

Optimización energética de una empresa informática en Ecuador mediante un sistema de generación fotovoltaico on-grid

Energy optimization of a computer company in Ecuador through an on-grid photovoltaic generation system

Kleber Felipe Pita Mera^{1*}, Ney Raúl Balderramo Vélez¹, Lenin Julián Pita Cantos¹

¹Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador

*Autor de correspondencia: kpita6317@utm.edu.ec

Recibido: 12 de septiembre de 2023

Aprobado: 27 de noviembre de 2023

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



RESUMEN/ABSTRACT

El potencial solar de Ecuador fue explorado mostrándose elevado para la favorable puesta en marcha de sistemas fotovoltaicos, con un mayor enfoque en la cordillera de los Andes. En la región Costa, los niveles de irradiación global horizontal mantienen la tendencia de ser factibles para la optimización energética en establecimientos por medio de paneles fotovoltaicos. Fue desarrollada una propuesta para mejorar la eficiencia energética de la empresa informática Altura S.A. mediante el software de licencia comercial, PVsyst 7.2; mostrando resultados positivos en lo técnico y económico, produciendo un excedente energético del 14,11% con un periodo de recuperación de 15,7 años, evitandola emisión de 1,33 toneladas de CO₂ anualmente. A su vez, se establecieron diversas barreras que impiden la penetración de estos sistemas como las políticas, sociales, etc, así como el gran y reforzado uso de fuentes convencionales de energía a pesar de la factibilidad mostrada en este estudio.

Palabras clave: sistemas fotovoltaicos, optimización energética, empresa informática, PVsyst, fuentes convencionales de energía.

Ecuador's solar potential was explored, proving high for the favorable implementation of photovoltaic systems, with a greater focus on the Andes mountain range. In the Coastal region, global horizontal irradiation levels maintain the trend of being feasible for energy optimization in establishments through photovoltaic panels. A proposal was developed to improve the energy efficiency of the computer company Altura S.A. via commercial license software, PVsyst 7.2; showing positive technical and economic results, producing an energy surplus of 14.11% with a recovery period of 15.7 years, avoiding the emission of 1.33 tons of CO₂ annually. In turn, various barriers were established that prevent the penetration of these systems such as political, social, etc., as well as the great and reinforced use of conventional energy sources despite the feasibility shown in this study.

Key words: photovoltaic systems, energy optimization, computer company, PVsyst, conventional energy sources.

INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos los conflictos políticos a nivel mundial han provocado diferentes crisis energéticas en diversos países afectando directamente la producción eléctrica, generando racionamientos programados o un aumento significativo en el pago por kWh consumido. Cada día la generación eléctrica por medio de energía fotovoltaica obtiene mayor penetración en la matriz energética en los países debido a poseer la mayor capacidad de generar electricidad de bajo costo a comparación de fuentes como: solar térmica, geotérmica, eólica y biomasa [1].

Cómo citar este artículo:

Kleber Felipe Pita Mera y otros. Optimización energética de una empresa informática en Ecuador mediante un sistema de generación fotovoltaico on-grid. Ingeniería Energética. 2024. 45 (1), enero/abril. ISSN 1815-5901.

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

Mediante sus políticas de energías renovables, investigadores en Corea del Sur planteron el uso de sistemas fotovoltaicos (SFVs) en el área metropolitana de Seúl para hogares de escasos recursos con el fin de reducir su facturación de luz resultando en un rango de disminución entre el 57,2 - 9,3 % [2]. En Latinoamérica se han logrado diversos avances en la generación eléctrica por medio de fuentes renovables, casos como Costa Rica, Paraguay y Uruguay han logrado cubrir más del 90% de sus respectivas demandas a través de centrales hidráulicas, eólicas o una combinación de ambas [3]; por su parte, en Ecuador predomina la generación eléctrica mediante hidroeléctricas con una participación en 2022 del 73,6%, mientras que la generación térmica obtuvo 23,6% del mercado generativo, la interconexión 1,4% y el restante 1,4% se distribuyen en otras generaciones renovables según el informe del Balance Energético Nacional realizado por el Ministerio de Energía y Minas (MEM) en colaboración con otras entidades nacionales [4].

Como respuesta ante lo anterior mencionado, los SFVs han logrado diversos proyectos en hogares, instituciones, comunidades y como centrales eléctricas, ejemplos como la institución CENTROSUR en Cuenca y centrales como Brineforcorp en Manabí son prueba de ello [5,6]. Ecuador, por su posición geográfica, es un país con niveles considerables de irradiación solar horizontal (IGH) llegando a rangos entre 3,0-6,5 kWh/m²/día en territorio continental, con mayor incidencia en la cordillera de los Andes así como se muestra en la figura 1.

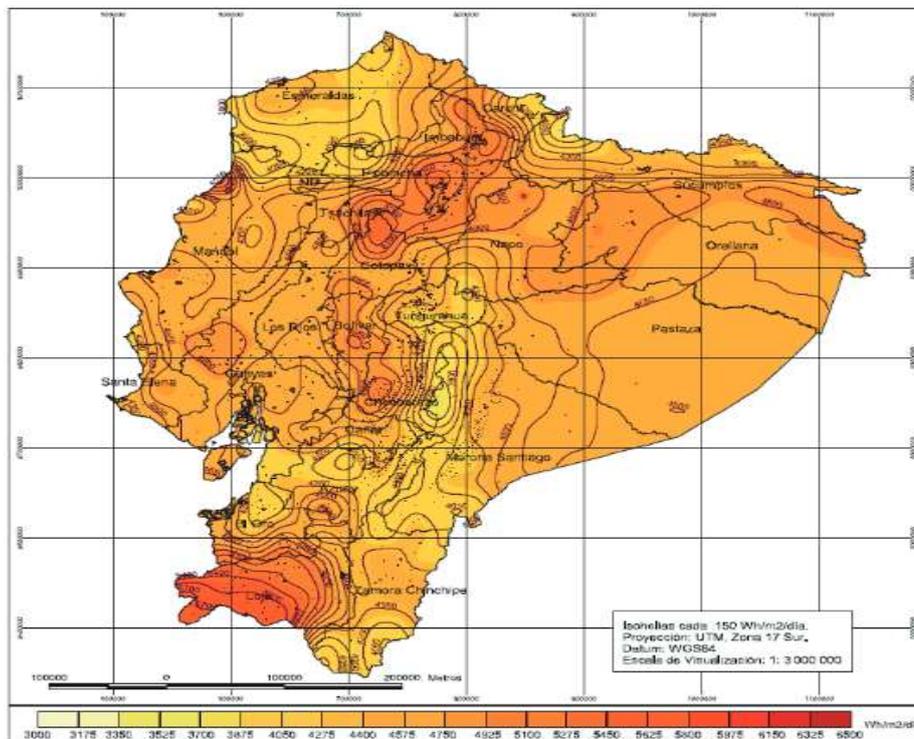


Fig. 1. IGH incidente en Ecuador. Fuente: [7]

En la búsqueda constante de soluciones sostenibles y eficientes para abordar los desafíos energéticos actuales, el sector de la informática emerge como un consumidor considerable de energía, impulsado por la creciente demanda de procesamiento de datos y la expansión de las tecnologías de la información. En Ecuador, donde la IGH es abundante durante todo el año, la adopción de SFVs se presenta como una estrategia prometedora para optimizar la gestión energética de las empresas del sector. Aún cuando el potencial fotovoltaico es de al menos 15 veces mayor a la generación eléctrica mediante potencial hidroeléctrico [8, 9], existen barreras económicas, técnicas, sociales y políticas que frenan el avance de los SFVs y otras energías renovables no convencionales, tales como: inversión inicial, problemas con permisos de conexión a red, anafabeltismo energético y falta de apoyo gubernamental, respectivamente [10].

Si bien el uso de hidroeléctricas ha generado disconformidades por sus emisiones de CO₂ a pesar de ser un medio renovable, su uso, al igual que las centrales térmicas, es indispensable puesto que el Sol, siendo la fuente energética de los SFVs, se oculta durante las noches resultando en una nula producción energética. El objetivo de este trabajo es realizar un análisis de factibilidad de un SFV con el fin de mejorar la eficiencia energética de la empresa informática Altura S.A. ubicada en Manta, Manabí; aprovechando los recursos naturales y arquitectónicos que dispone la ubicación, así como de tratar las barreras que impiden la dispersión de dichos sistemas en Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo este estudio de optimización energética fueron empleadas tanto técnicas de campo como técnicas documentales a fin de recopilar y comparar los datos estimados. El ahorro de kWh mediante el uso de un sistema fotovoltaico conectado a red (SFVCR) produce directamente la reducción del pago en facturación eléctrica, así como evitar emisiones de CO₂ hacia la atmósfera; conociendo los siguientes detalles: histórico de consumo energético, la potencia del SFVCR, características del módulo fotovoltaico y características del inversor, es determinada la optimización energética procesando los datos medidos y estimados por medio del software PVsyst el cual, incorporando un sistema de información geográfica (SIG), establece el potencial solar de la ubicación, así como demás variables técnicas y económicas, siendo uno de los softwares más utilizados por su precisión[11, 12].

Propiedades específicas de la zona de estudio

Altura S.A. es una empresa informática con sede principal en la ciudad de Manta con latitud -0,95636 y longitud -80,76626, establecida en la Plaza Beach en la ruta Spondylus. Las instalaciones cuentan con diferentes equipos de consumo continuo repartidos como trabajo y stand by, entre ellos se encuentran servidores con gran cantidad de información necesaria, entre los cuales, junto a los equipos personales de los trabajadores, forman su perfil de carga el cual determinó el pago por consumo como se muestra en la figura 2.

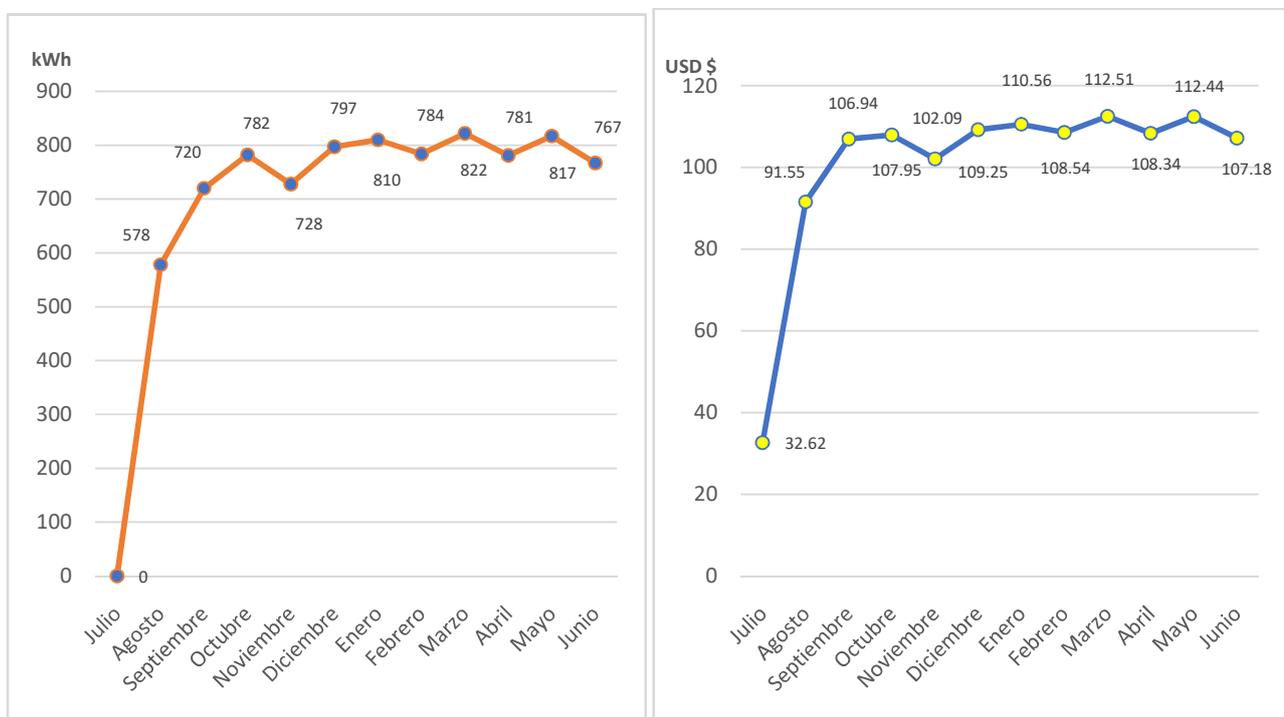


Fig. 2. Perfil de carga y pago por consumo 2021-2022, respectivamente

El consumo energético otorgado por la gerencia, responde al consumo en el periodo de doce meses durante el cual se alcanzó un consumo total de 8386 kWh adquiriendo un valor de pago por consumo total de \$1209,91. La figura 2, presenta el mes de julio como nula actividad energética por fallos de medición del medidor de luz, sin embargo al pago por consumo registró un valor de \$32,62 por un determinado uso no medido. En promedio durante el periodo registrado, la demanda energética diaria se estableció en 22,98 kWh con unatarifa, relacionando el pago total junto al consumo total, de 0,1442 \$/kWh.

Propiedades ambientales de la zona de estudio

Por medio del uso del SIG en PVsyst fue establecida la IGH y la temperatura ambiente en la que se encuentra la instalación, la figura 3, muestra el comportamiento de dichas variables en donde se demuestra que diciembre juntos a los cinco primeros meses del año corresponden a ser los de mayor irradiación a su vez que los más calurosos, estableciendo valores promedio en IGH de 4,54 kWh/m²/día y de temperatura en 24,8 °C.

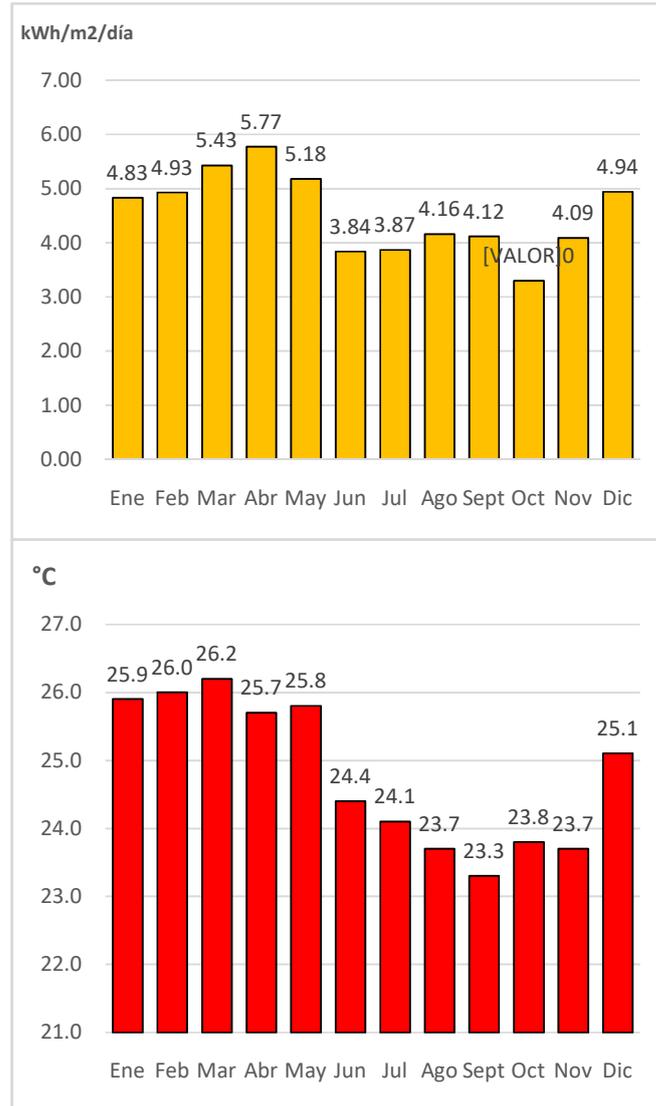


Fig. 3. IGH y temperatura ambiente en la zona de estudio determinadas con la base de datos Meteonorm 8,0

Estimación de la potencia del SFVCR

Para la estimación de la potencia del SFVCR fue utilizada la ecuación (1), la misma engloba variables como la eficiencia del inversor, que en tiempos recientes se diseñan en un rango de 96-98%, factor de pérdidas del sistema (FPS) y el consumo energético diario y las horas de sol pico.

$$P_{SFV} = \frac{\text{Consumo diario}}{HSP \cdot \eta_{inv} \cdot FPS} \quad (1)$$

Donde:

P_{SFV} → Potencia del SFV (kWp).

HSP → Horas de sol pico (h)

η_{inv} → 0,98.

FPS → 0,722.

Para este estudio se optó 0,722 como valor del FPS, dicha variable unifica pérdidas por cableado, temperatura, polvo, etc [13, 14] y 0,98 como eficiencia del inversor debido a la similitud entre inversores actuales, mientras que las HSP corresponden al valor promedio de IGH relacionado con una irradiancia de 1 kW/m². Con la potencia del SFVCR definida se estableció el módulo fotovoltaico, del cual en la tabla 1, se muestran sus características:

Tabla 1. Características del módulo JKM405M-54HL4-V

Potencia máxima en STC (Pmax)	405 Wp
Voltaje en máxima potencia (Vmp)	30,52 V
Corriente en máxima potencia (Imp)	13,27 A
Voltaje de circuito abierto (Voc)	37,06 V
Corriente de corto circuito (Isc)	13,85 A
Eficiencia	20,74%
Rango de temperatura de operación	-40 °C ~ +85 °C
Voltaje máximo del sistema	1000/1500 VDC (IEC)
Coefficiente de temperatura Pmax	-0,35 %/°C
Coefficiente de temperatura Voc	-0,28 %/°C
Coefficiente de temperatura Pmax Isc	0,048 %/°C
Temperatura nominal de funcionamiento de la celda (NOCT)	45±2 °C

Mediante el resultado de la ecuación anterior es seleccionado el inversor el cual soporte dicha potencia a su entrada, así como del número de paneles a través de su potencia a través de la ecuación (2).

$$N_p = \frac{P_{SFV}}{P_{PF}} \quad (2)$$

Donde:

N_p → Número de paneles necesarios.

P_{PF} → Potencia del panel fotovoltaico (kWp).

Factor de emisiones de CO₂ de la red eléctrica

Los SFVs al suplir la energía de un proyecto de optimización energética evitan que el mismo haga uso de electricidad generada por medios convencionales, logrando una reducción en las emisiones de CO₂. En Ecuador es utilizado el factor de emisiones de CO₂ en la determinación de las emisiones que evitan los sistemas de energías renovables, dicho factor posee dos opciones: Ex Ante y Ex Post; este último fue el seleccionado al ser el que considera las emisiones evitadas a partir desde el inicio de la puesta en marcha del SFV, en concreto su versión de Termoeléctricas e Hidroeléctricas, con un valor de 0,1477 tonCO₂/MWh [15].

Impedimentos en los SFV en Ecuador

A pesar del gran potencial solar ecuatoriano, los SFV no son tratados como potencial suministrador de energía eléctrica al existir barreras tanto económicas como políticas que retrase su participación en la matriz energética nacional. En tiempos actuales, existe un reducido número de empresas que favorecen la implementación de SFVs ya que los problemas no se limitan a los anteriormente mencionados, habiendo barreras técnicas y sobre todo sociales; a continuación, en la tabla 2, son mostradas dichas barreras que impiden una mejor penetración de la energía fotovoltaica.

Tabla 2. Barreras en la implementación de SFV en Ecuador. Fuente: [10]

Económica	<p>Costo de inversión: El costo de inversión inicial ya que no hay garantías por parte del estado.</p> <p>Subsidio al combustible: El bajo precio del combustible facilita el uso de centrales térmicas, lo que debilita la implementación de nuevas tecnologías.</p>
Técnica	<p>Problemas con los permisos para acceder y conectarse a la red eléctrica: Dada la ubicación de los sitios donde hay recursos disponibles, la conexión a la red eléctrica es difícil o faltan las regulaciones para la conexión.</p> <p>Potencial hidroeléctrico: El gran potencial del país basado en este recurso y la durabilidad de sus instalaciones prioriza las grandes centrales hidroeléctricas y desplaza a las fuentes no convencionales.</p>
Social	<p>Falta de información o información incompleta: Los consumidores e inversores no cuentan con la información para estas tecnologías y su aplicación.</p> <p>Analfabetismo energético: Este analfabetismo se debe al desconocimiento o conocimiento inadecuado sobre el potencial y beneficios que la energía fotovoltaica puede ofrecer en el Ecuador.</p>
Política y regulaciones	<p>Regulaciones efímeras, revocadas o poco claras para SFV: Falta de regulaciones que fomenten el uso de esta fuente energética.</p> <p>Falta de apoyo gubernamental: El gobierno no considera prioritaria la expansión de estas nuevas tecnologías, lo que lleva a una falta de interés en las propuestas de proyectos.</p>

RESULTADOS y(o) DISCUSIÓN

Con la resolución de la ecuación (1) y (2), el SFVCR consiguió la potencia de 7,15 kWp con un número de paneles estimado en 17,65; al necesitar el proyecto más de 17 paneles se optó por redondear a 18 el número de elementos elevando la potencia a 7,29 kWp.

La versión en la cual se simuló el proyecto fue PVSyst 7,2, en la cual se tomó en cuenta la fijación de los paneles en el techo de las instalaciones, el mismo software por la ubicación del proyecto estimó como óptimo 5° de inclinación, sin embargo, dicho valor representa una mínima elevación la cual impide que la lluvia limpie naturalmente el polvo y otros residuos de los paneles reduciendo significativamente el rendimiento del sistema, para Ecuador la inclinación de los paneles debe ser 10° como mínimo teniendo poco impacto sobre la eficiencia del proyecto debido a la poca diferencia entre inclinaciones[16,17]. El techo a utilizarse presenta una inclinación de 12° con -89,8° de azimut, en la figura 4, muestra el modelo 3D de las instalaciones, siendo el espacio azul las instalaciones a optimizar:

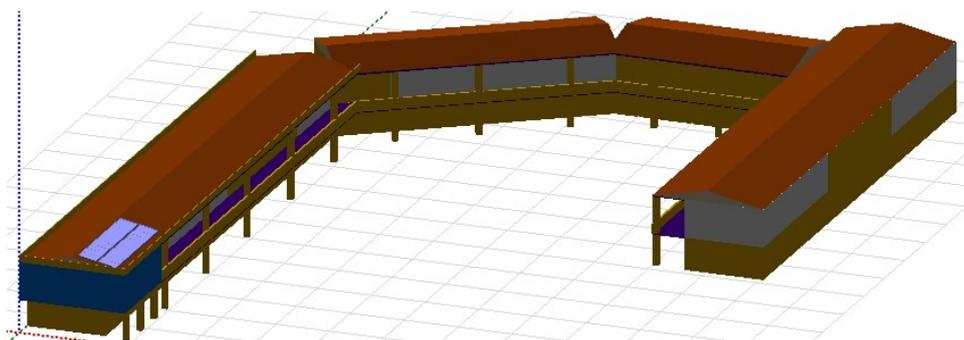


Fig. 4. Modelo 3D de la sede principal de Altura S.A. en Plaza Beach

El tamaño óptimo del inversor fue estimado por PVSyst a través de los datos previamente calculados, el mismo posee como potencia nominal 6,13 kWp y 9 kWp de potencia máxima, teniendo como voltaje máximo 1000 V y 54 A de corriente máxima con una eficiencia del 98%, lo cual no representa problemas de compatibilidad con la conexión serie-paralelo de dos strings de nueve paneles, puesto que se encuentra en los rangos admisibles. El rendimiento del SFV está representado en la figura 5, en la que muestra pérdidas del sistema, así como su proporción de rendimiento con valor de 0,801.

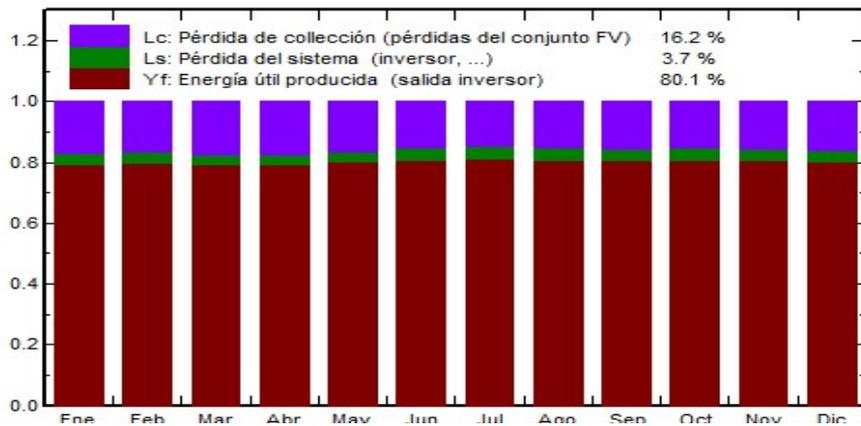


Fig. 5. Producción normalizada y factores de pérdida

El sistema se muestra altamente eficiente, con una capacidad de producción anual de 9570 kWh, representando un aumento del 14,11% con respecto a la demanda energética de las instalaciones. Esta capacidad para superar las necesidades energéticas establecidas y amortiguar las futuras, subraya la eficacia del sistema en términos de generación de energía y su capacidad para contribuir de manera significativa a la autosuficiencia energética. Desde una perspectiva económica, el análisis del proyecto reveló su viabilidad, evidenciada por un Valor Actual Neto (VAN) de \$1360,35.

Este indicador financiero positivo destaca la rentabilidad del proyecto a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta una tasa de inflación del 3,47% [18]. Además, el Retorno de Inversión (ROI) del 12,4% refuerza la idea de que la inversión inicial se recupera de manera sólida y eficiente. El Costo Nivelado de Energía (LCOE), valuado en 0,118 \$/kWh, posiciona al proyecto como una alternativa energética competitiva, consolidando su atractivo en términos de costos en comparación con fuentes de energía convencionales. Además, el periodo de recuperación de la inversión inicial se establece en 15,7 años, según la tasa de descuento del 7% [19, 20], dicha inversión es reflejada en la tabla 3.

Tabla 3. Inversión inicial del SFVCR

Productos	Cantidad	Precio total (\$)
Módulos fotovoltaicos	18	3616,38
Soportes con accesorios	4	1509,44
Inversor	1	1955,50
Planificación y puesta en marcha		1504,86
Demás componentes		2375,59
Total		10961,77

La simulación reveló un flujo de caja anual prácticamente constante desde el inicio del primer año de operación, como se puede apreciar en la figura 6. Este patrón constante sugiere una estabilidad financiera a lo largo del tiempo, proporcionando una indicación positiva de la solidez del proyecto. La consistencia en el flujo de caja anual desde el principio ofrece una proyección financiera sólida y confiable. En consonancia con este análisis, el flujo de caja acumulativo presentó valores positivos y alentadores a partir del año once, como se evidencia en la figura 7. Este hito marca un punto crucial en el proyecto, indicando la generación de ingresos acumulativos que superan los costos asociados.

La figura 7, ilustra claramente cómo, a medida que progresa el tiempo, el flujo de caja acumulativo se vuelve más significativo, respaldando la viabilidad financiera a largo plazo de la implementación del proyecto. Estos resultados refuerzan la perspectiva positiva del análisis financiero y respaldan la premisa de que la inversión en el proyecto no solo genera ingresos de manera constante a nivel anual, sino que también acumula un valor financiero sólido a medida que transcurre el tiempo. Este escenario favorable fortalece la posición del proyecto como una opción financieramente viable y sostenible en el horizonte a largo plazo.

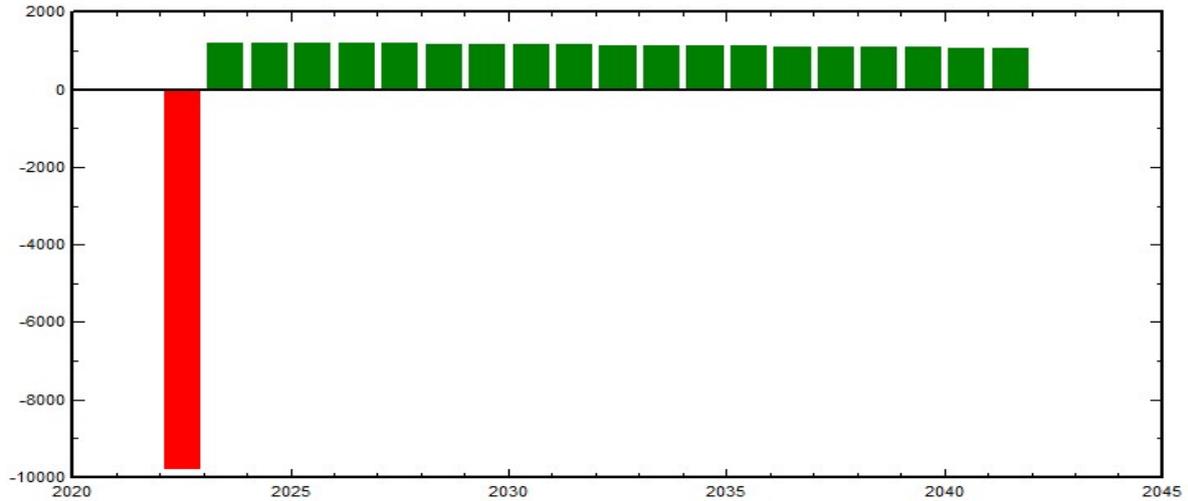


Fig. 6. Flujo de caja anual (USD \$)

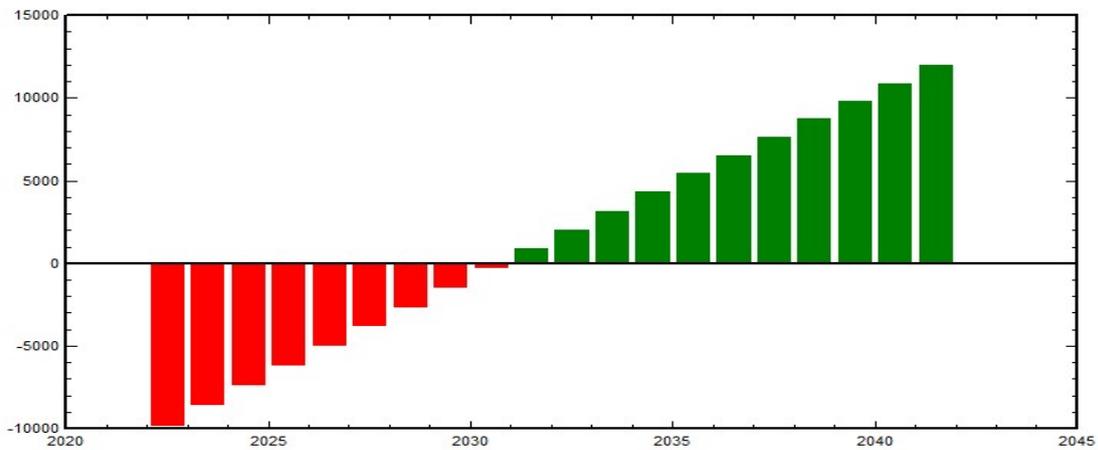


Fig. 7. Flujo de caja acumulativo (USD \$)

El impacto ambiental debido a la sustitución de la fuente de electricidad es positivo, siendo que el SFVCR muestra 0 emisiones emitidas al ambiente, mientras que durante los 20 años de vida útil que posee son evitadas 26,59 toneladas de CO₂ al ambiente generadas por fuentes convencionales, con un promedio anual de 1,33 tonCO₂ a razón específica de 0,182 tonCO₂/kWp/año tal como lo demuestra la figura 8.

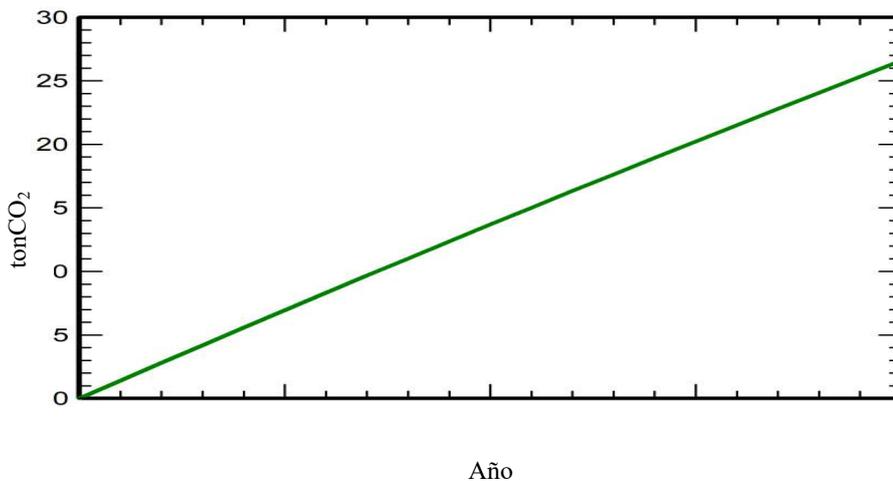


Fig. 8. Emisiones de CO₂ evitadas durante la vida útil del proyecto

CONCLUSIONES

Mediante las técnicas de investigación utilizadas se constató el considerable potencial solar del Ecuador gracias a su posición geográfica, con niveles de IGH entre 3,0 - 6,2 kWh/m²/día la generación eléctrica por fuente fotovoltaica es una potente alternativa energética de gran escalabilidad debido a su adaptación al medio sin necesariamente destruir terrenos con vegetación y capaz de integrarse a edificaciones sin dañar la estética. Acorde al objetivo planteado, se estableció un SFVCR capaz de satisfacer los 8386 kWh de demanda energética de la empresa Altura S.A. con un excedente del 14,11% a su vez que establece un impacto ambiental positivo evitando la generación 1,33 tonCO₂ anualmente, lo cual en veinte años de vida útil acumula 26,59tonCO₂ generando una disminución en la huella de carbono.

La inversión inicial que representa un capital fuerte al ser \$10961,77, es recuperada en 15,7 años siendo indicadores clave en la factibilidad económica los resultados de los flujos de caja, el VAN y ROI, mostrando que proyectos similares al de este estudio son capaces de sostenerse financieramente, así como de optimizar energéticamente las instalaciones deseadas. Si bien la energía fotovoltaica muestra ser capaz de solventar las necesidades del consumidor, montos similares al del SFV propuesto es de las barreras principales en la expansión de este tipo de proyectos puesto que muchas persona u organizaciones no están dispuestas o no pueden permitirse este tipo de inversión, a su vez que el precio de la electricidad por las distribuidoras en Ecuador es de los más bajos de América Latina por el potencial hidroeléctrico nacional.

REFERENCIAS

- [1]. Hosseini SE, Wahid MA. "Hydrogen from solar energy, a clean energy carrier from a sustainable source of energy". *Int J Energy Res.* 2020, vol. 44, n. 6, p. 4110-4131. ISSN 1099-114X. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/er.4930>
- [2]. Lee J, Shepley MM. "Benefits of solar photovoltaic systems for low-income families in social housing of Korea: Renewable energy applications as solutions to energy poverty". *J Build Eng.* 2020, vol. 28, e101016. ISSN 2352-7102. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.101016>
- [3]. Cevallos-Sierra J, Ramos-Martin J. "Spatial assessment of the potential of renewable energy: The case of Ecuador". *Renew Sustain Energy Rev.* 2018, vol. 81, part. 1, p. 1154-1165. ISSN1364-0321. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.015>
- [4]. Icaza D, Borge-Diez D, Galindo SP. "Analysis and proposal of energy planning and renewable energy plans in South America: Case study of Ecuador". *Renew Energy.* 2022, vol 182, p. 314-342. ISSN 0960-1481. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.09.126>.
- [5]. Icaza D, Jurado F, Galindo SP. "What is of interest that the buildings of the public electrical companies are also provided with solar energy? Case study". *Empresa Eléctrica Centro Sur CA in Cuenca-Ecuador.* En: 2020 9th International Conference on Renewable Energy Research and Application (ICRERA). IEEE; 2020. p. 377-383. ISBN 978-1-7281-7369-6. ISSN 2572-6013. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/ICRERA49962.2020.9242862>
- [6]. Ríos A, Guamán J, Vargas C, García M. "Design, dimensioning, and installation of isolated photovoltaic solar charging station in Tungurahua, Ecuador". *Int J Renew Energy Res.* 2017, vol 7, n. 1, p. 234-242, Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/315611313_Design_Dimensioning_and_Installation_of_Isolated_Photovoltaic_Solar_Charging_Station_in_Tungurahua_Ecuador
- [7]. Contreras-Vásquez L. "Factibilidad de producción de Hidrógeno verde en el Ecuador". *Investigación y Desarrollo.* 2022, vol 16, n.1, p. 115-133. Disponible en: <https://doi.org/10.31243/id.v16.2022.1805>
- [8]. Rojas-Moncayo MV, Barreto-Calle CR. "Incentive pertaining to energy the generation distributed in Ecuador". *Ingenius Rev Cienc Tecnol.* 2018, n. 19, p. 60-68. eISSN1390-860X. Disponible en: <https://doi.org/10.17163/ings.n19.2018.06>
- [9]. Villacreses G, *et al.* "Geolocation of photovoltaic farms using Geographic Information Systems (GIS) with Multiple-criteria decision-making (MCDM) methods: Case of the Ecuadorian energy regulation". *Energy Rep.* 2022, vol. 8, p. 3526-3548. ISSN 2352-4847. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.02.152>
- [10]. Barragán-Escandón A, *et al.* "Barriers to renewable energy expansion: Ecuador as a case study". *Energy Strategy Rev.* 2022, vol. 43, e100903. eISSN 2211-467X. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100903>
- [11]. Dey D, Subudhi B. "Design, simulation and economic evaluation of 90 kW grid connected Photovoltaic system". *Energy Rep.* 2020, vol. 6, p. 1778-1787. ISSN 2351-4847. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.04.027>
- [12]. Umar N, *et al.* "Comparison of different PV power simulation softwares: case study on performance analysis of 1 MW grid-connected PV solar power plant". *Int J Eng Sci Invent IJESI.* 2018, vol. 7, n. 7, p. 11-24. ISSN 2319-6734. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/326919529_Comparison_of_different_PV_power_simulation_softwares_case_study_on_performance_analysis_of_1_MW_grid-connected_PV_solar_power_plant
- [13]. Masrur H, *et al.* "Assessing the techno-economic impact of derating factors on optimally tilted grid-tied photovoltaic systems". *Energies.* 2021, vol. 14, n. 4, e1044. ISSN 1873-6785. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/en14041044>
- [14]. Venkateswari R, Sreejith S. "Factors influencing the efficiency of photovoltaic system". *Renew Sustain Energy Rev.* 2019, vol. 101, p. 376-394. ISSN 1364-0321. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.11.012>
- [15]. Marenco-Porto CA, *et al.* "Potential savings in the cement industry using waste heat recovery technologies". *Energy.* 2023, vol. 279, p. 127810. ISSN 0360-5442. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127810>.

- [16].Kazem HA, *et al.* "A review of dust accumulation and cleaning methods for solar photovoltaic systems". J Clean Prod. 2020, vol. 276, e123187. ISSN 0959-6526.Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123187>
- [17].Jacobson MZ, Jadhav V. "World estimates of PV optimal tilt angles and ratios of sunlight incident upon tilted and tracked PV panels relative to horizontal panels". Sol Energy. 2018, vol. 169, p. 55-66. eISSN 0038-092X. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.04.030>
- [18].Sarmiento-Paucar RF, Ayala-Cadena AA, Espín-Salambay NJ. "Dolarización e Inflación en Ecuador". ISTE Sci. 2023, vol. 2, n. 2, p. 56-66. Disponible en: <https://revistas.iste.edu.ec/index.php/reviste/article/view/22>
- [19].Guaita-Pradas I, Blasco-Ruiz A. "Analyzing profitability and discount rates for solar PV plants. A Spanish case". Sustainability. 2020, vol. 12, n. 8, e3157. ISSN 2071-1050.Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su12083157>
- [20]. Mauleón I. "Assessing PV and wind roadmaps: Learning rates, risk, and social discounting". Renew Sustain Energy Rev. 2019, vol. 100, p. 71-89. ISSN 1364-0321. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.10.012>

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflicto de interés.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Kleber Felipe Pita Mera: <https://orcid.org/0000-0002-8373-9569>

Diseño de la investigación, recopilación de los datos necesarios, simulaciones, diseños y redacción del artículo. Participación de los análisis de los resultados, redacción del borrador del artículo, revisión crítica de su contenido y aprobación final.

Ney Raúl Balderramo Vélez: <https://orcid.org/0000-0001-8502-4332>

Diseño de la investigación, recopilación de los datos necesarios, simulaciones, diseños y redacción del artículo. Participación de los análisis de los resultados, redacción del borrador del artículo, revisión crítica de su contenido y aprobación final.

Lenin Julián Pita Cantos: <https://orcid.org/0000-0002-1468-615X>

Diseño de la investigación, recopilación de los datos necesarios, simulaciones, diseños y redacción del artículo. Participación de los análisis de los resultados, redacción del borrador del artículo, revisión crítica de su contenido y aprobación final.