

# Optimización de sistemas fotovoltaicos para la comunidad de Yuwints en el oriente ecuatoriano

## *Optimization of photovoltaic systems for the Yuwints community in eastern Ecuador*

Iván Coronel<sup>1,\*</sup>, Julio Gómez<sup>1</sup> y Cristian Ortega<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Electromecánica, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador, ivan.coronel@unl.edu.ec, julio.r.gomez@unl.edu.ec, cristian.ortega@unl.edu.ec

\* Autor para correspondencia: ivan.coronel@unl.edu.ec

Fecha de recepción del manuscrito: 22/09/2022    Fecha de aceptación del manuscrito: 27/11/2022    Fecha de publicación: 29/12/2022

**Resumen**—El acceso a la electricidad para las comunidades aisladas del oriente de la república del Ecuador se ha vuelto un hito, por lo que las entidades gubernamentales buscan alternativas para su electrificación siendo la más viable la electrificación mediante SFV, es por ello que las empresas de distribución de energía eléctrica entre ellas la CENTROSUR con el programa Yantsa li Etsari que significa luz de nuestro sol, han realizado proyectos de electrificación mediante SFV aislados a diferentes comunidades de su área de concesión, estos sistemas sirven como base de análisis y de referencia por lo que se ha tomado como caso de estudio a la comunidad rural de Yuwints en el oriente ecuatoriano. La investigación contempla un estudio de la demanda de energía eléctrica de las viviendas de la comunidad en base a una encuesta realizada in-situ. La tabulación de la encuesta muestra la información energética, la distribución geográfica de las viviendas y otros resultados como la topología del lugar que lleva a agrupar (clusters) a las viviendas en cinco grupos. El algoritmo usa la herramienta de optimización lineal entera (LIP, por sus siglas en inglés) que incluye datos de demanda de energía y ubicación. A cada grupo como resultado de la optimización se halla el centro de masa y caída de tensión, ubicando de esta manera el lugar de emplazamiento de las Microrredes, en el caso que el algoritmo no realice alguna agrupación significa que la vivienda debe ser energizada por un sistema individual o puede mantener el existente.

**Palabras clave**—Sistemas fotovoltaicos, Microrredes, Optimización, Demanda de energía.

**Abstract**—Access to electricity for isolated communities in the east of the Republic of Ecuador has become a milestone, so government entities are looking for alternatives for electrification being the most viable electrification through SFV, which is why electricity distribution companies including CENTROSUR with the Yantsa li Etsari program that means light of our sun, have developed electrification projects by means of isolated SFV too some communities far from their concession areas. These systems serve as a basis for analysis and reference, which is why the rural community of Yuwints in eastern Ecuador has been taken as a case study. The research includes a study of the demand for electricity in the community's homes based on an on-site survey. The tabulation of the survey shows the energy information, the geographic distribution of the houses and other results such as the topology of the site that leads to (clusters) grouping the houses in five groups. The algorithm uses the linear integer optimization (LIP) tool that includes energy demand and location data. As a result of the optimization, the center of mass and voltage drop is found for each cluster, thus locating the location of the microgrids. If the algorithm does not perform any clustering, it means that the house must be energized by an individual system or it can keep the existing one.

**Keywords**—Photovoltaic systems, Microgrids, Optimization, Energy demand.

## INTRODUCCIÓN

El continuo avance tecnológico ha permitido la masificación del uso de la electricidad en diversas áreas, una de ellas es la domiciliaria, la cual se emplea en diversos artefactos eléctricos (Tabla 1), los mismos que han permitido mejorar la calidad de vida de las personas (Dolors, 2019). La cobertura eléctrica en el Ecuador pasó de 94,2 % en 2009 a 97,1 % en 2019, lo que representa un aumento de 3,1 % en el 2020, la energía eléctrica proveniente de otras fuentes renovables ha presentando un incremento de 1,3 % (MEM, 2020).

Para mejorar la cobertura eléctrica, la ampliación de la red nacional ha sido la principal estrategia para proporcionar acceso a la electricidad pero, en zonas con topografía irregulares, accidentadas con comunidades o centros de población remotos, la expansión de la red de distribución nacional puede resultar inviable (AIE, 2017); La industrialización masiva, además de ser un motor de las economías globalizadas, constituye una amenaza para el ecosistema debido a la emisión de gases de efecto invernadero (Bárcena *et al.*, s.f.). Entre los efectos de los gases invernadero, se encuentra el aumento de

la temperatura en la Tierra (Andrade *et al.*, s.f.), ocasionado por algunos gases como el  $CO_2$ . Por lo tanto, se consideran diferentes alternativas tecnológicas para la generación de energía eléctrica que permitan disminuir estas emisiones y utilizar los recursos energéticos renovables (G de Brito *et al.*, 2012).

Entre las fuentes alternativas, la energía fotovoltaica se considera actualmente como la fuente de energía natural más útil, ya que es libre, abundante, limpia, distribuida sobre la Tierra y participa como un factor primario de todos los procesos de producción de energía en la Tierra, (Dursun y Aykut, 2019).

En el Ecuador las comunidades de la región amazónica presentan un desafío al acceso de la energía eléctrica actual ya que se encuentran dispersas en la selva lo que conlleva que la electrificación con la red eléctrica pública convencional sea inviable por los altos costos y la topología remota de las comunidades (Domenech *et al.*, 2022). El estudio parte del análisis de energía eléctrica de la comunidad rural de Yuwints en el oriente ecuatoriano, la comunidad se encuentra electrificada mediante sistemas fotovoltaicos fijo (SFV), el cual está conformado por dos paneles fotovoltaicos, una batería que cumplen la función de almacenar y suministrar la electricidad hacia cada vivienda a través de un inversor para corriente alterna (Flores, 2015). Por lo tanto, la motivación de este estudio es mejorar el sistema, para ello se plantea optimizar la captación fotovoltaica realizando la agrupación de las viviendas que posean características similares de demanda energética.

Los datos solares utilizados en el estudio se tomaron del atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) para el año 2020 (Scinergy, 2020).

### Ubicación y electrificación de la comunidad de Yuwints.

La comunidad de Yuwints se encuentra en la provincia de Morona Santiago perteneciente al cantón Taisha, parroquia Macuma, la vía de acceso a la comunidad es a pie o por medio de avioneta. Yuwints se encuentra a una latitud de  $-2.165159^\circ$  y longitud de  $-77.577592^\circ$  a 16 km de la parroquia de Macuma, en la figura 1 se muestra la ubicación de la comunidad.



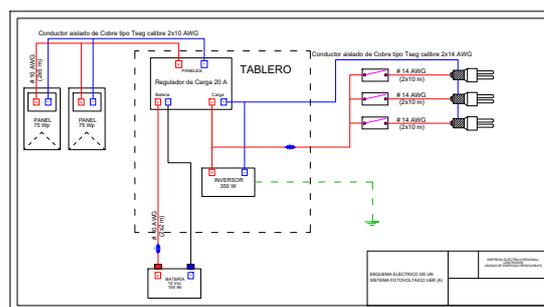
**Fig. 1:** Colocalización de la comunidad de Yuwints en el oriente ecuatoriano. (Earth, 2022; GAD, 2022).

El suministro de energía eléctrica de Yuwints es mediante paneles fotovoltaicos fijos instalados por la Empresa Eléctrica Regional Centrosur (CENTROSUR), la comunidad está conformada por treinta y cuatro viviendas, una pista de avioneta, una escuela, un subcentro de salud y una cancha de uso múltiple para la práctica de deporte (Agustín y Apolo, 2017). La figura 2 muestra un mapa con la ubicación de la comunidad de Yuwints, el área de concesión de la CENTROSUR y los diferentes proyectos fotovoltaicos autónomos instalados por la Centrosur en la Amazonía ecuatoriana.



**Fig. 2:** Localización de la comunidad de Yuwints en el oriente ecuatoriano (CENTROSUR, 2020)

El programa de electrificación mediante SFV, implementados en las comunidades aisladas de la red eléctrica pública en el oriente ecuatoriano y en el área de concesión de la CENTROSUR, parte de los recursos provenientes del estado fondo de electrificación rural y urbano marginal (FERUM) (CONELEC, 2009) y es de responsabilidad de la empresa Centrosur la formulación, ejecución y operación de los proyectos (Greene y Mendoza, 2020). Los beneficiarios de este proyecto fueron directamente los habitantes de las comunidades entre ellas Yuwints y su uso es básicamente residencial pero el programa abarca también casas comunales, escuelas y centros de salud (Flores, 2015).



**Fig. 3:** Diagrama del circuito básico del SFV del programa Yantsa li Etsari (Quituisaca, 2015)

Los SFV son unifamiliares y pueden brindar el servicio de iluminación y consumo de un artefacto menor por un período de 3 a 4 días aún en ausencia de radiación solar, la figura 3 muestra el diagrama del circuito básico implementado en el programa Yantsa li Etsari implementado por la Centrosur (Quituisaca, 2015).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología de este estudio consiste en recopilar información de las necesidades de energía eléctrica actual de cada vivienda de la comunidad Yuwints, mediante la aplicación de una encuesta in situ. Con esta información se realiza un programa de optimización en el software de MATLAB, usando programación lineal entera con la finalidad de agrupar a las viviendas que poseen características similares tanto en demanda de energía y considerando la distancia. Con los resultados de la optimización se realiza el cálculo de la ubicación de los SFV para las viviendas seleccionadas.

Con la ubicación del sitio de emplazamiento de los SFV seleccionados por el programa de optimización, se realiza el cálculo de la caída de tensión (%DV), desde el SFV hasta cada una de las viviendas, mismas que no deben sobrepasar el 5% según la National Electric Code (NEC); (Holt, 2020). La figura 4 muestra un diagrama de flujo del algoritmo de optimización realizado.

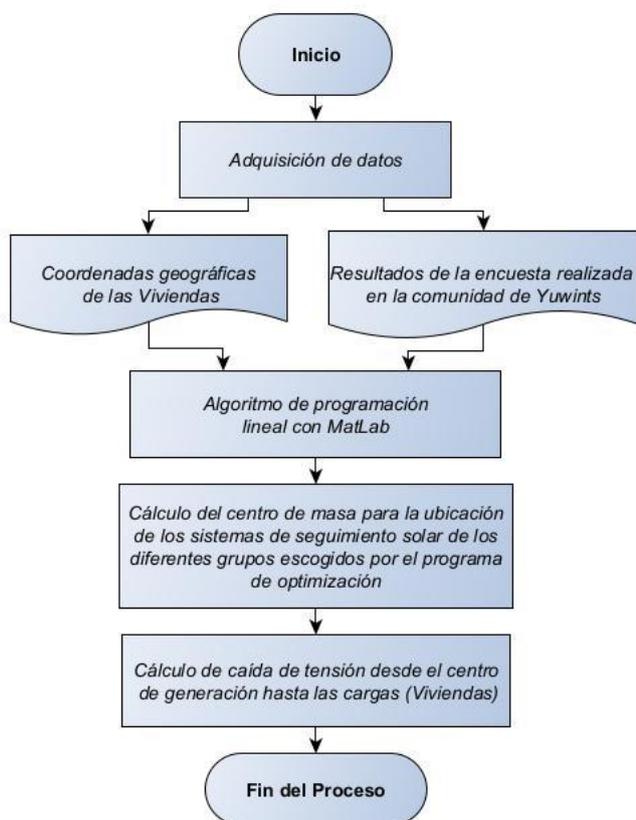


Fig. 4: Diagrama de flujo del algoritmo de optimización. Fuente: Autor.

La programación lineal con sus siglas en inglés (LP) constituye un gran campo de la optimización, ya que muchos de los problemas de investigación se los puede resolver o planear con LP.

Las técnicas de optimización se usan para encontrar un conjunto de parámetros de diseño que de alguna manera pueden ser definidos como óptimos (Ploskas y Samaras, 2017). Cuando las funciones del objetivo y la restricción son todos afines, el problema es resuelto mediante técnicas de LP. El objetivo de la optimización es el de encontrar la mejor solución frente a las múltiples soluciones.

- La función objetivo es la siguiente:

$$Z_{\max} = X_1 + X_2 + \dots + X_n$$

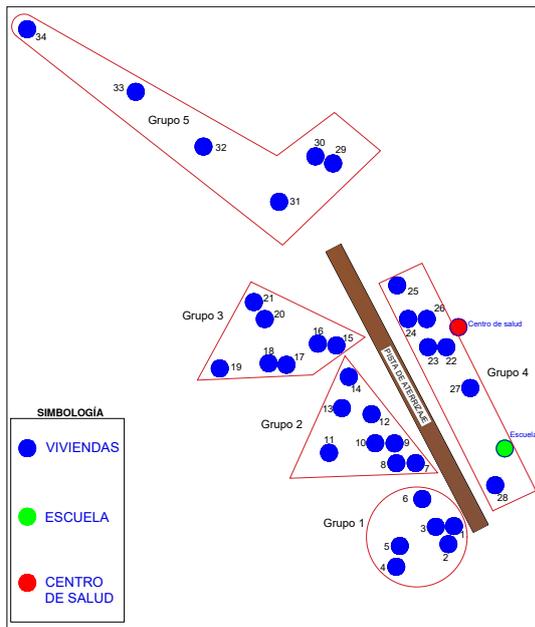
- Sujeto a la restricción:

$$X_1 + X_2 + \dots + X_n \leq 600$$

En el optimization toolbox de MATLAB se encuentran disponibles varias funciones de optimización, para este caso se hizo uso de Intlinprog que utiliza una estrategia básica para resolver programas lineales de enteros mixtos. Intlinprog puede resolver el problema en cualquiera de las etapas. Si resuelve el problema en una etapa, intlinprog no ejecuta las etapas posteriores (Ploskas y Samaras, 2017).

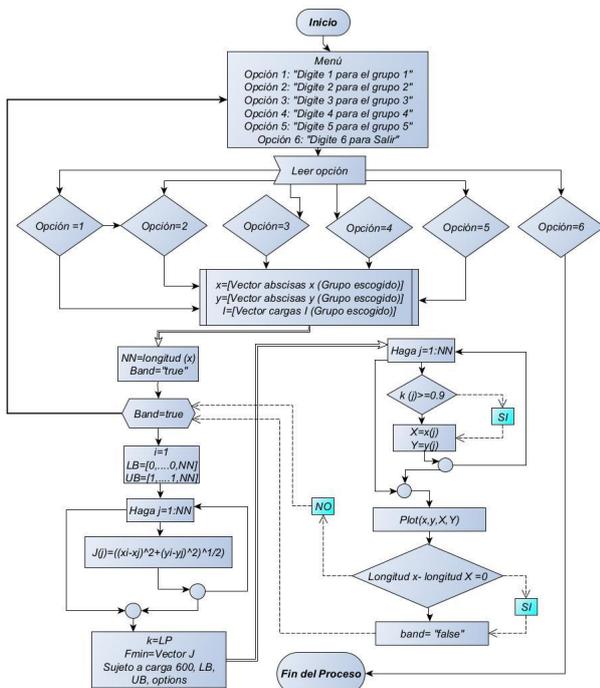
- Reduce el tamaño del problema mediante el preprocesamiento de programación lineal.
- Resuelve el problema inicial relajado (no entero) utilizando la programación lineal.
- Realiza el preprocesamiento del programa Mixed-Integer para ajustar la relajación LP del problema de entero mixto.
- Trata de cortar la generación para aumentar aún más la relajación LP del problema de números enteros mixtos.
- Intenta encontrar soluciones enteras viables usando heurística.
- Utiliza un algoritmo Branch and Bound para buscar sistemáticamente la solución óptima. Este algoritmo resuelve relajaciones LP con rangos restringidos de valores posibles de las variables enteras. Intenta generar una secuencia de límites actualizados sobre el valor objetivo óptimo de la función.

La figura 5 muestra la distribución de las viviendas de la comunidad con su respectiva identificación, para la aplicación del algoritmo de optimización, se realiza agrupaciones de las viviendas en grupos, esta agrupación se realiza por la ubicación geográfica de cada vivienda para tomar una adecuada selección de las mismas en base a la optimización realizada en el programa. A continuación, la figura 5 indica la agrupación realizada para los distintos grupos de la comunidad para la aplicación del algoritmo.



**Fig. 5:** Distribución de las viviendas en base a las coordenadas geográficas y distribución de los grupos para la aplicación del programa de optimización. Fuente: Autor.

Para abordar el problema de la agrupación, se realiza un menú en el programa de optimización realizado, el cual permite seleccionar un grupo para optimizarlo, el flujoograma del algoritmo con el menú se muestra en la figura 6.



**Fig. 6:** Flujoograma del algoritmo realizado en MATLAB para la optimización. Fuente: Autor.

La %DV viene determinada por la ecuación 1 (Julián Rodríguez et al., 2014) La ecuación que representa la parábola

es:

$$\%DV = \frac{2PL}{S\gamma V} \tag{1}$$

- %DV = caída de tensión máxima admisible en voltios.
- S = sección calculada según el criterio de la caída de tensión máxima admisible en [mm<sup>2</sup>].
- V = tensión de servicio de la línea.
- $\gamma$  = conductividad del conductor en [m/Ω.mm<sup>2</sup>].
- P = potencia activa para la línea prevista en [W].
- L = longitud de la línea en [m].
- La conductividad a 20°C para el cobre es de 56 y para el aluminio de 35 [m/Ω.mm<sup>2</sup>].

**RESULTADOS**

De la tabulación de las encuestas se obtiene la curva de carga de la comunidad, la curva está compuesta de cargas tanto de AC y DC, la Figura 7 muestra la curva de carga de la comunidad de Yuwints elaborada en intervalos de 15 minutos, la curva presenta tres picos pronunciados de demanda de energía, en la mañana, en la tarde y un pico más pronunciado en horas de la noche Arrow (1931).



**Fig. 7:** Curva de carga en AC y DC de la comunidad de Yuwints. Fuente: Autor

**Tabla 1:** Muestra los artefactos eléctricos de mayor uso identificados en la encuesta realizada a la comunidad.

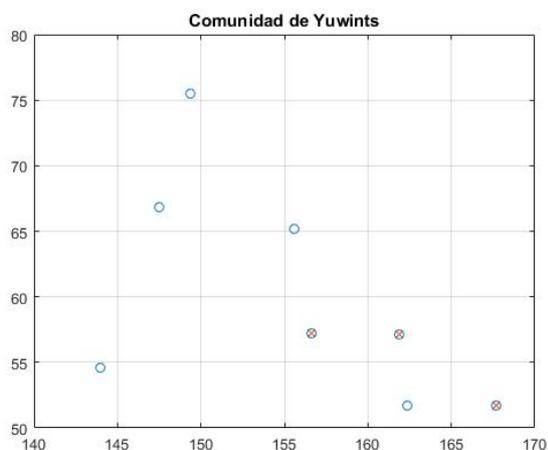
Artefactos Eléctricos Típicos de la Comunidad		
Item	Descripción	Potencia (W)
1	Lámpara (LFC)	11
2	Radio	10-20
3	Televisión	65-85
4	DVD	15-20
5	Computador	65-150
6	Cargador de teléfono celular	5
7	Teléfono satelital	10

Los datos de mayor interés para este estudio son los datos de la energía diaria que necesita cada vivienda. La Figura 8 muestra la energía necesaria en Wh/día para cada vivienda según la encuesta realizada en la comunidad, la imagen muestra que la vivienda con mayor requerimiento energético presenta una demanda de 362,9 Wh/día, en cambio la vivienda con menor requerimiento energético presenta una demanda de 23,65 Wh/día.



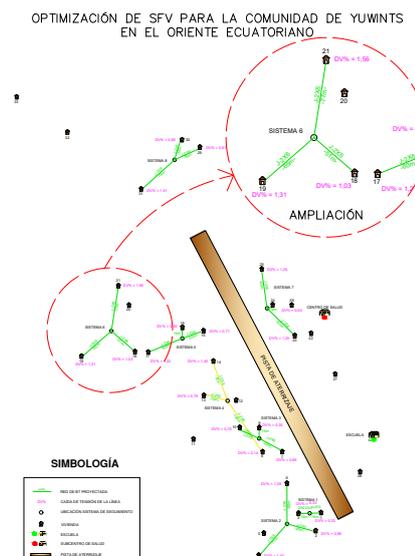
**Fig. 8:** Energía necesaria para cada vivienda de un día según la encuesta. Fuente: Autor

Al seleccionar en el menú del programa de optimización a un grupo, el programa realiza una selección de las viviendas que se encuentran dentro de las restricciones establecidas dentro del programa y las agrupa. La Figura 9 muestra la primera iteración del programa realizado con la selección en el menú del grupo 2, los círculos de color azul muestran la ubicación de las viviendas y los círculos azules con una x roja representa la agrupación de las viviendas seleccionadas.



**Fig. 9:** Primera iteración del programa realizado para el grupo dos en MATLAB, donde se agrupan tres viviendas. Fuente Autor.

Cuando ya se tienen las viviendas seleccionadas mediante el programa de optimización, se realiza la ubicación de los SFV optimizados para cada agrupación, el lugar de emplazamiento se encuentra con la ubicación del centro de masa de las viviendas agrupadas por el programa de MATLAB, con lo que se garantiza una correcta distribución de energía hacia las viviendas respetando el límite de la %DV en corriente alterna establecido por la NEC, la Figura 10 muestra los lugares seleccionados para los SFV optimizados para cada agrupación.



**Fig. 10:** Ubicación del lugar de los SFV optimizados, en base a las agrupaciones realizadas y caída de tensión de los sistemas.

Con el empleo de la ecuación 1 y la selección del conductor se realiza la caída de tensión de los SFV, la Figura 10 muestra la caída de tensión de los SFV optimizados hacia cada una de las viviendas de la agrupación y la Tabla 2 muestra los grupos de viviendas seleccionados por el programa de optimización y la demanda de energía de los SFV, donde se observa que el sistema de mayor demanda de energía es el de la segunda iteración del grupo 4 con 576 Wh/día.

**Tabla 2:** Resultados de las agrupaciones según el algoritmo

Agrupaciones de las viviendas mediante la optimización				
Nº	Nº de iteración	Cant. de viviendas	Nº de vivienda	Energía Wh /día
grupo 1	1	2	1,3	474
	2	3	2,4,6	535
	3	1	5	89
grupo 2	1	3	7,9,10	481
	2	3	8,13,14	535
	3	1	11	154
grupo 3	1	1	12	110
	1	3	15,16,17	495
	2	3	18,19,21	550
grupo 4	2	1	20	65
	1	1	2	280
	2	3	23,24,25	576
	3	1	26	24
grupo 5	3	1	27	71
	3	1	28	271
	1	3	29,30,31	500
	2	1	32	160
grupo 5	2	1	33	170
	2	1	34	170

La tabla 3 muestra el cálculo de la %DV realizado para los grupos.

Tabla 3: Cálculo de la %DV del SFV

Caída de Tensión							
GRUPO 1							
SISTEMA 1	#	I fase	Cond.	Voltaje	Sección	Longitud	% dV
	Fases	(A)	Alimentación	(Vca)	mm <sup>2</sup>	m	
Vivienda #1	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	16,12	0,33
Vivienda #3	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	16,10	0,33
SISTEMA 2	#	I fase	Cond.	Voltaje	Sección	Longitud	% dV
	Fases	(A)	Alimentación	(Vca)	mm <sup>2</sup>	m	m
Vivienda #2	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	48,21	0,98
Vivienda #4	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	70,75	1,43
Vivienda #6	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	68,16	1,38
GRUPO 2							
SISTEMA 3	#	I fase	Cond.	Voltaje	Sección	Longitud	% dV
	Fases	(A)	Alimentación	(Vca)	mm <sup>2</sup>	m	
Vivienda #7	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	42,48	0,86
Vivienda #9	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	15,00	0,30
Vivienda #10	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	37,61	0,76
SISTEMA 4	#	I fase	Cond.	Voltaje	Sección	Longitud	% dV
	Fases	(A)	Alimentación	(Vca)	mm <sup>2</sup>	m	
Vivienda #8	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	105,98	2,14
Vivienda #13	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	39,21	0,79
Vivienda #14	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	71,58	1,45
GRUPO 3							
SISTEMA 5	#	I fase	Cond.	Voltaje	Sección	Longitud	% dV
	Fases	(A)	Alimentación	(Vca)	mm <sup>2</sup>	m	
Vivienda #15	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	34,97	0,71
Vivienda #16	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	15,00	0,30
Vivienda #17	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	60,39	1,22
SISTEMA 6	#	I fase	Cond.	Voltaje	Sección	Longitud	% dV
	Fases	(A)	Alimentación	(Vca)	mm <sup>2</sup>	m	
Vivienda #18	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	50,94	1,03
Vivienda #19	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	64,70	1,31
Vivienda #21	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	77,20	1,56
GRUPO 4							
SISTEMA 7	#	I fase	Cond.	Voltaje	Sección	Longitud	% dV
	Fases	(A)	Alimentación	(Vca)	mm <sup>2</sup>	m	
Vivienda #23	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	61,81	1,25
Vivienda #24	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	2,00	0,04
Vivienda #25	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	63,31	1,28
GRUPO 5							
SISTEMA 7	#	I fase	Cond.	Voltaje	Sección	Longitud	% dV
	Fases	(A)	Alimentación	(Vca)	mm <sup>2</sup>	m	
Vivienda #29	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	45,06	0,91
Vivienda #30	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	32,74	0,66
Vivienda #31	1F2C	5,24	1x6(6)	120	13,31	74,48	1,51

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos al aplicar el algoritmo a la comunidad de Yuwints fue significativo pues se permite diseñar configuraciones de microredes de SFV o a su vez individuales. Los datos necesarios para la aplicación del algoritmo son la ubicación de las viviendas y su demanda de energía. El programa Yantsa li Etsari implementado por la Centrosur (Greene y Mendoza, 2020) tuvo mucha relevancia, siendo el punto de partida de esta investigación en la cual se realiza una modificación en el análisis energético de las viviendas de la comunidad, realizando el levantamiento de información de las necesidades energéticas que requieren los habitantes de la comunidad, evidenciando que las necesidades son distintas entre cada usuario, lo cual permite agrupar de tal forma que el SFV pueda ser compartido.

La optimización muestra los beneficios que se obtiene al realizar agrupaciones de sistemas para formar una microred una de las ventajas consiste en abastecer del suministro eléctrico a la vivienda que en una hora determinada requiera energía en mayor proporción que las otras viviendas que se encuentran conectadas a la misma red. Las consideraciones que se deben tomar en cuenta al momento de diseñar una micro red son la radiación solar, la demanda de energía y las coordenadas de las viviendas, la diferencia con (Domenech *et al.*, 2022) es el cálculo de la caída de tensión, valor importante para entregar energía eléctrica de calidad a los consumidores (Vega, 2019) que garantiza el funcionamiento de los equipos

y dispositivos del SFV.

Los SFV son amigables con el medio ambiente y no perjudican a la flora y fauna del lugar (Rodríguez, 2020). El algoritmo se puede aplicar a otras regiones de la Amazonía del Ecuador e incluso en otras localidades aisladas a nivel mundial.

## CONCLUSIONES

La principal contribución de este trabajo es la optimización de los sistemas fotovoltaicos aislados, instalados por la Centrosur en la comunidad rural de Yuwints en la región Amazónica del Ecuador. La información energética de la comunidad es recopilada por una encuesta insitu, los resultados de la encuesta muestran que la vivienda de la comunidad de Yuwints con mayor requerimiento de energía es de 363 Wh/día y la de menor con 24 Wh/día. La distribución y la ubicación topográfica de las viviendas hace que sea necesario agruparlas en cinco grupos, el programa utiliza esta información junto a la demanda energética y las coordenadas de las viviendas. Finalmente, el programa analiza y selecciona agrupaciones de viviendas con características similares de necesidades energéticas tomando en consideración las restricciones y una demanda de energía 600 Wh/día. Con esta información se determina el lugar de los sistemas optimizados considerando la caída de tensión.

## AGRADECIMIENTOS

Al Técnico de energías renovables de la CENTROSUR el Sr. Elias Paue Juank, y a su hijo Kunaim Juank por la ayuda y guía en la visita realizada a las comunidades y a los líderes de las comunidades visitadas, en especial a Sr. Clever Wambangti Chiriap presidente comunero de Yuwints y a la empresa eléctrica CENTROSUR por los permisos correspondientes para la visita a las comunidades del proyecto Yantsa li Etsari.

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización: IC y JG; Metodología: CO; Análisis formal: IC.; Investigación: JG,IC, CO; Recursos: JG,IC, CO; Curación de datos: JG,IC, CO; Redacción — preparación del borrador original: JG,IC, CO; Redacción — revisión y edición: JG,IC, CO; Visualización: MIV; Supervisión: JG,IC, CO. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

IC: Iván Coronel, JG: Julio Gómez, CO: Cristian Ortega.

## REFERENCIAS

- Agustín, C., y Apolo, A. (2017). *Exploration of renewable sources for isolated systems*.
- AIE. (2017). *World Energy Outlook 2017 – Análisis - AIE*. Descargado 2022-08-08, de <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2017>
- Andrade, Monroy-G, J. D., Valencia, E., y Noriega, J. (s.f.). *Corpoica Ciencia y Tecnología*.
- Arrow, G. (1931). The coleopterous genus *Trichillum* (Copridae), with a key to the species. *The Annals and Magazine of Natural History*, 10(8), 609–611. doi: <https://doi.org/10.1080/00222933108673452>
- Bárcena, A., Samaniego, J., Galindo, L. M., Carbonell, J. F., Alatorre, J. E., Stockins, P., ... Mostacedo, J. (s.f.). La economía del cambio climático en américa latina y el caribe. una visión gráfica.
- CENTROSUR. (2020). *PROYECTOS FOTOVOLTAICOS CON NUEVAS REGULACIONES*. – *Centrosur*. Descargado 2022-08-08, de <https://www.centrosur.gob.ec/proyectos-fotovoltaicos-con-nuevas-regulaciones/>
- CONELEC. (2009). *Atlas solar del ecuador*. Descargado de <http://energia.org.ec/cie/wp-content/uploads/2017/09/AtlasSolar.pdf>
- Dolors, C. (2019). El proceso normativo ante el avance tecnológico y la transformación digital. *Revista General de Derecho Administrativo* 50.
- Domenech, B., Ferrer-Martí, L., García, F., Hidalgo, G., Pastor, R., y Ponsich, A. (2022). Optimizing pv microgrid isolated electrification projects—a case study in ecuador. *Mathematics*, 10. doi: 10.3390/math10081226
- Dursun, B., y Aykut, E. (2019, aug). An investigation on wind/PV/fuel cell/battery hybrid renewable energy system for nursing home in Istanbul. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 233(5), 616–625. Descargado de <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0957650919840519> doi: 10.1177/0957650919840519
- Earth, G. (2022). *No title*. Descargado de [https://earth.google.com/web/search/yuwints/@-2.15427171,-77.5808573,516.6967509a,1055.70627509d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCXXg1Q2\\_ZCFAEV5GN3tidibAGUs3fTSXSk\\_AIbqk8EFuTVrA](https://earth.google.com/web/search/yuwints/@-2.15427171,-77.5808573,516.6967509a,1055.70627509d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCXXg1Q2_ZCFAEV5GN3tidibAGUs3fTSXSk_AIbqk8EFuTVrA)
- Flores, L. E. U. (2015). *Procedimiento para la electrificación en zonas aisladas: Caso cantón taisha, morona santiago*.
- G de Brito, M. A., Poltronieri Sampaio, L., Galotto Jr, L., Canesin, C., Aureliano Gomes de Brito, M., Galotto, L., ... Member, S. (2012). Evaluation of MPPT techniques for photovoltaic applications Evaluation of the Main MPPT Techniques for Photovoltaic Applications. Descargado de <http://ieeexplore.ieee.org>. doi: 10.1109/ISIE.2011.5984303
- GAD. (2022). *gobierno autónomo de morona santiago - Búsqueda de Google*. Descargado 2022-09-20, de [https://www.google.com/search?q=gobierno+aut{ó}nomo+de+morona+santiago&source=lnms&tbm=isch&a=X&ved=2ahUKewil\\_5y4v6P6AhUaRTABHayyAfoQ\\_AUoAXoECAEQAw&biw=1366&bih=663&dpr=1#imgrc=1HeIdIhBN5jf2M](https://www.google.com/search?q=gobierno+aut{ó}nomo+de+morona+santiago&source=lnms&tbm=isch&a=X&ved=2ahUKewil_5y4v6P6AhUaRTABHayyAfoQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1366&bih=663&dpr=1#imgrc=1HeIdIhBN5jf2M)
- Greene, N., y Mendoza, V. (2020). Policy paper: Diagnóstico sobre las energías renovables en el mundo, ecuador y perú. , 38.
- Holt. (2020). *Appendix a matlab 's optimization toolbox*. doi: 10.1007/978-3-319-65919-0
- MEM. (2020). 01-capitulo-01ben-2020-web-17-46. , 26-45. Descargado de <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/01-CAPITULO-01BEN-2020-Web-17-46.pdf>
- Ploskas, N., y Samaras, N. (2017). *Appendix a matlab 's optimization toolbox*. doi: 10.1007/978-3-319-65919-0
- Quituisaca, P. (2015). *Modelo de gestión sostenible de proyectos de electrificación rural aislada mediante energías renovables – aplicación al caso centrosur*.
- Scinergy. (2020). *Mapa solar del ecuador*. Descargado de [https://www.epn.edu.ec/wp-content/uploads/2020/04/MAPA\\_SOLAR\\_DEL\\_ECUADOR\\_final.pdf](https://www.epn.edu.ec/wp-content/uploads/2020/04/MAPA_SOLAR_DEL_ECUADOR_final.pdf)
- Vega, A. R. C. (2019). *Diseño y dimensionamiento de los conductores eléctricos para el proceso de arranque de motores en la cámara de bombas nivel 570 zona manuelita Área mina-cia argentum s.a.* . Descargado de [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/5490/2/IV\\_FIN\\_103\\_TSP\\_Cuyutupac\\_Vega\\_2019.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/5490/2/IV_FIN_103_TSP_Cuyutupac_Vega_2019.pdf)