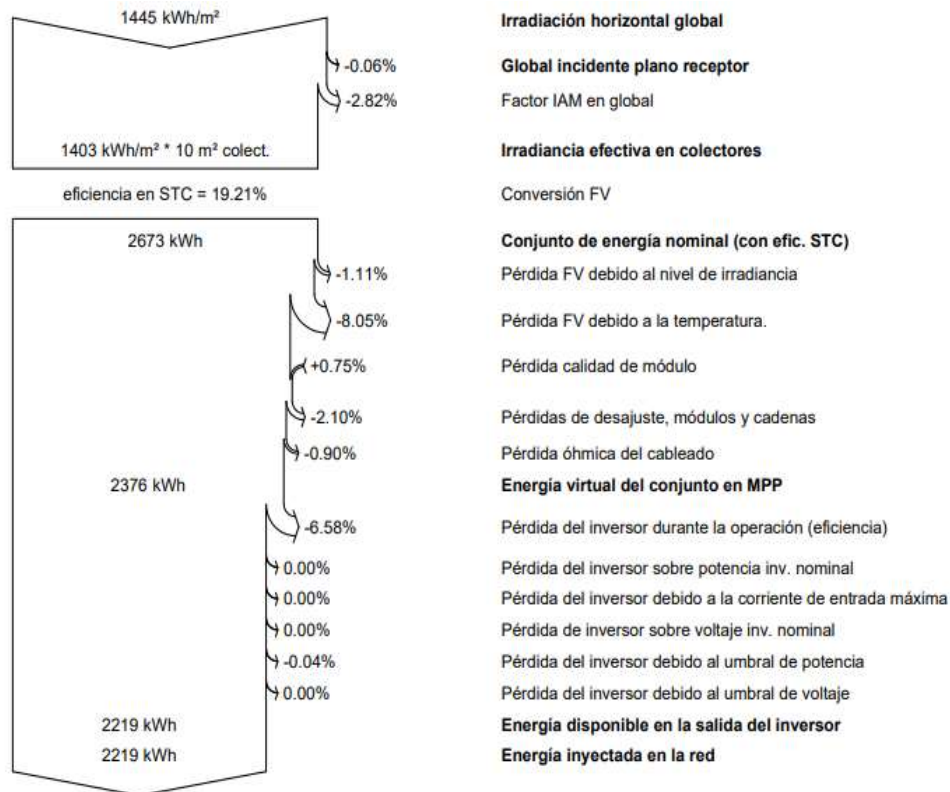


Figura 6. Diagrama de pérdida

Fuente: Obtenida de diseño del sistema realizado en el PVsyst 7.1

Se observan los diversos factores por los que se generan las pérdidas en el sistema fotovoltaico, siendo las generadas por temperatura e inversor las de mayor porcentaje. Las elevadas temperaturas provocan que la eficiencia de los módulos fotovoltaicos disminuya, cuando se colocan los módulos muy pegados al suelo o techos donde no hay circulación suficiente de aire provocando que la temperatura aumente debajo de estos, ocasionando que no operen en sus condiciones óptimas, para solucionar esta dificultad se colocan a una altura determinada para que corra viento debajo de ellos y la temperatura se reduzca. Los inversores no tienen una eficiencia del 100% y presentan pérdidas en la operación de conversión de CC a CA, el inversor Fronius utilizado tiene una eficiencia del 95.50% por lo cual se generan pérdidas como se puede observar.

Sistema fotovoltaico conectado a red para disminuir la demanda energética en horario diurno en una vivienda de la comunidad Cañales

Impacto económico

En la mayoría de los países de Latinoamérica están entrando en vigor políticas y leyes que promuevan el desarrollo energético mediante la implementación de las fuentes renovables de energía. Chile es uno de esos países, este tiene en vigencia ley de generación distribuida 20.571 (González, 2019), esta ley da derecho a todos los clientes regulados a vender los excedentes de generación hacia la red pública de distribución.

A pesar de que en la actualidad los costos de los sistemas fotovoltaicos han disminuido en algunas regiones (Muñoz, Rojas, & Barreto, 2018), en Ecuador se han propuesto un reajuste al marco jurídico para incentivar la instalación de pequeños emprendimientos solares fotovoltaicos (García, Benítez, Vázquez, & Rodríguez, 2021).

Los sistemas fotovoltaicos continúan disminuyendo sus costos, logrando que el retorno de la inversión y resultados económicamente sean favorables a corto y largo plazo. Con este tipo de generación se consigue una reducción del monto de la factura eléctrica, al producir anualmente 2218.53 kWh y con el precio de actual del kWh de 0.13 \$, se obtiene un ahorro anual de 288.41 \$, un valor considerable para un usuario de comunidad rural como lo es Bijahual.

En el Ecuador la utilización de sistemas fotovoltaicos en forma de generación distribuida es muy baja, por lo cual la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables más conocida como ARCERNR, aprobó en abril del 2021 la Regulación Nro. ARCERNR 001/21 “Marco normativo de la generación distribuida para autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica”. La cual tiene como objetivo el establecer las disposiciones para el proceso de habilitación, conexión, instalación y operación de estos sistemas basados en fuentes de energía renovable para el autoabastecimiento de consumidores regulados, (ARCERNR, 2021), (García, Benítez, Vázquez, & Rodríguez, 2021). Estas regulaciones permiten vender los excedentes de energía eléctrica generada a la empresa distribuidora, logrando de esta forma que el retorno de la inversión se produzca a mediano y ya no a largo plazo.

Con la regulación en vigencia se incentiva a los distintos usuarios, el implementar fuentes renovables de energía como la fotovoltaica para el autoabastecimiento, logrando de esta forma reducir el valor final de la planilla eléctrica, además de fomentar la eficiencia energética y el desarrollo sostenible en el Ecuador.

Impacto social

En el ámbito social, la implementación de sistemas solares fotovoltaicos en forma de generación distribuida causa un efecto positivo en la sociedad, con esta nueva tecnología se obtiene una mejora de la calidad y eficiencia energética, contribuyendo al desarrollo social sostenible.

Con la implementación de sistemas fotovoltaicos se reducen las pérdidas generadas por la transmisión y distribución de energía eléctrica, con el aprovechamiento del recurso energético local como es el potencial solar. La introducción de nuevas tecnologías genera un rol social importante ya que se convierten en generador de energía creando una conciencia social de ahorro, potenciando la eficiencia energética.

Al estar los módulos ubicados en el tejado de la vivienda, estos no molestan en el transitar de las personas al no ocupar un área determinada en el suelo, al optar por la generación fotovoltaica se descongestionan los sistemas de transporte de energía y se reducen el consumo del petróleo como materia prima para la generación de electricidad.

Impacto ambiental

El sistema fotovoltaico contribuye a la reducción de gases de efecto invernadero como el CO₂, la tabla 5 muestra la reducción de CO₂ del sistema fotovoltaico diseñado durante los 30 años de explotación, generando un beneficio socioambiental, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental, combatiendo al calentamiento global en el planeta y logrando potenciar el desarrollo local con recursos autóctonos.

Tabla 5. Balance de emisiones de CO₂

Emisiones reemplazadas	
Total	21.2 (tCO ₂)
Sistema de producción	2218.53 (kWh/año)
Tiempo	30 (años)
Emisiones del ciclo de vida de la red	319 (gCO ₂ /kWh)
País	Ecuador

Fuente: Obtenida de diseño del sistema realizado en el PVsyst 7.1

Como se observa se dejará de emitir un total de 21.2 tCO₂ a la atmósfera en los 30 años de trabajo normal del sistema fotovoltaico. Al reducir el consumo de la energía eléctrica proveniente de la red de distribución, debido a la autogeneración del sistema fotovoltaico, se obtiene una reducción en las emisiones de 319 gCO₂/kWh del ciclo de vida de 30 años del sistema.

El sistema diseñado puede ser implementando en viviendas aledañas de la comunidad, debido a que las condiciones son prácticamente las mismas, contando con el mismo nivel de irradiancia. Para poder implementar sistemas fotovoltaicos en forma de generación distribuida en otros sectores pueden seguir los mismos pasos que se realizan en esta investigación.

Conclusiones

La introducción de nuevas tecnologías basadas en la generación fotovoltaica mejora la calidad y eficiencia energética, reduciendo el costo del kWh generado, además del pago de la factura eléctrica. Las pérdidas por transmisión y distribución disminuyen logrando con ello mitigar las emisiones de CO₂ a la atmósfera, combatiendo el calentamiento global y contribuyendo a la sostenibilidad del territorio.

Se diseñó un sistema fotovoltaico para una potencia de 1.9 kWp, en una vivienda de la comunidad Cañales del sector Bijahual de la parroquia Abdón Calderón del cantón Portoviejo, para la autogeneración de energía eléctrica conectada directamente a la carga en forma de generación distribuida, logrando cubrir un 97.59 % la demanda energética en horario diurno, ofreciendo una factibilidad desde el punto de vista económico, social y ambiental.

Referencias

1. ARCERNNR. (2021). Marco normativo de la Generación Distribuida para autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica. Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. Quito: ARCERNNR. Recuperado el 24 de Septiembre de 2021, de <https://www.energiaestrategica.com/wp-content/uploads/2021/05/Resolucion-Nro.-ARCERNNR-013-2021-signed-signed.pdf>
2. Armijos, M., González, V., & Fries, A. (2019). CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS A SER USADAS COMO FUENTES DE ENERGÍA EN LA REGIÓN SUR DEL ECUADOR. GEOESPACIAL. Obtenido de <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-geoespacial/article/view/1348>
3. Autores, C. d. (2021). Una geoweb, para el desarrollo sostenible. Ediciones UTM-Universidad Técnica de Manabí. Obtenido de

- https://utm.edu.ec/ediciones_utm/component/content/article/24-libros/748-una-geoweb-para-el-desarrollo-sostenible?Itemid=101
4. Caquilpan Parra, V. E. (2016). Estimación de la demanda eléctrica y potencial energético de recursos renovables para el diseño de micro-redes en comunidades rurales. Facultad De Ciencias Agronomicas. Santiago: Universidad de Chile. Obtenido de <https://n9.c1/x8hbr>
 5. Cardero, M. (2019). Diseño de un sistema fotovoltaico para vivienda unifamiliar en Gúeñes (Bizkaia). Escuela de Ingeniería de Bilbao . Bilbao: Universidad del País Vasco. Obtenido de <https://addi.ehu.es/handle/10810/36859>
 6. Fronius. (20 de Enero de 2021). solar-electric.com. Obtenido de solar-electric.com: https://www.solar-electric.com/lib/wind-sun/Fronius_Galvo_User_Manual.pdf
 7. García, D. F., Benítez, G. J., Vázquez, A., & Rodríguez, M. (2021). La generación distribuida y su regulación en el ecuador. *Brazilian Journals of Business*, 3(3), 2025. doi:<https://doi.org/10.34140/bjbv3n3-001>
 8. Geoinnova. (2016). <https://geoinnova.org/>. Obtenido de https://geoinnova.org/blog-territorio/novedades-arcgis-105/?gclid=CjwKCAjw7--KBhAMEiwAxfpkWB_ddrLN14722IXYarhlO6WoEUUrSWbB-cPUQIXru0_pegkLPSZ3XBoCsocQAvD_BwE
 9. Gómez Ramírez, J. (2018). La energía solar fotovoltaica en Colombia: Potenciales, antecedentes y perspectivas. CRAIUSTA - Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, 2-3. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/10312>
 10. González, J. N. (2019). Análisis de las estrategias de publicidad para la venta de paneles solares en el mercado ecuatoriano. Facultad de Especialidades Empresariales , Carrera de Marketing. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/13256>
 11. Herrera, L., Miranda, A., Arango, E., Ramos, C. A., & González, D. (2013). Dimensionamiento de sistemas de generación fotovoltaicos localizados en la ciudad de Medellín. *TecnoLogicas*, 290-291. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3442/344234341022.pdf>
 12. Jinko Solar. (12 de Enero de 2021). enfsolar. Obtenido de enfsolar: <https://es.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/41580>
-

13. López, Y. U., & Gaviria, F. A. (2018). Metodología y evaluación de recursos energéticos renovables: implementación de microrredes aisladas. *Visión Electrónica*, 12(2), 162-163. Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/visele/article/view/14260/14386>
14. Manoj, N., Rohit, M., Ruth, P., & Mathew, M. (2017). Performance analysis of 100 kWp grid connected Si-poly photovoltaic system using PVsyst simulation tool. *Energy Procedia*, 117, 181. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217323287>
15. Medina, D. R. (2014). Microrredes basadas en Electrónica de potencia: Características, operación y estabilidad. *Ingenius*(12), 15-23. Obtenido de <http://dialnet.unirioja.es>
16. Muñoz, J. P., Rojas, M. V., & Barreto, C. R. (2018). Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador. *Ingenius*(19), 60-68. doi:<https://doi.org/10.17163/ings.n19.2018.06>
17. Muñoz, Y., Vargas, O., Pinilla, G., & Vásquez, J. (2017). Sizing and Study of the Energy Production of a Grid-Tied Photovoltaic. *Tecciencia*, 12(22). doi:<http://dx.doi.org/10.18180/tecciencia.2017.22.4>
18. Parreño, J., Lara, O., Jumbo, R., Caicedo, H., & Sarzosa, D. (2020). Diseño de un módulo de energía solar como estrategia de ahorro energético y disminución de la emisión de CO₂. *A.S.A*, 6. Obtenido de <https://revistas.uclave.org/index.php/asa/article/view/2849/1777>
19. Peña, Á. A. (2019). Operación óptima de una Micro-Red Aislada considerando estocasticidad de renovables, vida útil de baterías e integración de PEVs. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Bogota: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69854>
20. PVsyst. (2020). www.pvsyst.com. Obtenido de <https://www.pvsyst.com/release-notes/>
21. Rodríguez, M., & Vasquez, A. (2018). La Energía Fotovoltaica en la Provincia de Manabí. Portoviejo: UTM - Universidad Técnica de Manabí. Obtenido de https://www.utm.edu.ec/ediciones_utm/index.php/component/content/article?id=713:la-energia-fotovoltaica-en-la-provincia-de-manabi
22. Rodríguez, M., Vazquez, A., Castro, M., & Vilaragut, M. (2013). Sistemas fotovoltaicos y la ordenación territorial. *Ingeniería Energética*, 34(3), 141-148. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rie/v34n3/rie08313.pdf>
23. Rodríguez, M., Vázquez, A., Velez, A. M., & Saltos, W. M. (2018). Mejora de la calidad de la energía con sistemas fotovoltaicos en las zonas rurales. *Ciencia, ingeniería y educación científica*, 33(3), 265-274. doi:<https://doi.org/10.14483/23448350.13104>

24. Rubio, E., Ordoñez, L. C., Ricalde, L. J., De la Cruz, E., & Peón, R. J. (2018). Diseño de una micro red eléctrica inteligente con sistema fotovoltaico y celda de combustible. *Pistas Educativas*, 517. Obtenido de <http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/566/501>
25. Sáez, D., Vargas, C., Morales, R., Hernández, R., Muñoz, C., Alarcón, C., . . . Cárdenas, R. (2017). METODOLOGÍA PARTICIPATIVA PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE PROYECTOS TECNOLÓGICOS MICRO-RED/SMART-FARM EN COMUNIDADES. *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, 21-22. Obtenido de <https://n9.cl/qhhbo>
26. Satish, M., Santhosh, S., & Yadav, A. (2020). Simulation of a Dubai based 200 KW power plant using PVsyst software. *IEEE*, 824. doi:10.1109 / SPIN48934.2020.9071135
27. Suquillo, I. F., & Oña, C. E. (2020). Simulación de un sistema de generación fotovoltaico aislado para zonas rurales del Ecuador. Quito: Escuela Politecnica Nacional. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21213>

©2021 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).|