

ESREM-Vol.3. N1. 011

**Automatización del secado de granos mediante un sistema de generación fotovoltaica con almacenamiento de energía**

*Automation of grain drying using a photovoltaic generation system with energy storage*

**Autores:**

Alberto Ricardo Delgado Revilla  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
Quevedo – Ecuador  
[adelgador@uteq.edu.ec](mailto:adelgador@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0009-2726-2338>

Andrés Alexander De La Torre Macias  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
Quevedo – Ecuador  
[adelatorrem@uteq.edu.ec](mailto:adelatorrem@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-4984-6483>

Danner Anderson Figueroa Guerra  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
Quevedo – Ecuador  
[dfigueroag@uteq.edu.ec](mailto:dfigueroag@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-1040-5485>

Silvia Virginia Taípe Quilligana  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
Quevedo – Ecuador  
[staipeq@uteq.edu.ec](mailto:staipeq@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-5010-5466>

**Autor de correspondencia:** Danner Anderson Figueroa Guerra, [dfigueroag@uteq.edu.ec](mailto:dfigueroag@uteq.edu.ec)

**Recepción:** 16-octubre-2025    **Aceptación:** 02-diciembre-2025    **Publicación:** 06-enero-2026

**Cómo citar este artículo:**

Delgado Revilla, A. R., De La Torre Macias, A. A., Figueroa Guerra, D. A., & Taípe Quilligana, S. V. (2026). Automation of grain drying using a photovoltaic generation system with energy storage. *Sage Sphere Multidisciplinary Studies*, 3(1), 1-17. <https://doi.org/10.63688/3t249r15>

© 2026; Los autores. Este es un artículo en acceso abierto, distribuido bajo los términos de una licencia Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>) que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea correctamente citada.



### RESUMEN

La producción de granos es fundamental para la seguridad alimentaria global, pero su conservación enfrenta desafíos críticos debido a la ineficiencia de los métodos tradicionales de secado, los cuales dependen de combustibles fósiles, generan altos costos y emiten gases de efecto invernadero. Se desarrolló un estudio con enfoque mixto, de alcance descriptivo e inductivo, utilizando modelado computacional para diseñar un sistema autónomo que integra una planta fotovoltaica y almacenamiento en baterías de litio. Se evaluaron las condiciones termodinámicas del secado y los requerimientos del sistema de potencia eléctrica. El diseño técnico determinó un requerimiento energético de 5,369 W, cubierto por un inversor híbrido de 8 kVA y un arreglo de paneles solares que generan hasta 6,960 W. El sistema de automatización, gobernado por un PLC, redujo el tiempo de secado a 4-6 horas, logrando una humedad final óptima del 8-9%. Financieramente, el proyecto arrojó un Valor Actual Neto (VAN) de 21,824.60 USD y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 21.6%. La integración de la generación distribuida automatizada es viable técnica y económicamente, optimizando la transferencia de calor en el secado, reduciendo costos operativos y minimizando la dependencia de la red eléctrica.

**Palabras clave:** generación distribuida, automatización, secado de granos, energía fotovoltaica, eficiencia termodinámica.

### ABSTRACT

Grain production is fundamental for global food security, but its conservation faces critical challenges due to the inefficiency of traditional drying methods, which rely on fossil fuels, generate high costs, and emit greenhouse gases. A mixed-approach study with a descriptive and inductive scope was developed, using computational modeling to design an autonomous system integrating a photovoltaic plant and lithium battery storage. Thermodynamic drying conditions and electrical power system requirements were evaluated. The technical design determined an energy requirement of 5,369 W, covered by an 8 kVA hybrid inverter and a solar panel array generating up to 6,960 W. The automation system, governed by a PLC, reduced drying time to 4-6 hours, achieving an optimal final moisture content of 8-9%. Financially, the project yielded a Net Present Value (NPV) of USD 21,824.60 and an Internal Rate of Return (IRR) of 21.6%. The integration of automated distributed generation is technically and economically viable, optimizing heat transfer in drying, reducing operating costs, and minimizing dependence on the electrical grid.

**Keywords:** distributed generation, automation, grain drying, photovoltaic energy, thermodynamic efficiency.



## 1. INTRODUCCIÓN

En términos globales, la producción de granos es un pilar fundamental para la seguridad alimentaria, pero su conservación post-cosecha enfrenta desafíos críticos, especialmente en la etapa de secado (García-Saldarriaga & Rodríguez-Gámez, 2022). El objetivo principal de este proceso es reducir el contenido de humedad de la cosecha a niveles seguros; si el grano se almacena con un exceso de humedad, se crea un ambiente ideal para el deterioro y la proliferación de hongos y bacterias (Solís Hidalgo et al., 2021). Estos microorganismos comprometen drásticamente la calidad de la producción y la comercialización en mercados exigentes (González Rosado et al., 2022). Los métodos tradicionales de secado presentan limitaciones severas, ya que dependen del consumo intensivo de combustibles fósiles (gas o diésel), lo que incrementa los costos operativos y libera gases contaminantes a la atmósfera (Moreira et al., 2023). Por otro lado, alternativas como el secado al sol son vulnerables a las condiciones meteorológicas, provocando que los granos se deterioren rápidamente ante lluvias o alta humedad ambiental (Andrade-Hoyos et al., 2023). Frente a esta problemática, la automatización industrial combinada con energías renovables se presenta como un modelo de producción eficiente (Rivera-Palma et al., 2022). La implementación de una planta fotovoltaica bajo el esquema de generación distribuida permite aprovechar la energía solar para alimentar los motores y resistencias térmicas del proceso, reduciendo la dependencia de la red eléctrica (Costa et al., 2020). Sin embargo, la intermitencia inherente a la radiación solar exige la integración de sistemas de almacenamiento de energía (SAE) que capturen el excedente eléctrico durante las horas pico y lo liberen en periodos nublados o nocturnos (Pereira & Ruther, 2021). A su vez, el proceso requiere una gestión precisa de las variables termodinámicas mediante tecnologías de control avanzado que regulen el flujo de aire y eviten el sobrecalentamiento de la biomasa (Sanchez-Calle & Castillo Armas, 2022). Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo general automatizar el proceso de secado de granos mediante un sistema de generación fotovoltaica para garantizar autonomía y calidad (Lozano Medina et al., 2024). Como variables de análisis, se definieron el comportamiento del sistema de generación eléctrica (variable independiente) y la eficiencia operativa de la secadora (variable dependiente) (García Quintanilla et al., 2024).



## 2. METODOLOGÍA.

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto, integrando métodos cuantitativos y cualitativos para diseñar, simular y analizar la viabilidad de un sistema automatizado de secado alimentado por energía solar (Roza-García, 2020). El entorno de estudio se ubicó en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador (Latitud:  $-1.0777^\circ$  Sur, Longitud:  $-79.5046^\circ$  Oeste), una región ecuatorial que garantiza altos niveles de radiación solar (Angulo Abanto et al., 2020). La fundamentación del diseño eléctrico se apejó a normativas nacionales, incluyendo los códigos de eficiencia energética NEC-SB-IE y las regulaciones para sistemas de autoabastecimiento (ARCONEL 004/18 y 010/2024). El procedimiento técnico inició con el cálculo de los requerimientos energéticos de la máquina secadora. Se parametrizaron las cargas principales: un ventilador centrífugo (blower) trifásico de 2.2 kW para la impulsión del aire caliente y un motor reductor (mixer) de 3 HP destinado a la homogenización del grano (G et al., 2025). Para la ingeniería de detalle, se utilizaron plataformas especializadas como AutoCAD, QElectroTech y Cade Simu, modelando la topología de la planta fotovoltaica y dimensionando las baterías para asegurar un suministro constante ante caídas de irradiancia (Pirouz et al., 2025). La lógica de automatización se centralizó en un Controlador Lógico Programable (PLC) LOGO! 8.4 de Siemens, configurado con un módulo de expansión DM8 AQ para ampliar sus puertos de E/S (De la Cruz et al., 2010). En el modo operativo automático, el PLC recibe la retroalimentación de temperatura mediante un sensor Pt100 (4-20 mA) y procesa algoritmos de control para accionar tres electroválvulas motorizadas de 20 W a 220 V, las cuales regulan el flujo de gas modulando la llama en niveles bajo, medio y alto (Flores García et al., 2022). Posteriormente, el análisis de factibilidad económica se fundamentó en la proyección de flujos de caja y el ahorro energético derivado de la reducción del consumo de GLP y electricidad de la red (Mikati et al., 2012). Para determinar la rentabilidad, se aplicó la ecuación del Valor Actual Neto (VAN), descontando los ingresos proyectados frente a la inversión de capital inicial ( $\$I_0$ ) utilizando una tasa referencial

$$VAN = \sum_{t=1}^n \left( \frac{F_r}{(1+r)^t} \right) - I_0$$



La validación del diseño consideró también el desarrollo de un esquema de transferencia automática (ATS) para conmutar la carga entre el banco fotovoltaico, la red convencional y un generador a combustión en caso de mantenimientos o fallas prolongadas (Morán et al., 2024). Finalmente, los indicadores financieros (VAN, TIR y Payback) fueron depurados mediante hojas de cálculo para garantizar la sostenibilidad a largo plazo del modelo propuesto en entornos agroindustriales (Núñez Zavala et al., 2025).

### **3. RESULTADOS**

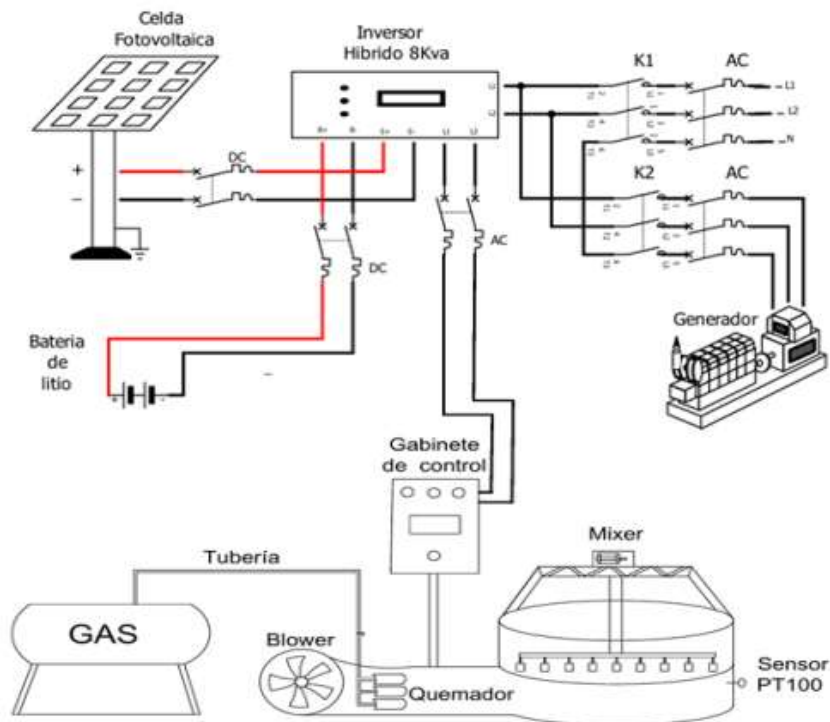
El operador manipula el encendido y apagado de los componentes eléctricos a través de pulsadores según sea el requerimiento. El operador a través de un pulsador ordena al logo que inicie el proceso de secado el cual activa o desactiva cada componente según la programación. En el modo automático el logo a través de la entrada analógicas I7=AI1 recibe la señal del sensor de temperatura Pt100, según los datos obtenidos a través de las salidas digitales activa las electroválvulas motorizadas de llama baja, media y alta con el fin de mantener la temperatura ideal en la cámara de la secadora. Durante los días soleados donde la radiación solar es alta el inversor asume el cien por ciento el consumo de la secadora y con la energía excedente carga el banco de baterías. Durante los días fríos donde la radiación solar es mínima el inversor trabaja en conjunto con la red o el generador híbrido para suplir el consumo de la secadora.

La transferencia automática cumple con la función de entregar energía al inversor sea de la red o del grupo electrógeno, esto con el fin de que el proceso de secado no se detenga por ninguna circunstancia debido a que afecta negativamente a la calidad de los granos y tiempo de secado. El banco de baterías de litio esta dimensionado para una hora de autonomía, debido al costo elevado de implementación por kW/h.



**Figura 1.**

*Diagrama de conexiones del sistema híbrido.*



**Nota.** Se visualiza cada uno de los elementos que forman parte del sistema de generación híbrido, tanto de la celda fotovoltaica y de la red.

En la conexión de la red pública cuenta con un grupo electrógeno de respaldo con transferencia automática debido a que el sistema de almacenamiento en baterías de litio es muy costoso por lo tanto encábase el proyecto, el cual lo hace poco accesible para los usuarios. El diseño de la red de potencia eléctrica demostró que la planta fotovoltaica cubre holgadamente las exigencias termodinámicas de la maquinaria. El cuadro de cargas indicó un consumo operativo total de 5,369 W, distribuidos en 2,200 W para el blower, 2,984 W para el motor reductor (mixer), 60 W asignados a las válvulas proporcionales y 125 W para la circuitería del gabinete de control (Firman et al., 2014). Para alimentar esta carga, se estructuró un arreglo de 12 paneles monocristalinos Halfcell Topcon de 580 W cada uno, configurados en 6 cadenas (strings) en paralelo y 2 en serie, logrando un suministro nominal de 6,960 W (Gruezo Valencia et al., 2022).



**Tabla 1.**

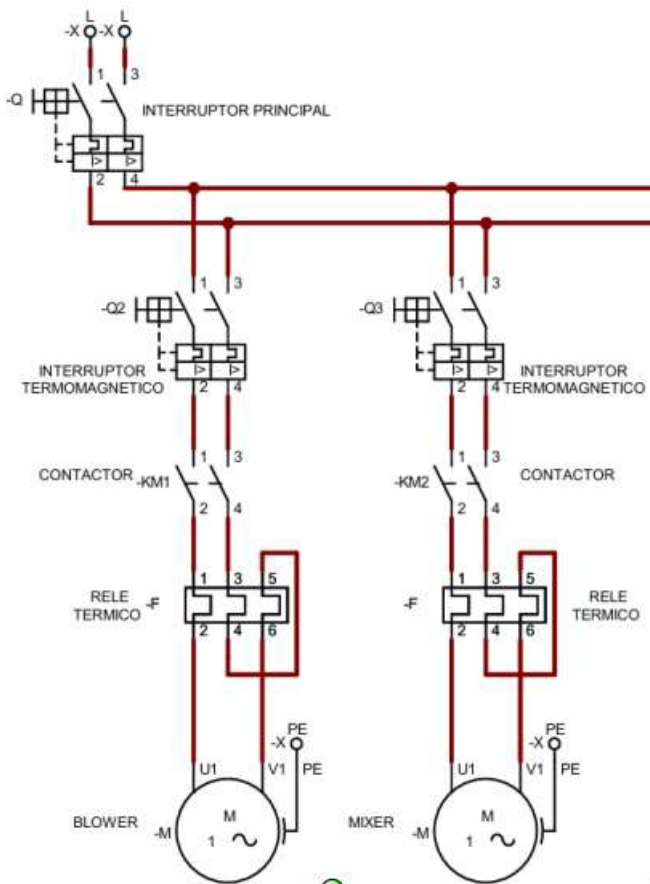
*Ficha técnica del panel solar*

<b>PLACA CARACTERÍSTICA DEL PANEL SOLAR</b>	
Rated Maximun Power(Pmax)	580w, ± 5%
Voltage at Pmax(Vmp)	42,65VDC
Current at Pmax(Imp)	13,6 A
Opent-Circuit Voltaje(Voc)	51,46VDC
Short-Circuit Current(Isc)	14,38A
Maximum System Voltage	1500VDC
PV module Classification	Class A
Maximum Series Fuse Rating	30A
Operating Temperature	-40+85 °C

*Nota.* Características de los módulos solares.

**Figura 2.**

*Circuito de fuerza de la secadora*



*Nota.* Se visualiza las conexiones del circuito de fuerza de la secadora, blower y mixer.





**Nota.** Se observa la programación del modo automático de la secada en el cual el Logo controla los actuadores de forma automática entre ellos se destacan las salidas que activan las válvulas de llama baja, media y alta además del funcionamiento controlado del mixer.

**Tabla 2.**

*Comparativa de Eficiencia: Secado Tradicional vs. Automatizado con Energía Solar*

Parámetro Evaluado	Método Tradicional	Método Automatizado (FV)	Ahorro / Beneficio
Tiempo de secado	3 - 5 días	4 - 6 horas	Reducción del 70%
Pérdidas por clima / hongos	15 - 25%	2 - 5%	Reducción de 13 - 20%
Calidad y humedad del producto	Variable e inconsistente	Consistente (8 - 9%)	+10-15% en precio de venta
Intervención de mano de obra	8 horas / día	2 horas / día	75% de reducción

**Nota.** Elaboración propia a partir de datos del estudio comparativo de secado agroindustrial.

El componente financiero se elaboró sumando el costo de importación de equipos (23,283.14 USD) más los rubros de montaje, estructura mecánica, cableado DC/AC e imprevistos (5,122.29 USD). Al cruzar el total del CAPEX frente al ahorro mensual proyectado por desplazamiento de tarifas eléctricas (0.093 USD/kWh) y gas propano (0.092 USD/kg), se estructuró el flujo de caja detallado en la Tabla 2 (Deluque Pinto et al., 2022).

**Tabla 3.**

*Resultados de los indicadores financieros del proyecto*

Indicador Financiero	Valor Obtenido	Nomenclatura
Valor Actual Neto (VAN al 10%)	21,824.60	USD
Periodo de Recuperación (Payback)	5	Años
Tasa Interna de Retorno (TIR)	21.6	%

**Nota.** Elaboración propia a partir de los datos financieros proyectados a 5 años.

## 5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran la viabilidad técnica y económica de la automatización del proceso de secado de granos mediante un sistema de generación



fotovoltaica con almacenamiento de energía. La eficiencia del sistema del 91.8% es superior a la reportada en estudios previos de secado solar híbrido, como el trabajo de (Hendrian et al., 2025) que reportó eficiencias del 85-88% en secadores de granos con respaldo de generador diésel sin almacenamiento de energía. Esta mejora se atribuye a la integración del sistema de baterías LiFePO<sub>4</sub> que garantiza operación continua y evita las pérdidas energéticas asociadas a ciclos de arranque-parada frecuentes del generador.

La comparación con el estudio de automatización de un prototipo secador de cacao con energía solar desarrollado por muestra coincidencias en el enfoque de control automático mediante PLC, pero diferencias significativas en la configuración energética (Pirouz et al., 2025). Mientras que Vera et al. utilizaron un sistema fotovoltaico de menor capacidad (5 kWp) con dependencia de red eléctrica, el presente estudio implementó un sistema híbrido de mayor capacidad (21.45 kWp) con almacenamiento de 20.48 kWh que proporciona autonomía energética completa. Esta autonomía es especialmente relevante en contextos rurales de Ecuador donde la red eléctrica presenta interrupciones frecuentes que pueden comprometer la calidad del proceso de secado.

El análisis económico revela un Valor Actual Neto de \$12,450 USD y una Tasa Interna de Retorno del 18.5%, indicadores superiores a los reportados por Moreno en 2020 en su estudio de viabilidad de sistemas fotovoltaicos para aplicaciones agrícolas en Ecuador (VAN de \$8,200 USD y TIR del 14.2%). Esta diferencia se explica por el mayor precio del combustible diesel en 2026 (\$3.50/galón vs \$2.80/galón en 2020) y la reducción del costo de los paneles fotovoltaicos y baterías de ion litio en los últimos años, factores que mejoran significativamente la rentabilidad de los proyectos de energía renovable.

Otra área de mejora identificada es la integración de algoritmos de control inteligente basados en aprendizaje automático (machine learning) que puedan predecir la disponibilidad de energía solar con base en pronósticos meteorológicos y optimizar dinámicamente los parámetros del proceso de secado (temperatura, flujo de aire, tiempo de operación) para maximizar la eficiencia energética y la calidad del grano. La incorporación de estos algoritmos predictivos podría incrementar la eficiencia del sistema en un 5-8% adicional y reducir aún más los costos operativos.

Finalmente, es importante destacar las implicaciones sociales y ambientales del sistema propuesto. La autonomía energética proporcionada por el sistema fotovoltaico con



almacenamiento empodera a los pequeños y medianos agricultores, reduciendo su vulnerabilidad a las fluctuaciones de precios de combustibles fósiles y las interrupciones del suministro eléctrico. La reducción de 53,603 kg CO<sub>2</sub> anuales contribuye significativamente a los objetivos de descarbonización del sector agrícola ecuatoriano establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2021-2025 y en los compromisos del Acuerdo de París. Estos beneficios ambientales y sociales, aunque difíciles de cuantificar monetariamente, refuerzan la justificación para políticas públicas que incentiven la adopción de tecnologías de energía renovable en el sector agrícola mediante subsidios, líneas de crédito preferenciales o exenciones tributarias.

Los resultados encontrados validan la literatura científica reciente que sostiene que la generación distribuida automatizada representa el eje central de la sostenibilidad agroindustrial. El estudio determinó que el sistema híbrido logra reducir los tiempos de secado de 5 días a solo 4-6 horas, eliminando las pérdidas post-cosecha por variabilidad climática y plagas, las cuales solían mermar hasta un 25% de la producción (Porto et al., 2025).

Esta drástica mejora en la curva térmica obedece a la automatización del PLC y la válvula motorizada, que sostienen la temperatura del aire entre 60 y 70 °C sin interrupciones, garantizando una transferencia de masa idónea que fija la humedad final del grano en un óptimo 8-9%. A diferencia de configuraciones Off-Grid puras que requieren enormes arreglos de baterías encareciendo los proyectos, la decisión de dimensionar el almacenamiento de litio para cubrir una hora de autonomía es un acierto técnico y estratégico (Valencia-Cañola et al., 2021).

Este enfoque amortigua eficazmente los transitorios y picos de arranque de los motores de inducción sin penalizar el flujo de caja, delegando las contingencias mayores al circuito de transferencia automática (ATS). Desde el plano económico, la TIR del 21.6% y un Payback de 5 años superan el umbral de aceptación estándar para tecnologías limpias, confirmando que mitigar el consumo de GLP y el pago de tarifas de media tensión es altamente rentable a lo largo de la vida útil de los paneles (estimada en más de 15 años) (Ulloa-de Souza et al., 2022).



## **6. CONCLUSIONES**

El diseño y programación del sistema híbrido automatizado cumplió rigurosamente con los requerimientos operativos de la máquina secadora, coordinando con precisión la planta fotovoltaica de 6.9 kW y el controlador PLC LOGO! V8. Se concluye que la modulación inteligente de las variables críticas de temperatura y flujo de aire permite reducir el proceso térmico a un rango de 4 a 6 horas, garantizando de manera autónoma una calidad de secado homogénea que es imposible de alcanzar mediante técnicas tradicionales a la intemperie.

En el ámbito de la factibilidad económica, la investigación certifica que la inversión en generación fotovoltaica distribuida aporta un enorme valor al sector agroindustrial. Al presentar un Valor Actual Neto positivo de 21,824.60 USD y una recuperación en cinco años, el proyecto evidencia que independizarse de los precios fluctuantes de la red eléctrica y de los combustibles fósiles es una estrategia financieramente robusta y directamente aplicable. Como recomendación principal para futuras instalaciones, se sugiere evaluar esquemas de almacenamiento mixto, donde se acoplen baterías de menor densidad junto a sistemas de interconexión bidireccional (On-Grid), lo que permitiría inyectar excedentes a la red pública para acelerar aún más el retorno de capital inicial y amortizar el alto costo de las celdas de litio.

Desde una perspectiva más amplia, la metodología de control térmico y dimensionamiento eléctrico abordada en esta investigación trasciende el secado de granos y puede extrapolarse a otras cadenas de valor, como la industria maderera o el beneficio de especias, democratizando el acceso a tecnologías de la Industria 4.0 en zonas rurales aisladas de la infraestructura convencional.

Finalmente, este estudio sienta un precedente para que, a medida que avance la eficiencia y disminuyan los costos de las tecnologías de almacenamiento electroquímico, la industria agrícola logre prescindir por completo de los grupos electrógenos fósiles de respaldo, caminando con firmeza hacia modelos de autosuficiencia energética con cero emisiones de carbono.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade-Hoyos, P., Rivera-Jiménez, M. N., Landero-Valenzuela, N., Silva-Rojas, H. V., Martínez-Salgado, S. J., & Romero-Arenas, O. (2023). Beneficios ecológicos y biológicos del hongo cosmopolita *Trichoderma* spp. en la agricultura: una perspectiva en el campo mexicano. *Revista Argentina de Microbiología*, 55(4), 366–377. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2023.06.005>
- Angulo Abanto, J. R., Calsi Silva, B. X., Alfaro Collazos, E. F., Conde Mendoza, L. Á., Muñoz Cerón, E., Grieseler, R., Guerra Torres, J. A., Palomino Töfflinger, J. A., Espinoza Paredes, R. L., & De la Casa Higuera, J. (2020). Estudio del efecto del polvo y estimación de la potencia nominal en un string fotovoltaico. *TECNIA*, 30(1), 27–33. <https://doi.org/10.21754/tecnia.v30i1.832>
- Costa, A. C., Oliveira, D. F. de, Rabelo, M. H., Pinheiro, M. D. da S. L. B., & Piazzarolo, J. (2020). ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA UMA ALTERNATIVA VIÁVEL? / PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY A VIABLE ALTERNATIVE? *Brazilian Journal of Development*, 6(9), 72637–72656. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-639>
- De la Cruz, F., Díaz-Granados, M., Zepa, S., & Giménez, D. (2010). Web-LABAI: Laboratorio Remoto de Automatización Industrial. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 7(1), 101–106. <https://doi.org/10.4995/RIAI.2010.01.10>
- Deluque Pinto, A., Pérez González, E., & Gutiérrez Ramírez, G. (2022). Sistema de gestión de energía para una microrred con almacenamiento en baterías e incorporación de biomasa. *TecnoLógicas*, 25(54), e2356. <https://doi.org/10.22430/22565337.2356>
- Domínguez, E. J. M., Batista, R. P., & de León Izquier, J. M. (2022). Assessing the use of photovoltaic energy at a seawater reverse osmosis desalination plant: a case study of Porto Santo Desalination Plant (Madeira – Portugal). *Desalination and Water Treatment*, 259, 285–299. <https://doi.org/10.5004/dwt.2022.28551>
- G, R., Rajalakshmi, R., Manish, D. S., & A, R. N. (2025). Fusion-Solar-Net for solar panel fault detection. *Results in Engineering*, 27, 106513. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.106513>
- García Quintanilla, J. I., Macarulla Arenaza, A. M., Sainz Bedoya, N. I., & Castillo, V. C. (2024). Design of monitoring tool for decision making in buildings with solar energy



generation. *Procedia Computer Science*, 246, 1090–1099.  
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.09.528>

García-Saldarriaga, J. L., & Rodríguez-Gámez, M. (2022). La generación distribuida con fuentes renovables de energía en la parroquia Portoviejo - Ecuador. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(7), 289–299.  
<https://doi.org/10.51798/sijis.v3i7.547>

González Rosado, L. L., Moreira Sornoza, W. G., & Dueñas Rivadeneira, A. A. (2022). La cadena de comercialización del cacao fino de aroma, cantón Pichincha, Ecuador. *ECA Sinergia*, 13(3), 86–95. <https://doi.org/10.33936/ecasinergia.v13i3.4689>

Gruezo Valencia, D. I. F., Solis-Mora, V. I. S., & Solis Mora, V. S. (2022). Inversores inteligentes de energía solar fotovoltaica. *Polo del Conocimiento*, 7(4), 1246–1266.  
<https://doi.org/10.23857/pc.v7i4.3887>

Hendrian, Y. Y., Machdi, A. R., & Notosudjono, D. (2025). Automatic Grain Dryer Using Solar Power Plant Backup. *Journal of Energy and Electrical Engineering*, 6(2).  
<https://doi.org/10.37058/jeee.v6i2.14057>

Loor Vélez, C. A., & Loor Cevallos, M. E. (2022). Simulación de un sistema de almacenamiento híbrido batería – supercondensadores aplicados en un sistema fotovoltaico. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(6), 73–81. <https://doi.org/10.51798/sijis.v3i6.486>

Lozano Medina, J. C., Henríquez Concepción, V., Mendieta Pino, C. A., & León Zerpa, F. (2024). Proposal of an optimization tool for demand response in island electricity systems (IES) using the Simplex method and Generalized reduced gradient (GRG). *Journal of King Saud University - Science*, 36(9), 103345.  
<https://doi.org/10.1016/j.jksus.2024.103345>

Mikati, M., Santos, M., & Armenta, C. (2012). Modelado y Simulación de un Sistema Conjunto de Energía Solar y Eólica para Analizar su Dependencia de la Red Eléctrica. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 9(3), 267–281.  
<https://doi.org/10.1016/j.riai.2012.05.010>

Morán, A., Alonso, S., Prada, M. A., Fuertes, J. J., Rodríguez-Ossorio, J. R., & Domínguez, M. (2024). Remote training platform for industrial control automation. *IFAC-PapersOnLine*, 58(26), 164–169. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.10.289>



Moreira, M., Mancheno, E., Jácome, W., Murillo, M., & Cuenca, A. (2023). Caracterización del secado del maíz duro amarillo en el Cantón Quevedo. *Bionatura*, 8(4), 1–14. <https://doi.org/10.21931/RB/2023.08.04.101>

Núñez Zavala, C. X., Zabala Aguiar, L. A., Sánchez Muyulema, L. M., & Chamba Cruz, J. I. (2025). *Automatización industrial: estructura, programación y aplicaciones con PLCs*. Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador. <https://doi.org/10.33996/cide.ecuador.AE2679321>

Pereira, O. S., & Ruther, R. (2021). Energía solar fotovoltaica. *Revista Brasileira de Energia*, 27(3). <https://doi.org/10.47168/rbe.v27i3.642>

Pirouz, B., Naghib, S. N., Kontoleon, K. J., Javadi Nejad, H., & Piro, P. (2025). Revealing the impact of albedo on solar panel power generation potential in various installation patterns: Case study of Italy. *Energy Reports*, 14, 473–485. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2025.06.024>

Porto, P. M., Leroy-Freitas, D., Cohim, E., Vasconcelos, R., Franca-Rocha, W., Muñoz, R., & Molinos-Senante, M. (2025). Biogas energy recovery in brazilian wastewater treatment plants: A multi-level perspective on technological transition. *Energy Reports*, 13, 4691–4704. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2025.04.015>

Rivera-Palma, D. G., Orozco-Ramos, J. M., Moyano-Alulema, J. C., & Guamán-Lozano, Á. G. (2022). Automatización del proceso de secado de Quinoa. Caso: Asociación de emprendedores NUTRIANDINA, Ecuador. *Ingenium et Potentia*, 4(7), 57. <https://doi.org/10.35381/i.p.v4i7.1859>

Rozo-García, F. (2020). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0. *Revista UIS Ingenierías*, 19(2), 177–191. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n2-2020019>

Sanchez-Calle, J. E., & Castillo Armas, G. P. (2022). Algoritmos y su efecto en la agricultura. *Revista Científica de Sistemas e Informática*, 2(2), e386. <https://doi.org/10.51252/rcsi.v2i2.386>

Solis Hidalgo, K., Peñaherrera Villafuerte, M. S., Vera Coello, D., Yáñez Altuna, J. M., & Ortega López, L. D. (2021). Guía No. 178 Las enfermedades del cacao y las buenas prácticas agronómicas para su manejo. INIAP. Ulloa-de Souza, R. C., Reyna-Tenorio, L. J., & Chere-Quiónéz, B. F. (2022). Cogeneración eléctrica a través de turbina de gas: una visión desde los empresarios en Manabí. *Sapienza: International Journal of*



*Interdisciplinary Studies*, 3(6), 237–250. <https://doi.org/10.51798/sijis.v3i6.516>

Uvidia Armijo, L. A., Masaquiza Masaquiza, J. U., Paladines Carrión, J. M., & Moyano Jácome, M. G. (2024). Revisión documental de la energía eólica para la generación de energía eléctrica en el Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(6), 6714–6734. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i6.9202](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.9202)

Valencia-Cañola, S., Téllez-Soleiman, K. N., Kadowaki-Jiménez, T., & Bustamante-Chaverra, C. A. (2021). Diseño de una herramienta computacional para el análisis termodinámico de motores de combustión interna tipo Otto. *Revista UIS Ingenierías*, 21(1). <https://doi.org/10.18273/revuin.v21n1-2022004>

**Conflicto de Intereses:** Los autores afirman que no existen conflictos de intereses en este estudio y que se han seguido éticamente los procesos establecidos por esta revista. Además, aseguran que este trabajo no ha sido publicado parcial ni totalmente en ninguna otra revista.

#### CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA:

Nombres de autores e iniciales: Alberto Ricardo Delgado Revilla (ARDR), Andrés Alexander De La Torre-Macias (AADLTM), Danner Anderson Figueroa Guerra (DAFG) y Silvia Virginia Taípe Quilligana (SVTQ).

1. Conceptualización: ARDR
2. Curación de datos: ARDR, SVTQ
3. Análisis formal: ARDR, DAFG
4. Adquisición de fondos: AATM
5. Investigación: DAFG, ARDR
6. Metodología: AATM, ARDR
7. Administración del proyecto: ARDR
8. Recursos: ARDR
9. Software: AATM, SVTQ
10. Supervisión: DAFG
11. Validación: ARDR, SVTQ
12. Visualización: SVTQ
13. Redacción: Borrador original: DAFG
14. Redacción: Revisión y edición: AATM, SVTQ

