

# Inteligencia Artificial para la Gestión Energética Óptima en Microrredes Híbridas mediante Algoritmos Genéticos

Pablo Pallarés FdM.<sup>1\*</sup>, Manuel F. Dolz<sup>2†</sup>,  
José I. Aliaga<sup>2‡</sup> and Rafa Gandía<sup>3§</sup>

<sup>1</sup> Universitat Politècnica de València, España

<sup>2</sup> Universitat Jaume I, España

<sup>3</sup> Dismuntel S.L.

pabpalfo@upv.es, dolzm@uji.es,  
aliaga@uji.es, rafa.gandia@dismuntel.com

## Abstract

Este trabajo aborda la operación eficiente de microrredes híbridas mediante algoritmos genéticos de Inteligencia Artificial (IA) que buscan trayectorias óptimas de gestión energética bajo restricciones técnicas estrictas (mínimos de generación diésel, límites de baterías y reglas de compra de combustible). A partir de cuatro años de datos históricos, se generan y seleccionan individuos representativos, donde cada individuo corresponde a una secuencia de decisiones óptimas que minimizan costes y garantizan el suministro eléctrico. Este enfoque contribuye a la transición energética y la sostenibilidad al optimizar el uso de renovables y almacenamiento, reduciendo emisiones y costes operativos. El estudio se enmarca en la línea de IA para eficiencia energética y sostenibilidad.

## 1 Desarrollo del trabajo

**Motivación y enfoque propuesto:** La gestión óptima de microrredes híbridas, típicamente basadas en energías renovables, baterías y un generador diésel, constituye un reto clave en la transición energética. Estas redes deben operar con elevada frecuencia de decisión, garantizando el suministro eléctrico y minimizando los costes operativos bajo múltiples restricciones técnicas. En este

---

\* Autor principal del documento y responsable del desarrollo experimental.

† Colaborador y revisor en el desarrollo experimental y redacción del documento.

‡ Colaborador y revisor en el desarrollo experimental y redacción del documento.

§ Responsable de la definición del problema y del suministro de la base de datos.

trabajo se propone un enfoque de IA evolutiva basado en algoritmos genéticos (AG) (Boucekara, et al., 2023), orientado a identificar políticas de operación óptimas para este tipo de sistemas (Jamal, et al., 2024).

**Descripción del sistema:** El estudio se centra en una microrred caracterizada con una carga máxima de 76 kW, un generador diésel de 38,25 kW, generación fotovoltaica de 4,9 kW, eólica de 5 kW y una batería de 53,99 kWh con potencia de carga/descarga de  $\pm 38,25$  kW. Se establece un depósito de combustible con una capacidad de 1.000 litros.

**Metodología evolutiva y resultados:** A partir de 4 años de datos históricos con resolución de 5 minutos, el AG evalúa miles de combinaciones de parámetros que gobiernan las decisiones de control: encendido y potencia del generador, potencia de la batería y volumen de combustible a reabastecer. Cada individuo del algoritmo codifica un conjunto de umbrales y pesos que definen una política de gestión energética, y su rendimiento se evalúa simulando el funcionamiento completo de la microrred, calculando el coste total y penalizando cualquier violación de restricciones de potencia, del estado de carga de la batería o almacenamiento del depósito.

La función objetivo minimiza el coste acumulado de operación, mientras que la evolución genética selecciona, cruza y muta los mejores individuos generación tras generación. Con una población inicial de unas 2.000 soluciones y hasta 5.000 generaciones. El sistema mostró convergencia estable: el coste medio poblacional descendió y el mejor individuo se estabilizó alrededor de 53.000 €, logrando una reducción del  $\sim 3\text{--}4\%$  respecto al enfoque determinista. Este resultado refleja un uso más eficiente del generador diésel, un mayor aprovechamiento del almacenamiento y un balance más inteligente entre las fuentes renovables y el suministro convencional.

Además de identificar la política óptima, el proceso genera un amplio conjunto de trayectorias estado-acción que describe la dinámica ideal del sistema bajo múltiples condiciones de demanda y generación. Dicho conjunto constituye una base de datos valiosa para entrenar un modelo neuronal que actúe como controlador predictivo inteligente, capaz de emular y mejorar la política óptima sin necesidad de ejecutar optimizaciones en línea.

**Conclusiones y trabajo futuro:** En conclusión, el enfoque propuesto demuestra la capacidad de los algoritmos evolutivos para diseñar estrategias de gestión energética eficientes y factibles en microrredes híbridas reales, logrando una notable reducción de costes y emisiones. Como línea futuro, se plantea entrenar redes neuronales profundas con los datos obtenidos para desarrollar un controlador autónomo con capacidad de aprendizaje adaptativo, que integre pronósticos de generación y demanda, permitiendo una operación más robusta y sostenible ante escenarios variables del sistema eléctrico.

**Agradecimientos:** Este trabajo fue financiado por el proyecto PID2023-146569NB-C22, apoyado por el MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y el ERDF/UE. Manuel F. Dolz fue financiado por el proyecto Plan Gen-T CIDEXG/2022/13 de la Generalitat Valenciana. Pablo Pallarés fue financiado por la ayuda predoctoral CIACIF/2021/217 y por la ayuda CIBEP/2024/002 para su estancia en un centro extranjero, ambas concedidas por la Generalitat Valenciana.

## Referencias

- Boucekara, H. R. E. H. y otros, 2023. Sizing of Hybrid PV/Battery/Wind/Diesel Microgrid System using Genetic Algorithm. *Sustainability*, 15(11073), pp. 1-38.
- Jamal, S., Pasupuleti, J. & Ekanayake, J., 2024. A rule-based energy management system for hybrid renewable energy sources with battery bank optimized by genetic algorithm optimization. *Scientific Reports*, 14(4865), pp. 1-17.