



Generación de energía eléctrica en viviendas rurales de la Provincia del Cañar

Electric power generation in rural of the Province of Cañar



Fausto David Quevedo Pesántez

Universidad Católica de Cuenca, Azogues, Ecuador

fausto.quevedo@ucacue.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-4120-5796>

Luis Holguer Idrovo Ortiz

Universidad Católica de Cuenca, Azogues, Ecuador

lhidrovoo@ucacue.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-1294-3826>

Vicente Emmanuel Ortega Cardenas

Universidad Católica de Cuenca, Azogues, Ecuador

vicente.ortega@ucacue.edu.ec



DOI

Resumen

El presente trabajo analiza el diseño de un sistema autónomo de generación de energía eléctrica para hogares de las zonas rurales de la provincia del Cañar, ubicada en la parte sur del Ecuador, específicamente en los lugares donde las empresas públicas que suministran la energía eléctrica no pueden llegar o económicamente los proyectos de ampliación de redes de energía no son factibles. Se analizó una casa que tiene un consumo diario de 9444Wh/día, es decir una vivienda de tipo social. Se calculó la cantidad de paneles fotovoltaicos necesarios, el controlador de carga, el inversor y la cantidad de baterías necesarias para abastecer la casa. Las viviendas que se encuentran en las áreas de producción agrícola se utilizaron como base para el estudio, ya que estas se encuentran en los lugares más remotos de las comunidades rurales. Se encontró que un total de nueve paneles fotovoltaicos de 375 W y doce baterías eran suficientes para proporcionar el 120% de la demanda. Al tener en cuenta que la zona de estudio de la presente investigación se encuentra en un clima templado la mayor parte del año no se analizó factores como equipos de calentamiento para el interior de la vivienda ni componentes térmicos como los materiales de construcción de las viviendas.

Palabras clave: *Energía; fotovoltaico; solar; renovable.*

Abstract:

This paper analyzes the design of an autonomous electric power generation system for homes in rural areas of the Cañar province, located in the southern part of Ecuador, specifically in places where public companies that supply electric power cannot reach or economically the expansion projects of energy networks are not feasible. A house that has a daily consumption of 9444Wh/day was analyzed, that is, a social housing. The number of photovoltaic panels needed, the charge controller, the inverter, and the number of batteries needed to supply the house were calculated. Households found in agricultural production areas were used as the basis for the study, as these are located in the most remote parts of rural communities. A total of nine 375 W photovoltaic panels and twelve batteries were found to be sufficient to provide 120% of the demand. Taking into account that the study area of the present investigation is in a temperate climate most of the year, factors such as heating equipment for the interior of the house or thermal components such as the construction materials of the houses were not analyzed.

Keywords: *Energy; photovoltaic; solar; renewable.*

I. INTRODUCCIÓN

La Provincia del Cañar tiene un porcentaje de población rural de un 58%, la cual se dedica netamente a la agricultura y ganadería, siendo estas las principales actividades económicas de la Provincia, por tal motivo la necesidad de que la población tenga viviendas dignas es indispensable.

El acceso a una red de energía eléctrica en mucho de los casos de las viviendas rural es imposible, generalmente por la ubicación geográfica de la vivienda, lo que causa que la población busque otras maneras de generación de energía. Las condiciones de las vías de acceso a las diferentes comunidades de la Provincia del Cañar generan que las empresas públicas encargadas de dotar de energía eléctrica a la

población se vean en una situación en las que se les hace imposible poder llegar a todos los puntos habitados, incluso existen comunidades que no tienen una vía de acceso para llegar a ellas y la única manera es a pie o en caballo. El uso de leña para calentar agua, cocinar o generar calor dentro de las viviendas en las zonas rurales de la Provincia del Cañar es muy común, lo que genera que no exista un progreso en las condiciones de vida de la población.

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia del Cañar [1] existe solamente un porcentaje del 0.04% de la totalidad de las viviendas de la provincia usan paneles solares para la generación de energía eléctrica.

TABLA 1
PROCEDENCIA DE LUZ ELÉCTRICA A NIVEL PROVINCIAL

Procedencia de luz eléctrica	Casas	%
1. Red de empresa eléctrica de servicio público	56188	95,26
2. Panel Solar	22	0,04
3. Generador de luz (Planta eléctrica)	47	0,08
4. Otro	206	0,35
5. No tiene	2521	4,27
Total	58984	100

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia del Cañar 2021

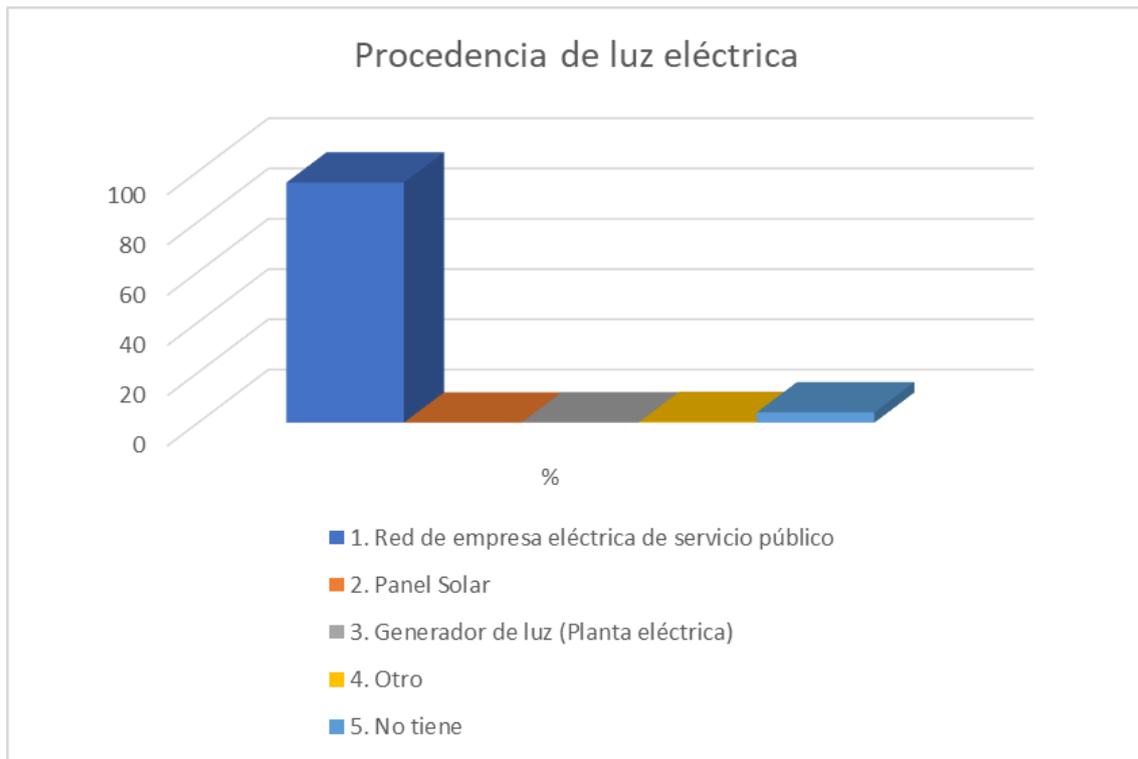


Imagen 1 Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia del Cañar 2021

La energía solar todavía ocupa una pequeña parte en el mundo producción de electricidad, pero su papel está creciendo rápidamente. Además, en los últimos años ha ido ganando popularidad no sólo gracias a diversas medidas de apoyo estatal, sino también por los resultados esenciales de su aplicación a saber, la madurez tecnológica de la industria y en algunos casos, competitividad económica. [2]

El agotamiento de los combustibles convencionales y su efecto adverso sobre el medio ambiente están empujando al mundo a buscar alternativas fuentes de combustible sostenibles y respetuosas con el medio ambiente amistoso. El avance de la tecnología ha impulsado el esfuerzo en la búsqueda de una fuente de energía alternativa a la convencional fuente de energía, y la eficiencia de la recolección de energía de las fuentes renovables también se están mejorando de vez en cuando. La energía

solar es una de las mejores opciones ya que es una energía limpia fuente de energía renovable, y se encuentra abundantemente en la mayoría de los lugares. En 90 minutos, la tierra recibe una cantidad de energía que es suficiente para cubrir la demanda energética del planeta durante un año del sol. Aunque la energía solar es abundante en esta medida, la energía grabada de esta fuente es una pequeña fracción de la combinación energética actual del mundo. Sin embargo, esto está cambiando rápidamente y está siendo impulsada por la acción mundial para mejorar la energía seguridad de acceso y suministro, y para mitigar el cambio climático. [3]

Dentro de los beneficios de la energía solar, están el que es más barata, ya que, tras la inversión inicial, la producción y mantenimiento son mucho más económicos. La energía solar

proporciona a la humanidad un recurso energético puro, vasto, duradero y respetuoso con el medio ambiente. Por cada 100 kW de potencia solar instalada se evita la emisión de 75.000 kg de CO₂ al año. [4]

Los sistemas autónomos de generación de energía eléctrica para las zonas rurales de la Provincia del Cañar son una manera de obtener

la energía suficiente para abastecer las necesidades eléctricas de una vivienda de la zona rural. Estos sistemas nos dan la facilidad de que los habitantes que tienen sus viviendas en los lugares más alejados puedan tener un hogar digno y completamente habitable. Un sistema autónomo típico es el que se muestra en la Imagen 2.

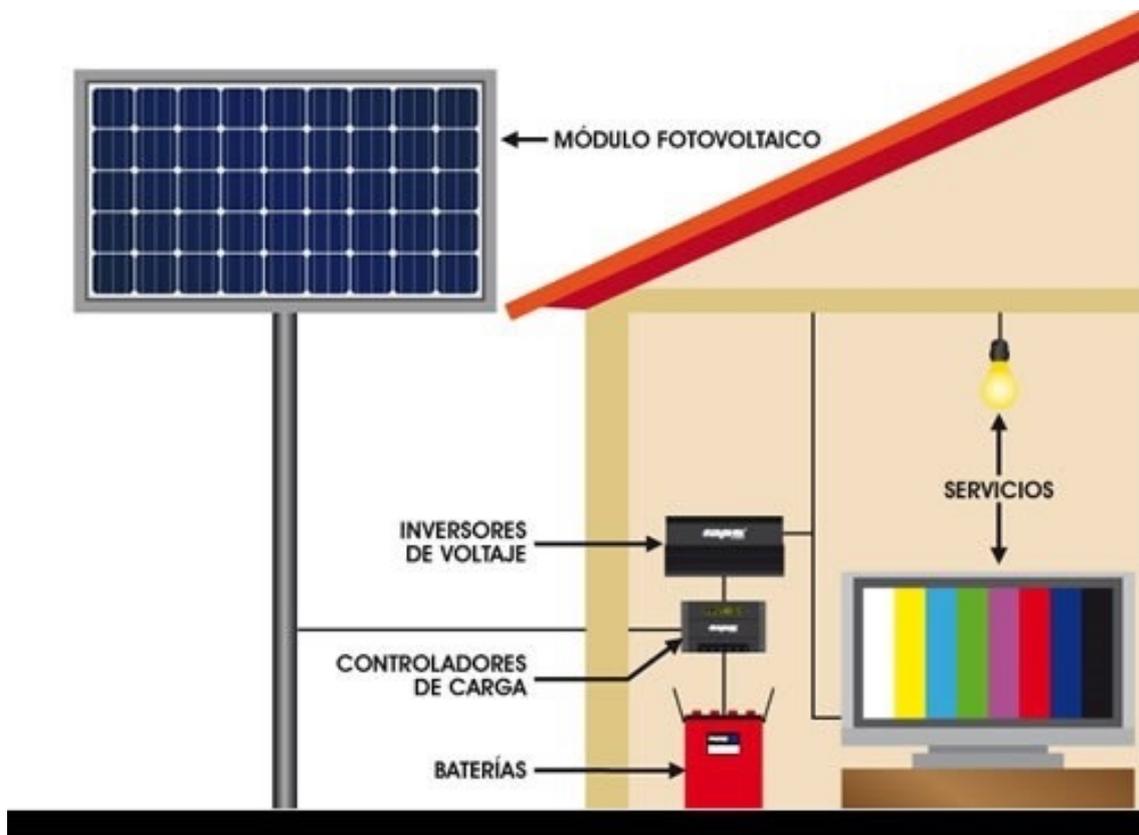


Imagen 2 Fuente: <http://cuahtleco.weebly.com>

Actualmente en el país existen varios programas de vivienda de interés social que están enfocados en las zonas rurales, para que las personas de bajos recursos puedan acceder a una vivienda digna, el problema se da cuando estas personas tienen sus terrenos en lugares muy alejados de las vías principales y las empresas públicas que dan el servicio eléctrico no pueden acceder o tienen que tender líneas de

conexión de muy larga longitud para una sola vivienda, en estos casos la generación autónoma de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos se vuelve una solución viable, ya que se puede comparar el costo que representa tender toda una nueva red de cableado eléctrico más el pago mensual del servicio con el costo de la adquisición de todos los elementos que integran el sistema de generación eléctrica.

II. GEOGRAFÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO

La provincia de Cañar es una de las 24 provincias que conforman la República del Ecuador, situada en el sur del país, en la zona geográfica conocida como región interandina o sierra, principalmente sobre la hoya de Cañar. Su capital administrativa es la ciudad de Azogues. Cañar como provincia, de acuerdo con la división por Zonas de Planificación del Ecuador, efectuada por la Secretaría Técnica "Planifica Ecuador", se ubica en la Región Centro Sur del País, llamada Región 6, junto con las Provincias de Azuay y Morona Santiago. Posee una superficie de 4106,76 km², la población para el año 2010 en la provincia del Cañar fue de 231. 508 habitantes, con una tasa de crecimiento poblacional del 0.98% anual. Se encuentra ubicada entre las latitudes 2°10' Oeste y 2°50' Sur. [1]



Imagen 3 Fuente: [1]

El relieve constituye el factor modificador del clima de mayor importancia. Así, los distintos tipos climáticos están relacionados principalmente con la altitud relativa, determinada por ese relieve, influyendo en todos elementos biofísicos del sistema. En el Ecuador, el relieve es el principal factor, que determina cuatro regiones geográficas distintas. [2]

La zona de la Provincia del Cañar en la que el presente estudio se enfoca se sitúa sobre los 3000 m.s.n.m. la altura y exposición son los factores que condicionan los valores de las temperaturas y las lluvias. Las temperaturas máximas rara vez sobrepasan los 20°C las mismas tienen sin excepción valores inferiores a 0°C y las medias anuales, aunque muy variables, fluctúan casi siempre entre 4°C y 8°C. La gama de los totales pluviométricos anuales va de 800 a 2000 mm y la mayoría de los aguaceros son de larga duración, pero de baja intensidad. La humedad relativa es siempre superior al 80%. La vegetación natural, llamada matorral en el piso más bajo es reemplazada en el piso inmediatamente superior por un espeso tapiz herbáceo frecuentemente saturado de agua, los ecosistemas de páramo. [1]

Este piso se ubica entre los 2500 y los 3400 m.s.n.m. (13°C a 8°C). Es el nivel ecológico de la papa, lo cual significa que las condiciones ecológicas de este piso son las más apropiadas para su cultivo, aunque también puede cultivarse en otros pisos. Además, también se desarrollan aquí, al igual que en el piso templado, muchos otros cultivos de los climas extra tropicales. En sentido inverso, también la papa se ha introducido en climas templados y fríos de las zonas templadas y frías, en áreas ubicadas a menor altura que en la zona intertropical, con muy buenos resultados. De hecho, aunque la papa es un cultivo autóctono de la cordillera andina. [1]

Las temperaturas medias anuales están comprendidas generalmente entre 4,1°C y 24,5°C, pero pueden en ocasiones ser inferiores en las vertientes menos expuestas al sol. Las temperaturas mínimas descienden hasta de 3,9 °C, y las máximas no superan los 13,9°C. Variando en función de la altura y de la exposición. La humedad relativa tiene valores comprendidos entre el 6 y el 80% y la duración de la insolación puede ir de 2000 a 2200 horas

anuales. Las precipitaciones anuales fluctúan entre 1000 a 2000 mm y están repartidas en dos estaciones lluviosas, de febrero a mayo y en octubre a noviembre. La estación seca principal, de junio a septiembre, es generalmente muy marcada. En cuanto a la segunda, su duración y localización en el tiempo son mucho más aleatorias, aunque se puede adelantar que es por lo general inferior a tres semanas y se sitúa a fines de diciembre, razón por la que se la llama “veranillo del Niño”. La vegetación natural de esta zona ha sido ampliamente sustituida por pastizales y cultivos (principalmente cereales, maíz y papa). [1]

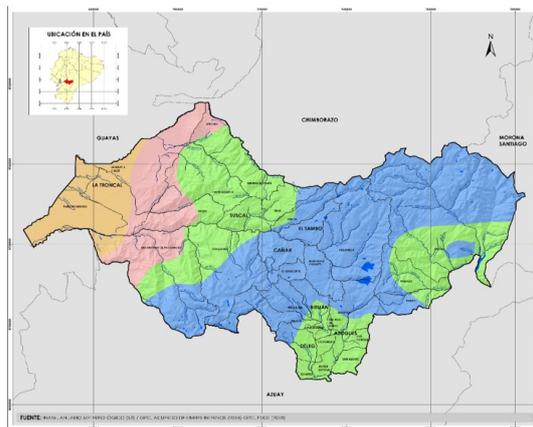


Imagen 4 Fuente: [1]

Según el [1], las parroquias menos atendidas con servicios básicos en la Provincia del Cañar son General Morales, Chontamarca en la zona sierra y las mejores atendidas son Guapán, Solano incluyendo a los cantones de Azogues, Cañar, Biblián y la Troncal. En cuanto a la cobertura de energía eléctrica se puede apreciar que el 95,26 % de la provincia dispone del servicio, existiendo una deficiencia del 4,74 %, siendo el cantón Biblián el que tiene mayor cobertura con el 97,88% y el de menor cobertura el cantón Suscal con el 90,25%

Teniendo en cuenta una de las parroquias menos atendidas como es General Morales, el presente estudio se enfocará en las condiciones

de este lugar, teniendo en cuenta que al ser una de las parroquias económicamente más vulnerable y netamente agrícola y ganadera nuestro estudio busca generar una solución eficiente para que las familias de este lugar de la Provincia del Cañar tengan una vida digna y un lugar como para vivir.

Según el [3] La economía de la población de las comunidades se basa en la producción agrícola - ganadera a pequeña escala; la producción agrícola en un mayor porcentaje para satisfacer sus necesidades alimenticias y una mínima parte para su comercialización; la producción ganadera se lo hace para la venta ocasional ante imprevistos económicos y para la comercialización moderada de leche, quesos, quesillos.



Imagen 5 Fuente: [3]

III. CALCULO DEL SISTEMA

Según [4] es importante tener en mente 4 cosas para hacer un buen análisis y poder suplir la energía necesaria o requerida:

- Cantidad de energía diaria requerida por la vivienda o negocio.
- Días de autonomía.
- Límite de descarga de la batería.
- Temperatura ambiente en la que estarán expuestas las baterías.

Existen otras consideraciones a tener en cuenta, como si las baterías se instalarán en serie o en paralelo entre otras, pero eso es una determinación que en Panel Solar hacemos

normalmente al momento de determinar el tamaño de la instalación solar y si es necesario un sistema autónomo de energía solar.

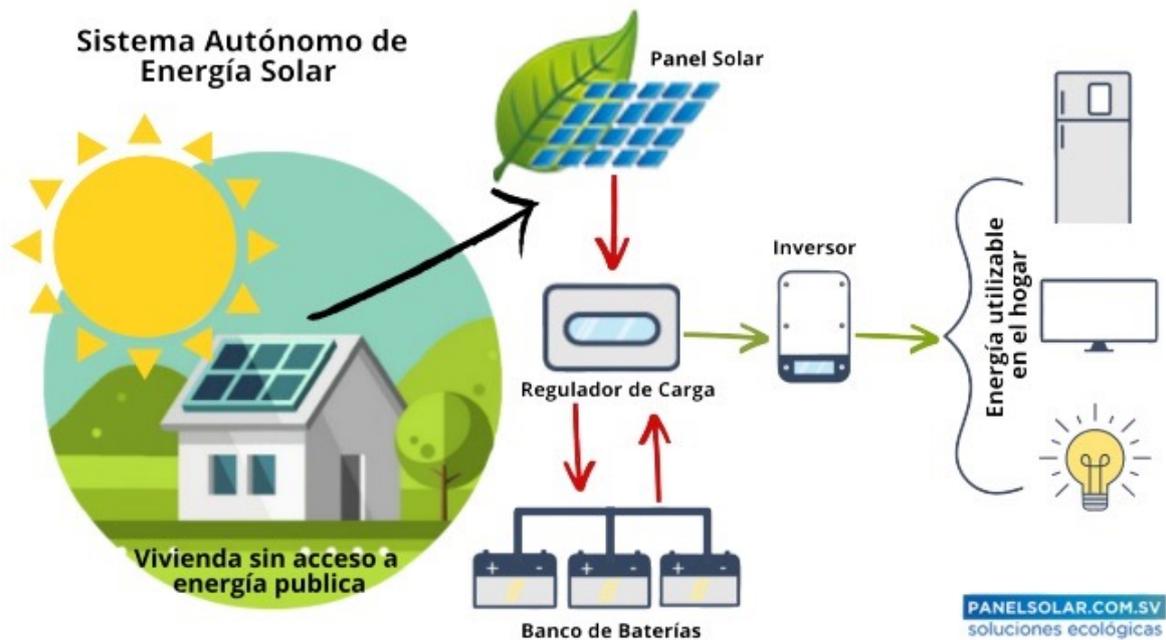


Imagen 6 Fuente: <https://panelsolar.com.sv/es-necesario-sistema-autonomo/>

Los elementos que forman parte de un sistema autónomo de generación de energía eléctrica son los siguientes:

- Paneles Fotovoltaicos.
- Baterías.
- Regulador o controlador de carga.
- Inversor.

Para el diseño del sistema autónomo de generación de energía eléctrica se analizó los principales artefactos que puede tener una vivienda en la zona rural de la Provincia del Cañar tomando en cuenta su potencia, cantidad, horas de uso diario, consumo diario y demanda máxima.

Se tomó en cuenta un factor de protección del sistema de un 20%, que también puede contemplar la conexión de artefactos de bajo consumo al sistema. [5]

El cálculo del consumo diario se obtiene de la multiplicación la cantidad de unidades de cada aparato por su potencia y las horas de uso diario, mientras que la demanda se obtiene de la multiplicación entre la cantidad de cada aparato y la potencia de este. En el caso de la demanda de la bomba de agua se toma un factor de seguridad de 3 veces la demanda por las encendidas repentinas que sufre este equipo. [5]

TABLA II
ESTUDIO DE CARGAS

APARATO	CANTIDAD	POTENCIA POR APARATO (Watts)	VOLTAJE DEL APARATO	HORAS DE USO DIARIO	CONSUMO DIARIO (Wh/día)	DEMANDA MÁXIMA (Watts)	
Televisión	1	150	110	4	600	150	
Refrigerador	1	250	110	8	2000	250	
Iluminación	10	15	110	6	900	150	
Bomba 0,5HP	1	370	110	1	370	1110	
Ducha Eléctrica	1	4000	110	1	4000	4000	
					7870	5660	TOTAL

FACTOR DE PROTECCIÓN 20%

CONSUMO DIARIO (Wh/día) 9444

Fuente: Autor

El consumo diario con el que se va a calcular el sistema es de 9.44Kwh/día, los equipos que comprenden el sistema autónomo son los siguientes:

TABLA III
EQUIPOS DEL SISTEMA

EQUIPO	CANTIDAD	CARACTERISTICAS
Paneles Fotovoltaicos	9	375W
Controlador de carga	1	48V, 3200W
Baterías	12	12V, 150Ah
Inversor	1	3500W, 48V

Fuente: Autor

IV. POSICIONAMIENTO DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS

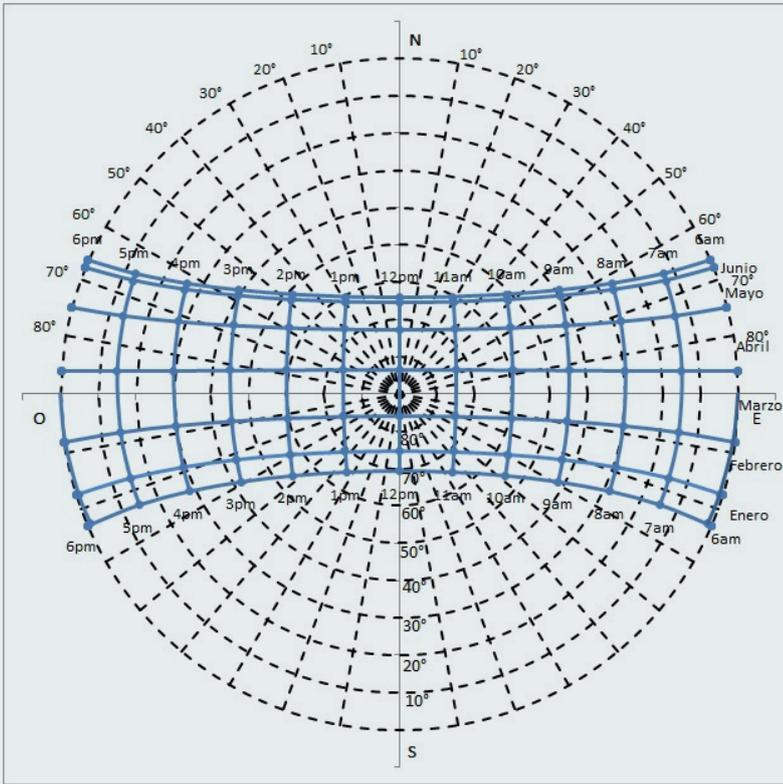
Utilizando el software presentado por [6] BIOSOL: Software para el estudio del bioclima, control solar e iluminación natural, podemos identificar hacia donde debe estar inclinados o direccionados nuestros paneles fotovoltaicos, para poder aprovechar de mejor manera la irradiación solar en la zona de estudio.

Los datos de humedad relativa, temperatura mínima, máxima y valores de irradiación global diaria media fueron obtenidos a través de los mapas interactivos de [7] [8]

GRÁFICA SOLAR EQUIDISTANTE

1er SEMESTRE

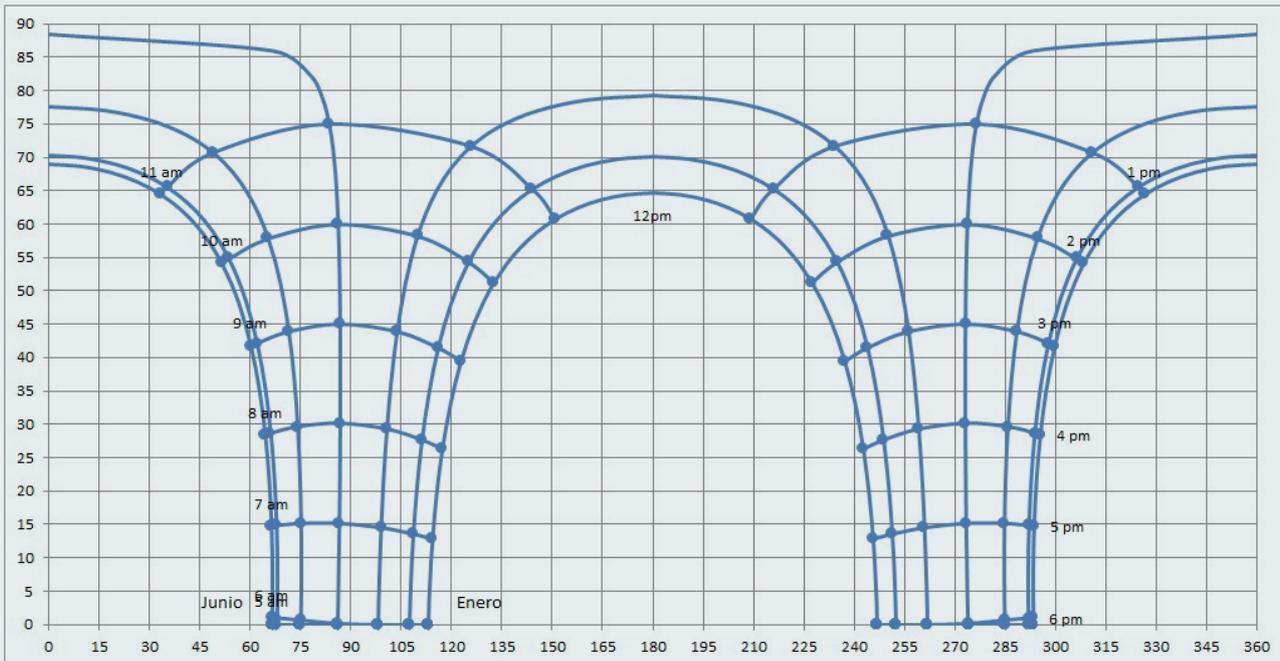
Localidad	General Morales, Cañar, E	Latitud	-2.407975	Longitud	-79.022948	Altitud [m]	2594
-----------	---------------------------	---------	-----------	----------	------------	-------------	------



GRÁFICA SOLAR CILÍNDRICA

1er SEMESTRE

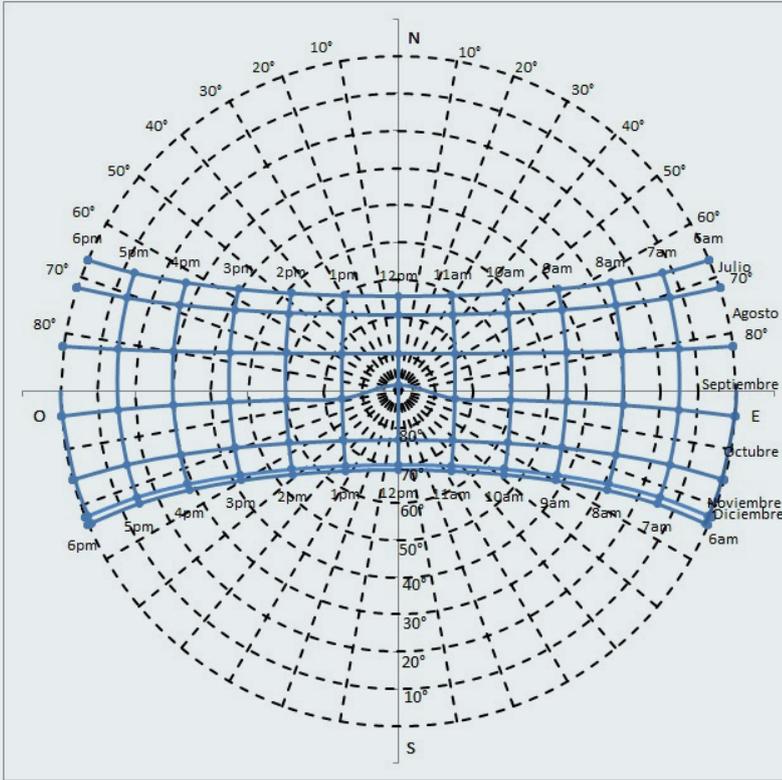
Localidad	General Morales, Cañar, E	Latitud	-2.407975	Longitud	-79.022948	Altitud [m]	2594
-----------	---------------------------	---------	-----------	----------	------------	-------------	------



GRÁFICA SOLAR EQUIDISTANTE

2do SEMESTRE

Localidad	General Morales, Cañar, E	Latitud	-2.407975	Longitud	-79.022948	Altitud [m]	2594
-----------	---------------------------	---------	-----------	----------	------------	-------------	------



GRÁFICA SOLAR CILÍNDRICA

2do SEMESTRE

Localidad	General Morales, Cañar, E	Latitud	-2.407975	Longitud	-79.022948	Altitud [m]	2594
-----------	---------------------------	---------	-----------	----------	------------	-------------	------

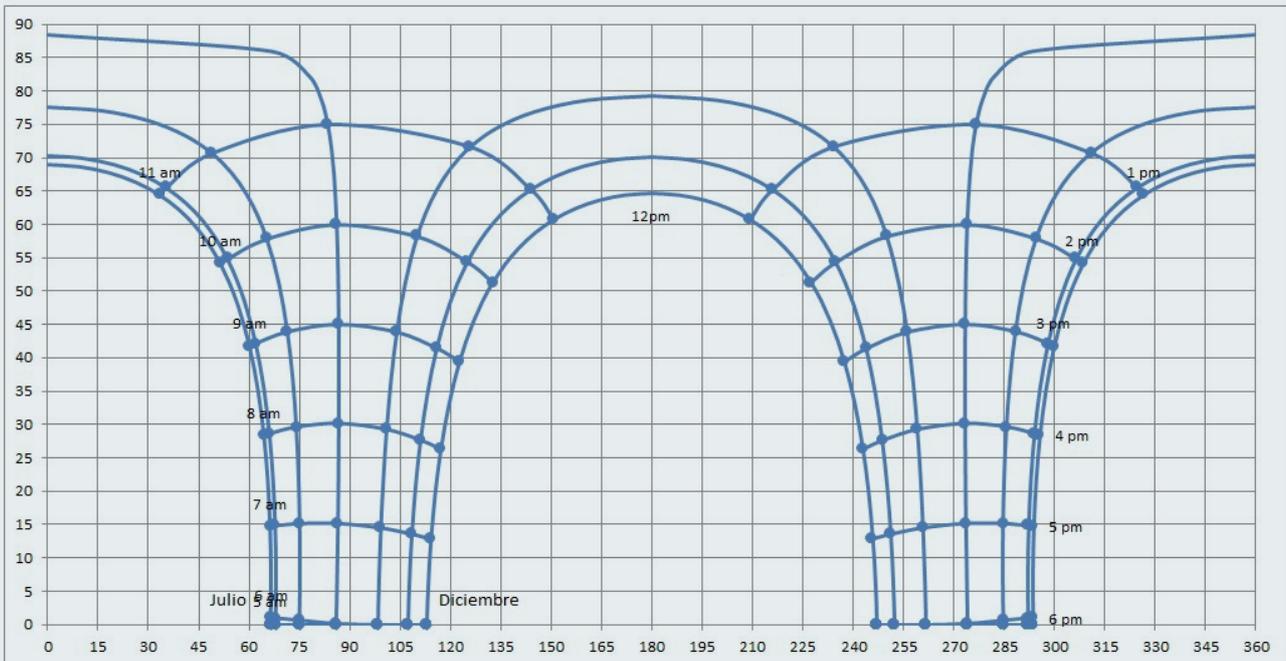


Imagen 8 Fuente: Software BIOSOL [6] – Autor

TABLA IV
IRRADIANCIA GLOBAL HORIZONTAL

Hora	Irradiancia Global Horizontal [W/m ²]											
1:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6:00	5.88	3.21	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	3.36	5.98	6.94
7:00	121.56	119.38	116.85	114.00	111.77	110.84	111.69	113.95	116.81	119.51	121.64	122.43
8:00	258.10	256.90	255.50	253.90	252.65	252.13	252.61	253.88	255.47	256.97	258.14	258.57
9:00	397.47	397.51	397.55	397.57	397.57	397.56	397.57	397.57	397.55	397.51	397.47	397.45
10:00	518.28	519.52	520.95	522.54	523.76	524.26	523.80	522.56	520.98	519.45	518.23	517.78
11:00	600.38	602.50	604.93	607.65	609.75	610.63	609.83	607.69	604.97	602.38	600.30	599.54
12:00	629.47	631.90	634.70	637.84	640.26	641.27	640.35	637.89	634.76	631.77	629.38	628.51
13:00	600.38	602.50	604.93	607.65	609.75	610.63	609.83	607.69	604.97	602.38	600.30	599.54
14:00	518.28	519.52	520.95	522.54	523.76	524.26	523.80	522.56	520.98	519.45	518.23	517.78
15:00	397.47	397.51	397.55	397.57	397.57	397.56	397.57	397.57	397.55	397.51	397.47	397.45
16:00	258.10	256.90	255.50	253.90	252.65	252.13	252.61	253.88	255.47	256.97	258.14	258.57
17:00	121.56	119.38	116.85	114.00	111.77	110.84	111.69	113.95	116.81	119.51	121.64	122.43
18:00	5.88	3.21	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	3.36	5.98	6.94
19:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Software BIOSOL [6] – Autor

TABLA V
IRRADIANCIA DIFUSA HORIZONTAL

Hora	Irradiancia Difusa Horizontal [W/m ²]											
1:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6:00	4.49	2.46	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	2.58	4.56	5.29
7:00	79.87	78.67	77.27	75.67	74.41	73.88	74.36	75.64	77.24	78.74	79.92	80.34
8:00	150.12	149.69	149.19	148.61	148.14	147.94	148.12	148.60	149.18	149.72	150.13	150.28
9:00	210.44	210.68	210.95	211.24	211.46	211.55	211.47	211.25	210.96	210.67	210.43	210.34
10:00	256.73	257.48	258.34	259.30	260.04	260.35	260.07	259.32	258.36	257.44	256.70	256.43
11:00	285.82	286.90	288.13	289.52	290.58	291.03	290.62	289.54	288.16	286.84	285.78	285.40
12:00	295.75	296.93	298.29	299.82	301.00	301.49	301.04	299.84	298.32	296.86	295.70	295.28
13:00	285.82	286.90	288.13	289.52	290.58	291.03	290.62	289.54	288.16	286.84	285.78	285.40
14:00	256.73	257.48	258.34	259.30	260.04	260.35	260.07	259.32	258.36	257.44	256.70	256.43
15:00	210.44	210.68	210.95	211.24	211.46	211.55	211.47	211.25	210.96	210.67	210.43	210.34
16:00	150.12	149.69	149.19	148.61	148.14	147.94	148.12	148.60	149.18	149.72	150.13	150.28
17:00	79.87	78.67	77.27	75.67	74.41	73.88	74.36	75.64	77.24	78.74	79.92	80.34
18:00	4.49	2.46	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	2.58	4.56	5.29
19:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Software BIOSOL [6] – Autor

TABLA VI
IRRADIANCIA DIRECTA HORIZONTAL

ESTIMACIÓN DE IRRADIANCIA HORARIA MEDIA MENSUAL SOBRE SUPERFICIES HORIZONTALES												
Localidad	General Morales, Cañar, E		Latitud	-2.407975		Longitud	-79.022948		Altitud [m]	2594		
	Irradiancia Directa Horizontal [W/m ²]											
Hora/Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6:00	1.39	0.75	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.78	1.42	1.65
7:00	41.69	40.71	39.58	38.33	37.36	36.96	37.33	38.31	39.56	40.76	41.73	42.08
8:00	107.98	107.20	106.31	105.30	104.51	104.18	104.48	105.28	106.29	107.25	108.01	108.29
9:00	187.03	186.83	186.60	186.32	186.11	186.02	186.10	186.32	186.59	186.84	187.04	187.11
10:00	261.55	262.05	262.61	263.24	263.72	263.92	263.73	263.25	262.62	262.02	261.53	261.35
11:00	314.56	315.60	316.80	318.14	319.17	319.60	319.21	318.16	316.82	315.54	314.52	314.14
12:00	333.72	334.97	336.41	338.02	339.26	339.78	339.30	338.04	336.44	334.90	333.68	333.23
13:00	314.56	315.60	316.80	318.14	319.17	319.60	319.21	318.16	316.82	315.54	314.52	314.14
14:00	261.55	262.05	262.61	263.24	263.72	263.92	263.73	263.25	262.62	262.02	261.53	261.35
15:00	187.03	186.83	186.60	186.32	186.11	186.02	186.10	186.32	186.59	186.84	187.04	187.11
16:00	107.98	107.20	106.31	105.30	104.51	104.18	104.48	105.28	106.29	107.25	108.01	108.29
17:00	41.69	40.71	39.58	38.33	37.36	36.96	37.33	38.31	39.56	40.76	41.73	42.08
18:00	1.39	0.75	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.78	1.42	1.65
19:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 6. Irradiancia directa horizontal

TABLA VII
ILUMINANCIA GLOBAL HORIZONTAL

ESTIMACIÓN DE ILUMINANCIA HORARIA MEDIA MENSUAL SOBRE SUPERFICIES HORIZONTALES												
Localidad	General Morales, Cañar, E		Latitud	-2.407975		Longitud	-79.022948		Altitud [m]	2594		
	Iluminancia Global Horizontal [klux]											
Hora/Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6:00	0.823	0.438	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.458	0.835	0.960
7:00	13.535	13.323	13.030	12.651	12.325	12.177	12.294	12.612	12.986	13.312	13.531	13.609
8:00	29.206	29.159	28.985	28.657	28.312	28.138	28.257	28.579	28.900	29.113	29.183	29.201
9:00	45.621	45.793	45.785	45.545	45.192	44.997	45.115	45.426	45.661	45.709	45.576	45.514
10:00	59.427	59.848	59.987	59.791	59.355	59.087	59.208	59.550	59.738	59.675	59.342	59.204
11:00	69.238	69.824	70.082	69.952	69.503	69.213	69.332	69.668	69.795	69.615	69.136	68.940
12:00	72.733	73.381	73.682	73.577	73.122	72.825	72.943	73.276	73.379	73.158	72.624	72.406
13:00	69.234	69.823	70.078	69.951	69.499	69.209	69.327	69.662	69.788	69.611	69.131	68.935
14:00	59.423	59.847	59.983	59.792	59.351	59.082	59.202	59.543	59.732	59.669	59.337	59.200
15:00	45.621	45.796	45.785	45.548	45.192	44.997	45.115	45.427	45.662	45.709	45.576	45.514
16:00	29.209	29.164	28.988	28.662	28.314	28.141	28.261	28.583	28.906	29.117	29.186	29.205
17:00	13.538	13.327	13.032	12.655	12.327	12.180	12.297	12.616	12.991	13.316	13.534	13.612
18:00	0.824	0.438	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.458	0.835	0.961
19:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Software BIOSOL [6] – Autor

TABLA VIII
ILUMINANCIA DIFUSA HORIZONTAL

ESTIMACIÓN DE ILUMINANCIA HORARIA MEDIA MENSUAL SOBRE SUPERFICIES HORIZONTALES												
Localidad	General Morales, Cañar, E			Latitud	-2.407975	Longitud	-79.022948	Altitud [m]	2594			
	Iluminancia Difusa Horizontal [klux]											
Hora/Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6:00	0.823	0.438	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.458	0.835	0.960
7:00	10.820	10.705	10.505	10.258	10.017	9.881	9.923	10.103	10.336	10.631	10.792	10.862
8:00	19.858	19.874	19.777	19.653	19.464	19.320	19.295	19.361	19.469	19.722	19.801	19.851
9:00	27.282	27.394	27.368	27.359	27.222	27.080	26.993	26.952	26.950	27.175	27.204	27.243
10:00	35.277	35.458	35.442	35.466	35.292	35.107	34.980	34.901	34.869	35.136	35.158	35.208
11:00	38.661	38.872	38.869	38.956	38.811	38.630	38.463	38.316	38.228	38.504	38.528	38.585
12:00	39.780	40.002	40.000	40.113	39.975	39.796	39.613	39.440	39.331	39.615	39.641	39.703
13:00	38.649	38.866	38.857	38.953	38.800	38.618	38.448	38.299	38.209	38.490	38.514	38.573
14:00	35.265	35.457	35.429	35.467	35.280	35.093	34.964	34.882	34.849	35.120	35.143	35.194
15:00	27.282	27.407	27.368	27.375	27.221	27.080	26.994	26.954	26.952	27.176	27.205	27.244
16:00	19.875	19.902	19.792	19.682	19.479	19.338	19.317	19.388	19.498	19.744	19.823	19.870
17:00	10.839	10.730	10.523	10.283	10.034	9.901	9.947	10.132	10.368	10.655	10.816	10.883
18:00	0.824	0.438	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.458	0.835	0.961
19:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Software BIOSOL [6] – Autor

TABLA IX
ILUMINANCIA DIRECTA HORIZONTAL

ESTIMACIÓN DE ILUMINANCIA HORARIA MEDIA MENSUAL SOBRE SUPERFICIES HORIZONTALES												
Localidad	General Morales, Cañar, E			Latitud	-2.407975	Longitud	-79.022948	Altitud [m]	2594			
	Iluminancia Directa Horizontal [klux]											
Hora/Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7:00	2.71	2.62	2.52	2.39	2.31	2.30	2.37	2.51	2.65	2.68	2.74	2.75
8:00	9.35	9.29	9.21	9.00	8.85	8.82	8.96	9.22	9.43	9.39	9.38	9.35
9:00	18.34	18.40	18.42	18.19	17.97	17.92	18.12	18.47	18.71	18.53	18.37	18.27
10:00	24.15	24.39	24.54	24.33	24.06	23.98	24.23	24.65	24.87	24.54	24.18	24.00
11:00	30.58	30.95	31.21	31.00	30.69	30.58	30.87	31.35	31.57	31.11	30.61	30.35
12:00	32.95	33.38	33.68	33.46	33.15	33.03	33.33	33.84	34.05	33.54	32.98	32.70
13:00	30.59	30.96	31.22	31.00	30.70	30.59	30.88	31.36	31.58	31.12	30.62	30.36
14:00	24.16	24.39	24.55	24.33	24.07	23.99	24.24	24.66	24.88	24.55	24.19	24.01
15:00	18.34	18.39	18.42	18.17	17.97	17.92	18.12	18.47	18.71	18.53	18.37	18.27
16:00	9.33	9.26	9.20	8.98	8.83	8.80	8.94	9.20	9.41	9.37	9.36	9.33
17:00	2.70	2.60	2.51	2.37	2.29	2.28	2.35	2.48	2.62	2.66	2.72	2.73
18:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Software BIOSOL [6] – Autor

Como podemos observar en las gráficas solares, en la tabla de Irradiancia y de Iluminancia correspondientes a la zona de estudio, los paneles fotovoltaicos deben estar dirigidos en dirección Suroeste, al encontrarnos tan cerca de la línea ecuatorial, la inclinación de nuestros paneles debe ser de 0° a 10°.

V. CONCLUSIONES

Un sistema autónomo con paneles fotovoltaicos puede generar la energía eléctrica suficiente como para abastecer a una vivienda rural promedio en la Provincia del Cañar, específicamente en la Parroquia General Morales, lo que puede evitar que las empresas públicas encargadas de suministrar la energía eléctrica a la población tengan que hacer grandes inversiones para poder atender a viviendas sumamente aisladas.

Se debe tomar en cuenta que, para zonas muy frías, podemos realizar un análisis de la envolvente de la vivienda, cantidades de vidrios y demás materiales como para mejorar las condiciones de temperatura interna de la vivienda, con el fin de no tener que incrementar algún sistema de calefacción que incrementará la necesidad diaria de energía eléctrica y causará que nuestro sistema de generación no sea lo suficiente y obligue a incrementar los costos de este.

VI. REFERENCIAS

- [1] GOBIERNO PROVINCIAL DEL CAÑAR, «PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PROVINCIA DEL CAÑAR,» 2021.
- [2] A. A. K. S. P. I. O. V. S. O. A. Tatyana V. Myasnikova, «Simulation of Solar Energy Photovoltaic,» International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE), pp. 1-4, 2020.
- [3] G. T. Chala, «Solar Energy as Renewable Energy Source: SWOT Analysis,» Conference: 2019 4th MEC International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSC), 2019.
- [4] P. W. Marco Rivera, «An Overview of Solar Energy in Chile,» IEEE International Conference on Automation, XXV Congreso de la Asociación Chilena de Control Automático ACCA, NMO IFAC., 2021.
- [5] Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE), «Atlas de espacios geográficos expuestos a amenazas naturales y antrópicas - Primera Edición,» 2018.
- [6] GAD Parroquial de General Morales, «PDOT GENERAL MORALES,» 2019.
- [7] J. Gonzalez, «Panelsolar.com.sv,» 14 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://panelsolar.com.sv/es-necesario-sistema-autonomo/>.
- [8] I. Jimenez, «Criterios el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos,» Jalisco, 2019.
- [9] O. U. P. O. David Morillón Gálvez, «BIOSOL: Software para el estudio del bioclima, control solar e iluminación natural,» de IV Conferencia Latino Americana de Energía Solar (IV ISES_CLA), Lima-Perú, Lima, 2010.
- [10] Global Solar Atlas, «Global Solar Atlas,» Septiembre 2022. [En línea]. Available: <https://globalsolaratlas.info/map>.
- [11] European Commission, «PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM,» Septiembre 2022. [En línea]. Available: <https://re.jrc.ec.europa.eu>.
- [12] P. d. C. PDOT, «Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia del Cañar 2015 - 2019,» Azogues, 2015.

Recibido: 30/11/2023

Aceptado: 30/12/2023

