



Evaluación en el uso de microrredes para la mejorar la calidad del suministro eléctrico en la Quebrada de Guillén

Evaluation in the use of microgrids to improve power supply quality in the Guillén's Ravine

Alcira Magdalena-Vélez Quiroz^I, Miriam Lourdes-Filgueiras Sainz de Rozas^{II}, Miriam-Vilaragut Llanes^{II}, María-Rodríguez Gámez^I, Gino Joaquin-Mieles Mieles^I

^IUniversidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador

^{II}Universidad Tecnológica de La Habana "José A. Echeverría", CUJAE, La Habana, Cuba

*Autor de correspondencia: miriaml@electronica.cujae.edu.cu

Recibido: 2 de junio de 2022

Aprobado: 3 de septiembre de 2022

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



RESUMEN/ABSTRACT

La matriz energética del Ecuador opera cambios en su estructura con una proyección basada en la generación distribuida con fuentes renovables de energía, a partir del potencial que presenta el territorio. La Quebrada de Guillén, en el municipio Portoviejo de Manabí, es un territorio con un terreno irregular y redes eléctricas próximas a los ríos; esto provoca en el invierno interrupciones al servicio eléctrico, por las averías que afectan el territorio. El objetivo de la investigación es analizar alternativas que permitan mejorar la calidad del servicio eléctrico y en algunos casos ofrecer estabilidad energética, mediante la introducción de microrredes en forma de sistemas aislados. Se empleó el sistema de información geográfica y el CYME 9.2, para el modelado y análisis de microrredes; obteniéndose como resultado la simulación de sistemas fotovoltaicos que pueden ser incorporados en modo generación distribuida para mejorar la calidad en el servicio eléctrico a este territorio.

Palabras clave: calidad del suministro eléctrico; fuentes renovables de energías; sistemas solares fotovoltaicos.

Ecuador's energy matrix is undergoing changes in its structure with a projection based on distributed generation with renewable energy sources, from the potential of the territory's. The Guillén's Ravine, in the municipality of Portoviejo at in the province of Manabí, is a territory with irregular terrain and the electrical grids are close to rivers. This situation causes interruptions to the electrical service in the winter, due to breakdowns that affect the territory. The objective of the research is to analyze alternatives to improve the quality of the electric service and, in some cases, to offer energy stability through the introduction of microgrids in a way as isolated systems. The geographic information system and the software CYME 9.2 were used for the modeling and analysis of microgrids. As a result by simulation of photovoltaic systems we obtained that these systems can be incorporated in a distributed generation mode to improve the quality of electricity service to this territory.

Key words: power supply quality; renewable energy sources; solar photovoltaic systems

INTRODUCCIÓN

La electricidad constituye una parte básica de las necesidades del hombre moderno, al igual que el suministro de agua limpia, el cuidado médico, la educación, etc. Según el informe intergubernamental del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) relacionado con el cambio climático se anuncian muchos problemas, en los que están implícitos la energía y el agua por lo que se deben realizar proyecciones estratégicas para minimizar estas dificultades [1]. A pesar de los extraordinarios avances tecnológicos experimentados en el campo de la generación de electricidad, su transmisión y distribución, en la actualidad existen en el mundo más de 780 millones de seres humanos que viven sin electricidad, según la Agencia Internacional de Energía, el mundo no logrará garantizar el acceso universal a una energía asequible, segura, sostenible y moderna antes de 2030 a menos que los esfuerzos se amplíen de manera significativa [2].

Cómo citar este artículo:

Alcira Magdalena Vélez Quiroz, *et al.* Evaluación en el uso de microrredes para la mejorar la calidad del suministro eléctrico en la Quebrada de Guillén. Ingeniería Energética. 2022. 43(3), septiembre/diciembre. ISSN: 1815-5901.

Sitio de la revista: <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/index>

Las personas que residen en áreas rurales, a las que no ha llegado el servicio eléctrico, llevan una vida compleja con serias limitaciones para realizar tareas de orden social; en las noches, no tienen acceso a los medios de difusión y durante la mitad de las 24 horas del día reinan el silencio y la oscuridad en su vida social. El acceso a la electricidad genera una mejora en la calidad de vida de las personas y la incorporación activa a una vida social saludable e integrada. También, permite reducir la marginalidad, incrementar la seguridad ciudadana, así como mejorar la salud pública y la educación entre otras ventajas. Las posibilidades de estar bien informados y el esparcimiento que propicia el uso de la radio y la televisión, permite que la vida se torne diferente. El almacenamiento adecuado e higiénico de los alimentos con el uso de refrigeradores incrementa el confort de la vida de las personas. La electrificación rural constituye un importante reto para el gobierno ecuatoriano, en función de lograr los objetivos trazados para el buen vivir de las personas del campo. El suministro de energía contribuye a reducir los índices de pobreza, la marginalidad y es posible mejorar las condiciones sanitarias, propiciando el crecimiento económico mediante la competitividad y el incremento de las producciones agrícolas.

Existen fuentes renovables de energía en el país que pueden ser utilizadas en sitios alejados de la red eléctrica, acogidas a la iniciativa técnica de las microrredes en el modo de la generación distribuida, logrando con ello reducir las pérdidas y garantizar un servicio eléctrico de calidad, donde una extensión del sistema centralizado no se justifica ni técnica ni económicamente [3]; además aprovechando el marco regulatorio del sector eléctrico ecuatoriano recientemente aprobado por la empresa eléctrica nacional. Pero estas fuentes renovables de energía presentan problemas asociados a la fluctuación de las propias fuentes y la aleatoriedad en la demanda, por parte de los consumidores; por lo cual surge un nuevo modelo: la microrred, que considera la generación y las cargas asociadas como un subsistema o microrred. Aunque esta definición está aun bajo discusión entre académicos y empresarios, se está utilizando mucho en los últimos años, para referirse a aquel conjunto de generadores, cargas y almacenamiento que puede ser gestionado de forma aislada o conectado a una red eléctrica de manera coordinada, para suministrar electricidad de manera confiable [4]. Se han estudiado los desafíos de la calidad de la energía cuando se integran en la red los sistemas con fuentes renovables, estos pueden presentar diferentes problemas, uno de ellos reportado por investigadores donde se valora el impacto que provoca una alta penetración de las fuentes renovables y las técnicas de mejora de la calidad [5], estos estudios se han realizado por medio de simulaciones en el MATLAB/Simulink.

La necesidad de incorporar las fuentes renovables a la red eléctrica se hace crucial en los momentos actuales, por lo que hay que buscar alternativas que permitan su integración a la red eléctrica tradicional de manera segura. En algunos sitios se han establecido requisitos y reglamentos, un grupo de investigadores realizan estudios sobre los requisitos relacionados con la estabilidad del voltaje, la estabilidad de la frecuencia, la transferencia del voltaje, calidad de la energía, regulaciones de potencia activa y reactiva hacia la estabilidad de la red [6], y han propuestos diferentes métodos de control. Los requisitos tienen como propósito mejorar la operación, la estabilidad, la seguridad y la confiabilidad de la red; pese a ello, se recomienda que se deben realizar mejoras adicionales con respecto a las regulaciones de protección, la armonización global y la optimización del control. El problema de los impactos asociados a la incorporación de las fuentes renovables en forma de generación distribuida al sistema eléctrico se continúa estudiando, ya que estos sistemas de generación deben incorporarse de forma segura y que, además, ayuden a reducir las pérdidas energéticas por distribución [7].

Todo lo anterior ha ayudado a repensar y planificar los procesos que ocurren en el sistema eléctrico existente, cuando se incorporan fuentes renovables en el modo de la generación distribuida o microrredes; cuando se habla de planificación óptima de la generación distribuida, con fuentes renovables, se debe valorar que estas garanticen que el rendimiento de la red de distribución pueda cumplir con la calidad de energía esperada, la estabilidad de voltaje, la reducción de pérdidas, la confiabilidad y la rentabilidad [8]. Actualmente, el uso de los recursos energéticos distribuidos, con cargas controlables y diferentes formas de almacenamiento, constituye el foco central del concepto de microrred. Una microrred puede operar interconectada con la red de distribución principal, por medio de un punto de acoplamiento o en modo isla y también puede interconectarse con otras microrredes, pudiendo dar lugar a sistemas más complejos [9].

La microrred permite una coordinación exitosa en la generación distribuida, ya que incluye de forma integrada generación, las cargas locales y los sistemas de almacenamiento. Pero lo más importantes es que estas microrredes pueden garantizar calidad de suministro para cargas locales tales como comunidades rurales, edificios, polígonos industriales, centros comerciales, y otros. La microrred, con su propio control y calidad de suministro, permite una integración escalable de generación local y de cargas en las redes eléctricas existentes, permitiendo una mejor penetración de las fuentes renovables de energía en la generación distribuida [10]. En la provincia de Manabí se han estudiado diferentes fuentes renovables de energía, que se encuentran disponibles en forma distribuida; de entre ellas, el potencial solar se encuentra en el orden de 4 a 4,6 kWh/m²día, con niveles de intensidad y calidad, por lo que puede ser aprovechado en la generación de electricidad, tanto mediante sistemas conectados a la red, como en sistemas autónomos aislados para la electrificación rural, el bombeo de agua o la iluminación pública [11].

Todo ello facilita la planificación de la capacidad distribuida en todo el sistema, y para mejorar el impacto de la conectividad de generación distribuida para la mejora de la confiabilidad del sistema y su eficiencia de la red [12]. La empresa eléctrica ha extendido el servicio de energía eléctrica para uso de la población [13], logrando un impacto social que ha propiciado el agradecimiento de los pobladores que reconocen el esfuerzo realizado en este objetivo; aun cuando el impacto económico no es el adecuado y donde, a pesar del esfuerzo, no se logran los resultados esperados en cuanto a la calidad del servicio, debido a que estas zonas se encuentran muy alejadas de los centros de generación

En los trabajos de campo se ha podido comprobar, que en las zonas beneficiadas se brinda un servicio eléctrico con baja calidad, dada la inestabilidad en los parámetros de tensión y frecuencia, esta inestabilidad tiene su origen en la excesiva extensión de la red eléctrica desde los centros de generación hidráulica ubicados en el centro del país, donde además se reportan grandes pérdidas [14]. Las dificultades anteriores han provocado que sea necesario aumentar los mantenimientos de las líneas eléctricas y la realización de inversiones en transformadores para reducir los inconvenientes técnicos, lo que eleva los costos del kWh servido [15]. Todo ello guarda relación con actividades que pueden tener un campo de aplicación práctica, con un impacto económico concreto. La diversificación del sistema eléctrico en los momentos actuales esta potenciado con las nuevas regulaciones del servicio eléctrico [16], donde ya los usuarios pueden incorporar sus sistemas de autoconsumo [17]. El cambio de la matriz energética está llamado a constituirse en una herramienta política para el trabajo de planeamiento, direccionado un cambio en la composición de la generación eléctrica con la incorporación de las fuentes de recursos renovables y así garantizar la autonomía energética, teniendo como meta la consolidación de una base energética de indudable sostenibilidad.

La necesidad del cambio está enfocada en aprovechar al máximo, el potencial hidráulico para pequeñas instalaciones en la provincia [18]; pero técnicamente tendrá que ponerse miras en las posibilidades de diversificación del servicio eléctrico, con el aprovechamiento de otras fuentes renovables que al igual que la hidráulica presentan una formidable disponibilidad, e incluso en algunos casos es superior, como resulta el potencial solar en las zonas costeras. El objetivo del trabajo está orientado en buscar alternativas viables, desde el punto de vista técnico, que permitan mejorar la calidad del servicio eléctrico y en algunos casos ofrecer estabilidad energética, mediante la introducción de microrredes que ayuden a mejorar la calidad del servicio eléctrico, aprovechando el potencial solar existente en la quebrada de Guillén, frente a las desventajas que representa una extensión de las líneas eléctricas, por las pérdidas y la baja estabilidad del servicio que se brinda.

MÉTODOS

El trabajo se realizó con un enfoque mixto (cualitativo-cuantitativo) con un diseño cuasiexperimental transversal, aplicándose diferentes métodos: el histórico-lógico, para estudiar la evolución del fenómeno y sus interrelaciones con los factores del entorno; el inductivo-deductivo, para determinar causas y condiciones, formular hipótesis y enfrentar la investigación.

Para hacer los análisis del comportamiento de las líneas eléctrica; se utilizó el software CYME [19], que resulta en una herramienta conducente y adecuada para modelar todo el sistema de distribución y abordar las necesidades de la simulación en cuanto a los análisis de capacidad, contingencia, calidad de energía y optimización. También, para lograr el análisis de optimización de la línea eléctrica de la Quebrada de Guillén, se utilizó el Sistema de Información Geográfica (SIG), este sistema, permitió georreferenciar los puntos donde se encontraban los transformadores.

RESULTADOS

Los sistemas eléctricos han ido evolucionando a nivel global, en este sentido debido a los procesos de contaminación ambiental y la apuesta por reducir los efectos negativos del cambio climático, se trabaja en lograr aprovechar los recursos energéticos renovables, aprovechando los conceptos de generación distribuida, donde se aprovecha en recurso donde se encuentra para generar energía, potenciando la sostenibilidad energética y cambiando al nuevo esquema de las microrredes donde las fuentes renovables de energía son las que potencian este esquema [20]. En Ecuador fundamentalmente en las zonas costeras donde existe la amenaza de riesgos, sísmicos e inundación se han estudiado las ventajas de las microrredes; debido a que permiten su uso de manera aislada sin los inconvenientes que provoca en la estabilidad por extensión del sistema eléctrico [21].

La Quebrada de Guillén se encuentra ubicada en la parroquia Abdón Calderón del cantón Portoviejo de la provincia de Manabí, alimentada por la subestación de Playa Prieta; esta se encuentra alejada de la red eléctrica, en este sentido a medida que la red se va alargando esta se va debilitando, de forma tal que los usuarios que se encuentran ubicados al final de la línea tienen dificultades con la calidad del servicio eléctrico, en la figura 1 (a), se muestra la ubicación geográfica de la quebrada de Guillén [22].

Como se puede observar la línea eléctrica que alimenta este territorio parte de la subestación playa Prieta en (B), esta se extiende por toda la parroquia Abdón Calderón hasta llegar a la quebrada, mientras mayor es el recorrido que haga la línea monofásica tendrá mayores pérdidas, ya sea por el exceso de consumo de los usuarios o por efectos de calentamiento joule.

Una de las dificultades que presenta la ubicación de las líneas eléctricas en la Quebrada de Guillén, es que se encuentra al final de la línea, cuyo trazado se hizo estas van cercanas cercano a los ríos, provocando que en tiempo de invierno estas son las líneas estén afectadas por la humedad, la incidencia de los árboles, derrumbe de postes, y con ello empeorando con ello el servicio de los usuarios.

Para lograr hacer el análisis de optimización de la línea eléctrica que alimenta la Quebrada de Guillén fue necesario referenciar todos los elementos que componen el sistema, como se muestra en la figura 1 (b). Con la estructura de la línea eléctrica de media tensión se pudo evaluar el comportamiento del sistema eléctrico hasta la comunidad, de forma tal que es posible conocer cómo se comporta la tensión en cada punto de la línea. Esto se logró con la utilización del software CYME [23].

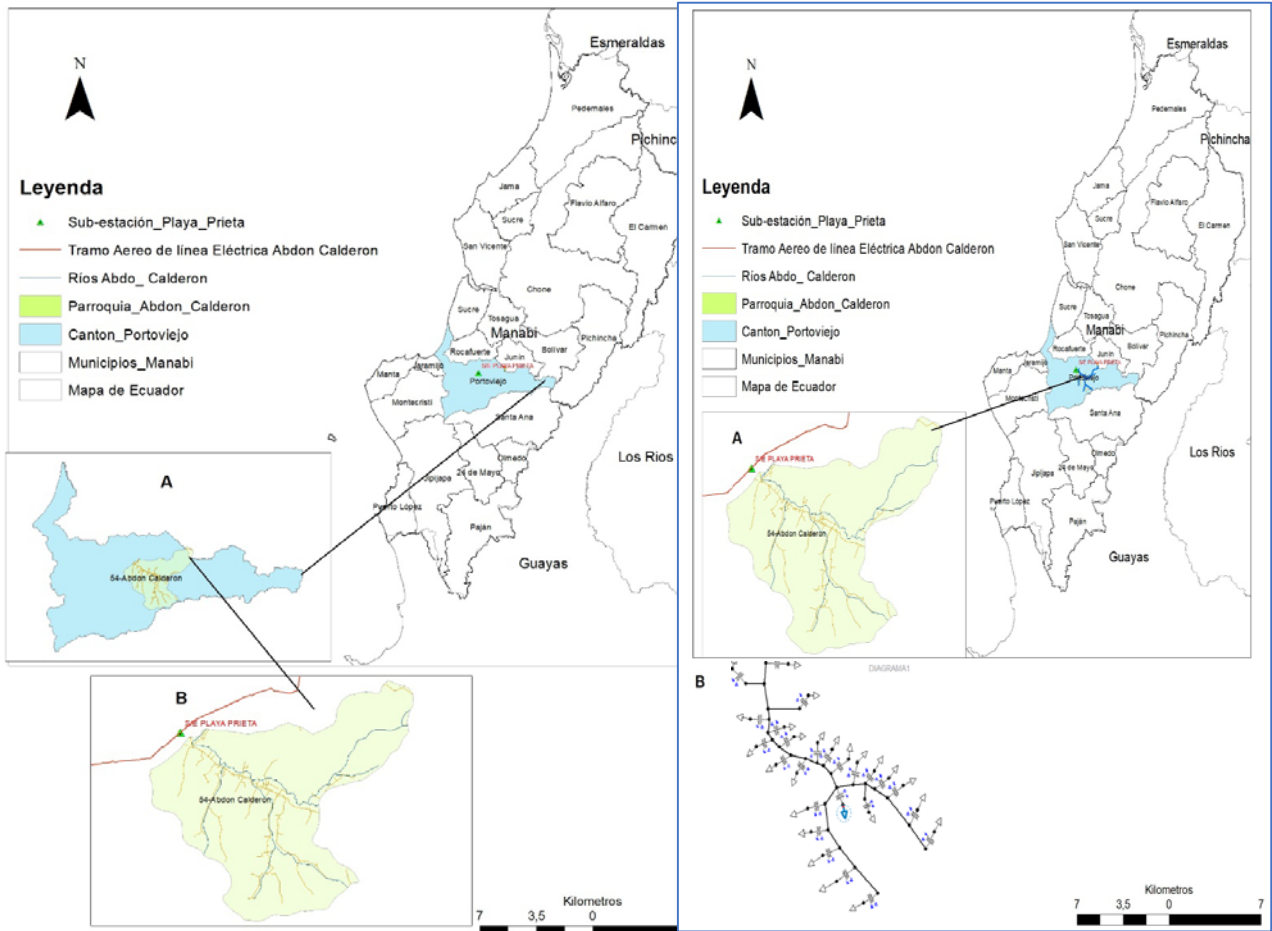


Fig. 1a. Ubicación de la Quebrada de Guillén

Fig. 1b. Inventario georreferenciado de las líneas eléctrica (B)

De esta manera fue posible analizar el comportamiento de la línea para diferentes puntos, según su distancia, como se observa en la figura 2.

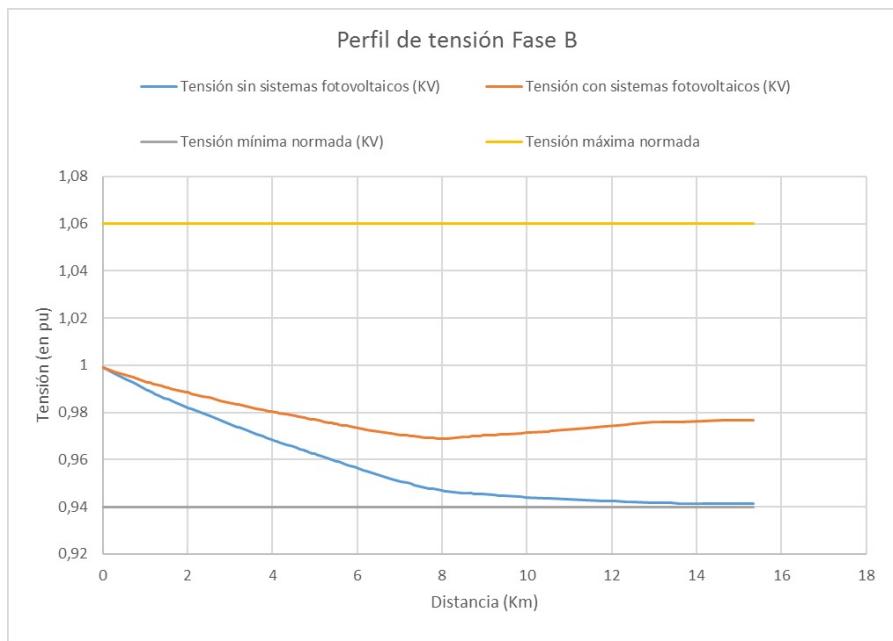


Fig. 2. Análisis del perfil de tensión. Fuente: [23]

Claramente se puede apreciar que a medida que la distancia de la línea va aumentando, los perfiles de tensión van disminuyendo en el alimentador 1. Esto, sin tener que analizar otro factor, ayuda a valorar la necesidad de buscar una fuente de generación alternativa que permita la estabilidad de la tensión. En este sentido los niveles de radiación solar en el territorio estudiado tienen un promedio de 4,85 kWh/m²día, además la presencia de ríos pudiera aportar otra alternativa que se implementaría de acuerdo con los conceptos de la generación distribuida, con la perspectiva de contribuir a mejorar el perfil de tensión.

El introducir sistemas fotovoltaicos en la generación distribuida, mediante el uso de microrredes, que permite hacer una gestión óptima de la energía presenta como ventaja una mejora en los niveles de tensión [24]. Estas son alternativas energéticas sostenibles que pueden introducirse; a partir de la existencia del potencial renovable, como se muestra en la figura 3. Estos tipos de sistemas están siendo implementados con éxito a nivel mundial, con el fin de lograr un mejoramiento en la calidad del servicio eléctrico, ahorrar recursos naturales, reducir las pérdidas y contribuir en la disminución de las emisiones de CO₂ a la atmósfera y con ello disminuir la huella del carbono.

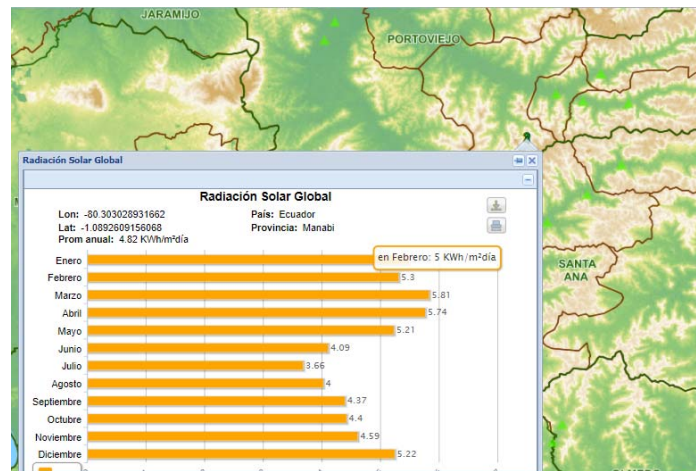


Fig. 3. Potencial solar en Abdón Calderón (quebrada de Guillén). Fuente: [25]

Una de las dificultades encontradas es que la tensión que llega a los usuarios no satisface sus expectativas. A partir del estudio se decidió incorporar sistemas fotovoltaicos en el sistema para mejorar los niveles de tensión, debido a que como se observa en la figura 4(a), las líneas rojas indican que el sistema presenta bajos niveles de tensión, para mejorar esta dificultad se simuló en el software CYME 9.2, pudiéndose determinar el comportamiento de la tensión. En el gráfico de la figura 4(b), se aprecian los sitios donde fueron ubicados los sistemas. Se ubicaron cada 15 km, pues en esa distancia se lograba la mejora de los parámetros de la línea. A partir de diferentes pruebas realizadas con diferentes potencias de generación fotovoltaica.

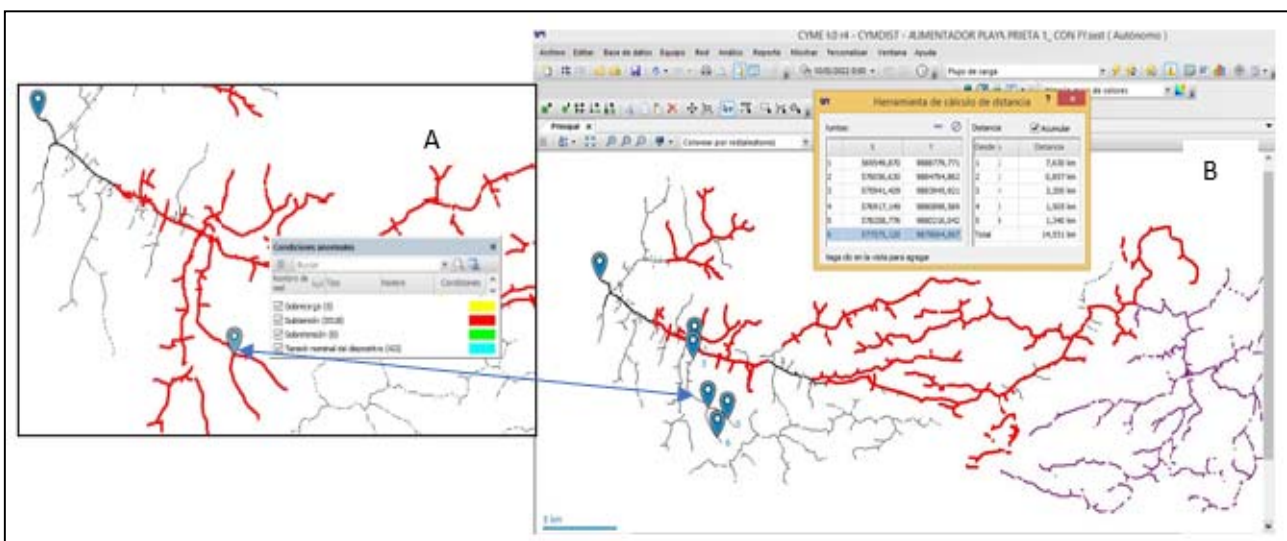


Fig. 4. En (a), línea descompensada; en (b) sistemas fotovoltaicos incorporados en la línea eléctrica. Fuente: elaboración propia con el software CYME 9.2

La simulación se realizó con sistemas de generación de 50 kWp, 75 kWp y 150 kWp, obteniéndose como mejor resultado la introducción de sistemas con 75 kWp, debido a que se encontraron dificultades para el sistema, ya que con las otras potencias, no satisfacían las normas establecidas para mejorar la calidad de la energía ofrecida al usuario; además se debe señalar que se incorporaron cinco sistemas de generación, en los aproximadamente 15 km de distancia. En la figura 5, se puede observar el comportamiento de los perfiles de tensión con y sin sistemas fotovoltaicos. Se ven también los niveles máximos y mínimos de la tensión normada para estos casos, notándose que se logra estabilizar entre estos valores normados. Como se puede observar en la propia figura 5, al incorporar sistemas de generación fotovoltaica de 75 kWp, los perfiles de tensión mejoran. En este caso, la tensión ha mejorado de forma tal que los usuarios pueden recibir mejor calidad de la energía al final de la línea, con ello se demuestra que los sistemas de generación cuando se incorporaron en el modo de la generación distribuida pueden mejorar la corriente y la tensión en línea.

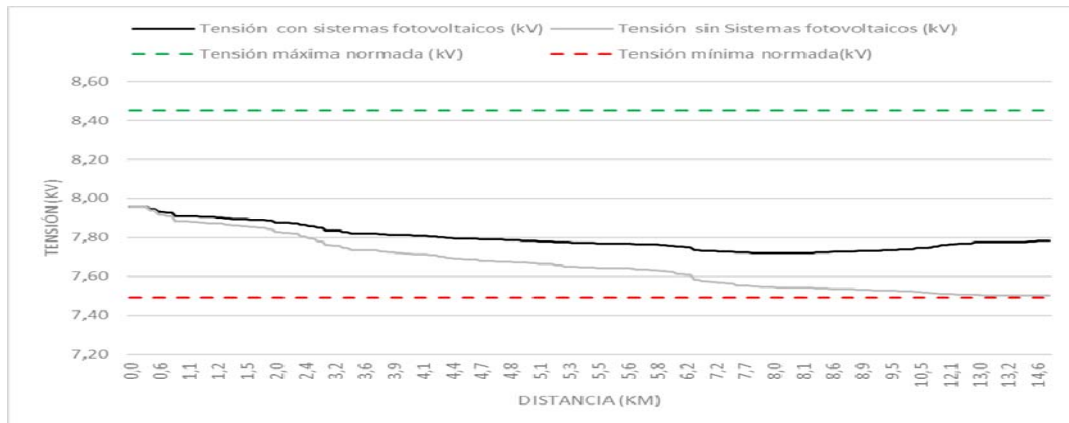


Fig. 5. Comportamiento de la tensión y la corriente con y sin sistemas fotovoltaicos. Fuente: elaboración propia con el software CYME 9.2

En la figura 6, se muestra el comportamiento de los perfiles de corriente, para los puntos estudiados. En el gráfico obtenido con el software CYME 9.2, se puede apreciar que, también, la corriente se estabiliza, constatándose con ello que la incorporación de sistemas fotovoltaicos en el modo de la generación distribuida para diferentes puntos de la red de distribución permite estabilizar la corriente que llega a los usuarios.

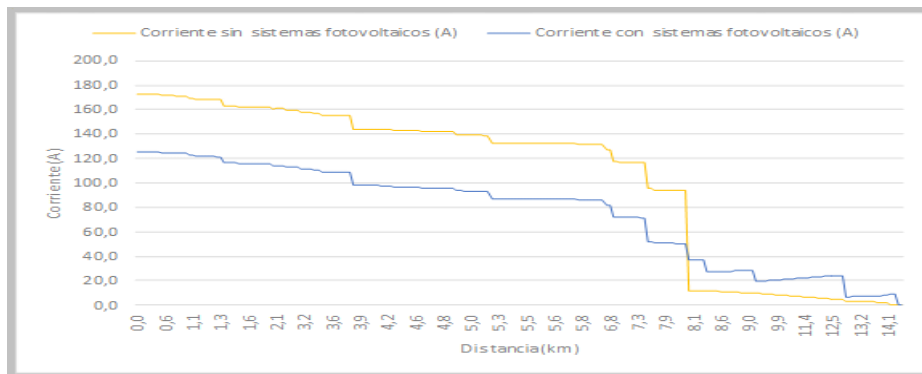


Fig. 6. Comportamiento de la corriente con y sin sistemas fotovoltaicos. Fuente: elaboración propia con el software CYME 9.2

CONCLUSIONES

Se analizaron alternativas viables, técnicamente, para mejorar la calidad del suministro eléctrico y ofrecer estabilidad energética, mediante la introducción de microrredes con sistemas aislados. Para ello se empleó el sistema de información geográfica y el CYME 9.2, para el modelado y análisis de microrredes; obteniéndose como resultado la simulación de los sistemas fotovoltaicos que pueden ser incorporados en el modo de generación distribuida en forma de pequeños subsistemas eléctricos aislados en la quebrada de Guillén.

Se comprobó en la simulación que la potencia óptima para los sistemas fotovoltaicos que se deben incorporar, en estas microrredes, debe ser de 75 kWp, con lo cual se logra estabilidad en los niveles de tensión según la norma; y también se mejoran los perfiles de corriente, con lo cual se contribuye a la mejora de la calidad en el servicio eléctrico a esta zona. Microrredes; que en una primera etapa estarían en forma de isla y en etapas posteriores se podrían conectar a la red nacional. Queda hacer la evaluación económica, sin y con almacenamiento de energía.

REFERENCIAS

- [1] IPCC. “El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático”. 2021. [Consultado el 10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/languages-2/spanish/>
- [2] Matalucci, S. “Crisis energética: el cambio climático es una de las causas”. 2021. [Consultado el 10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.dw.com/es/crisis-energ%C3%A9tica-el-cambio-clim%C3%A1tico-es-una-de-las-causas/a-59357434>
- [3] Vélez, A. M., *et al.* “Photovoltaic, a Choice, Quality to Electric Service Chone Canton”. International Journal of Science and Engineering Invention(IJESI), 2016, vol. 2, n. 2, p. 1-9. [Consultado el 10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.utm.edu.ec/investigacion/phocadownload/publicaciones/Publicaciones-Regionales/2016/2016%20PHOTOVOLTAIC%20A%20CHOICE%20QUALITY%20TO%20ELECTRIC%20SERVICE%20CHONE%20CANTON.pdf>
- [4] Olivares, D. E., *et al.* “Trends in microgrid control”. IEEE Trans on Smart Grid. 2014, vol. 5, n. 4. [Consultado el 10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1109/TSG.2013.2295514>
- [5] Bajaj M, Singh AK. “Grid integrated renewable DG systems: A review of power quality challenges and state-of-the-art mitigation techniques”. International Journal of Energy Research. 2020; vol. 44, n. 1, p. 26–69. [Consultado el 5 de enero de 2022]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/er.4847>
- [6] Al-Shetwi AQ, *et al.* “Grid-connected renewable energy sources: Review of the recent integration requirements and control methods”. Journal of Cleaner Production. 2020; vol. 253, 119831. [Consultado el 10 de enero de 2022]. Disponible en: <http://dspace2020.uniten.edu.my:8080/bitstream/123456789/13396/1/Gridconnected-renewable-energy-sources-Review-of-the-recent-integration-requirements-and-control-methodsJournal-of-Cleaner-Production.pdf>
- [7] Razavi SE, *et al.* “Impact of distributed generation on protection and voltage regulation of distribution systems: A review”. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2019; vol. 105, p. 157–67. [Consultado el 10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://ideas.repec.org/a/eee/rensus/v105y2019icp157-167.html>
- [8] Ehsan A, Yang Q. “Optimal integration and planning of renewable distributed generation in the power distribution networks: A review of analytical techniques”. Applied Energy. 2018; vol. 210, p. 44–59. [Consultado el 10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://ideas.repec.org/a/eee/appene/v210y2018icp44-59.html>
- [9] Bordons, C., García-Torres, F., y Valverde L. “Gestión Óptima de la Energía en Microrredes con Generación Renovable”. Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial. 2015, vol. 12, n. 2, p. 117–132. [Consultado el 2 de enero de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.riai.2015.03.001>
- [10] Bidram, A., and Davoudi, A. “Hierarchical structure of microgrids control system”. IEEE Trans on Smart Grid. 2012, vol. 3, n. 4, p. 1963–1976. [Consultado el 10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6202752>
- [11] Rodríguez, M., *et al.* “El Potencial Solar y la Generación Distribuida en la provincia de Manabí en el Ecuador”. RIEMAT. Diciembre 2017, vol. 2, n. 2, p. 1-5. [Consultado el 10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/download/1143/999/>
- [12] Alonso, C. D., *et al.* “Factores de fiabilidad y eficiencia en la toma de decisiones para la rehabilitación de tuberías”. Ingeniería, investigación y tecnología, 2013, vol. 14, n. 4, p. 489-498. [Consultado el 10 de enero de 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-77432013000400003&script=sci_abstract
- [13] Ecuador, G. D. “Expansión y mejora de la distribución”. Plan Maestro de Electricidad. 2020. [Consultado el 10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/6.-EXPANSION-Y-MEJORA-DE-LA-DISTRIBUCION.pdf>
- [14] Velez, A. M. “Estudio de la Eficiencia de los sistemas fotovoltaicos y su impacto socio económico en la zona rural del Cantón Chone, Manabí, Ecuador”. 2018, vol. 3, n. 1. [Consultado el 10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/view/1420>
- [15] Berenguer, M. R., *et al.* “Gestión de la calidad de la energía eléctrica”. Ingeniería Energética, 2018, vol. 39, n. 1, p. 62-68. [Consultado el 15 de enero de 2022]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012018000100009
- [16] Miele, G., *et al.* “Analysis of Current Regulations Related to Energy Management in Ecuador”. International Journal of Economic Perspectives, 2021, vol. 15, n. 1, p. 89–95. [Consultado el 10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://ijeponline.org/index.php/journal/article/view/25>
- [17] García, D. F., *et al.* “La generación distribuida y su regulación en el ecuador”. Brazilian Journals of Business, Curitiba, 2021, vol. 3, n. 3, p. 2017-2030. [Consultado el 10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://brazilianjournals.com/index.php/BJB/article/download/32711/25644>

- [18] Macias, J. L., *et al.* “Study of Hydraulic Potentials in the Province of Manabí for Electricity Generation”. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 2019, vol. 11, n. 08-Special. [Consultado el 10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.jardcs.org/abstract.php?id=2191>
- [19] Diaz A., and Nelson Leonardo. “El Rol de las Energías Renovables en las Microrredes”. *ing.* [online]. 2019, vol. 24, n. 1, p. 4-5. [Consultado el 29 de junio de 2022]. [Consultado el 10 de enero de 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-750X2019000100004&lng=en&nrm=iso
- [20] Bordons, C., García Torres, F. y Valverde, L. “Gestión Óptima de la Energía en Microrredes con Generación Renovable”. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, vol. 12, n. 2, p. 117-132. 2015. [Consultado el 8 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1697791215000023>
- [21] Saltos, W.M., Castro, M., Vilaragut, M. “Las microrredes y los riesgos de desastres”. *Rev. Ecosolar*. 49. 2015. [Consultado el 10 de enero de 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/319621256_Las_microrredes_y_los_riesgos_de_desastres
- [22] Sánchez, J. J., y Rodríguez, M. “Sistema fotovoltaico conectado a red para disminuir la demanda energética en horario diurno en una vivienda de la comunidad Cañales”. *Dominio de las ciencias*, 2021. vol. 7, n. 6, p. 129-147. [Consultado el 10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2321>
- [23] CYME. “Modelado, análisis y planificación confiables para mejorar el desempeño del sistema de distribución”. 2021. [Consultado el 10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.cyme.com/es/software/cymdist/BR917045ES-Distribucion.pdf>
- [24] Rodríguez, M., *et al.* “Mejora de la calidad de la energía con sistemas fotovoltaicos en las zonas rurales”. *Revista Científica*, 2018, vol. 33, n. 3. [Consultado el 21 de diciembre de 2021]. Disponible en: www.scielo.org.co/pdf/cient/n33/2344-8350-cient-33-00265.pdf
- [25] Rodríguez, M., *et al.* “The geoportal as strategy for sustainable development”. *International Journal of Physical Sciences and Engineering*, 2019, vol. 3, n. 1, p. 10–21. [Consultado el 10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.29332/ijpse.v3n1.239>

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Alcira Magdalena Vélez Quiroz: <https://orcid.org/0000-0002-4528-2211>

Diseño de la investigación, recolección de datos. Participó en el análisis de los resultados, redacción del borrador del artículo la revisión crítica de su contenido y en la aprobación final.

Miriam Lourdes Filgueiras Sainz de Rozas: <https://orcid.org/0000-0002-5273-0975>

Diseño de la investigación, recolección de datos. Participó en el análisis de los resultados, redacción del borrador del artículo la revisión crítica de su contenido y en la aprobación final.

Miriam Vilaragut Llanes: <https://orcid.org/0000-0002-5453-1136>

Diseño de la investigación, recolección de datos. Participó en el análisis de los resultados, redacción del borrador del artículo la revisión crítica de su contenido y en la aprobación final.

María Rodríguez Gámez: <https://orcid.org/0000-0003-3178-0946>

Diseño de la investigación, recolección de datos. Participó en el análisis de los resultados, redacción del borrador del artículo la revisión crítica de su contenido y en la aprobación final.

Gino Joaquín Mielés Mielés: <https://orcid.org/0000-0003-0133-1744>

Diseño de la investigación, recolección de datos. Participó en el análisis de los resultados, redacción del borrador del artículo la revisión crítica de su contenido y en la aprobación final.