

Reporte No. 4: Pruebas de Continuidad y Distribución de Equipos Nuevos en Microrred Experimental

Universidad de Nariño
Laboratorio de Microrredes y Energías Renovables
Facultad de Ingeniería
San Juan de Pasto, Colombia
Bajo la supervisión del Ing. PhD. Javier Revelo

Resumen—Este reporte presenta los resultados de las pruebas de continuidad extendidas realizadas en la microrred experimental del Laboratorio de Microrredes y Energías Renovables de la Universidad de Nariño. Las pruebas demostraron estabilidad operacional del sistema eólico durante 5 días consecutivos, con picos de inyección reducidos a 1.3 kW. La reducción de picos permitió la incorporación exitosa de generación fotovoltaica al sistema existente mediante el controlador FlexMax 60. Adicionalmente, se propone una distribución física para los nuevos equipos adquiridos.

Index Terms—Microrred, inversor, sistemas eólicos, controlador MPPT, inyección a red, VRM, Victron Energy, ENAIR, energías renovables

I. INTRODUCCIÓN

Las microrredes híbridas representan una solución tecnológica para la integración de fuentes de energía renovable distribuida [1]. La microrred experimental del Laboratorio de Microrredes y Energías Renovables de la Universidad de Nariño ha sido diseñada como plataforma de investigación para el estudio de sistemas de generación eólica y fotovoltaica integrados.

Durante las pruebas iniciales del sistema eólico ENAIR acoplado al controlador FlexMax 60, se identificaron picos de inyección de 2.3 kW atribuidos a desfases en el flujo de potencia entre el conversor AC-DC y el MPPT interno del FlexMax60 [2]. Estos desfases ocasionaron acumulación de energía potencial en la turbina y en los acumuladores reactivos del sistema.

El presente trabajo documenta las pruebas de continuidad realizadas durante 5 días consecutivos, donde se monitoreó el comportamiento del sistema tras la reparación de la resistencia de disipación de la turbina. Los resultados demuestran la viabilidad de integración de generación solar manteniendo la capacidad de inyección total del sistema a la red eléctrica.

II. OBJETIVOS

II-A. Objetivo General

Comprobar la funcionalidad del dispositivo ENAIR de forma extendida y proponer una distribución de los equipos adquiridos.

II-B. Objetivos Específicos

- Evaluar la estabilidad operacional del sistema eólico durante operación continua
- Diseñar la distribución física de los nuevos equipos en el laboratorio

III. CONFIGURACIÓN DE LA MICRORRED CON SISTEMA ENAIR

III-A. Configuración Inicial - Solo Sistema Eólico

La conexión inicial se estableció según el diagrama unifilar mostrado en la Figura 1. Esta configuración permitió realizar pruebas de continuidad para estudiar el comportamiento del sistema y prevenir problemas operacionales futuros.

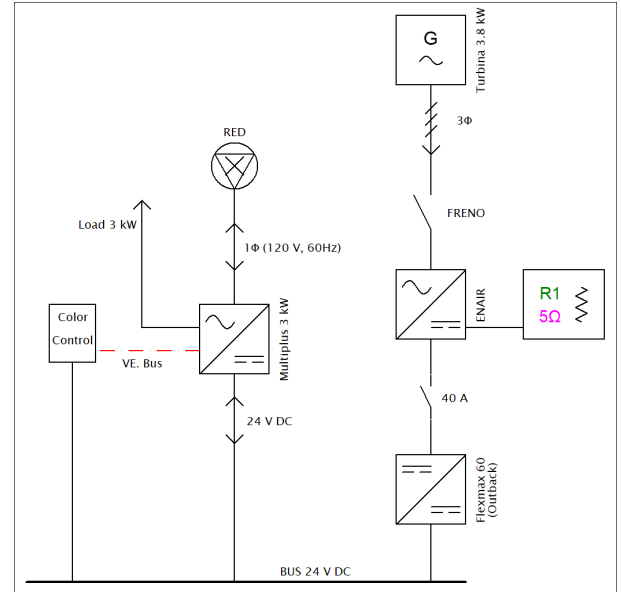


Figura 1. Diagrama unifilar de la conexión de la turbina eólica y su conversor AC-DC ENAIR.

El monitoreo se realizó tanto mediante el portal VRM de Victron Energy como de forma presencial. Se registraron picos ocasionales de 1.0 kW con una inyección promedio de 1.3

kWh/día a la red y un consumo de 0.5 kWh/día proveniente de la red durante períodos de baja generación.

El sistema opera sin baterías, por lo que el inversor MultiPlus es responsable de mantener el voltaje en el bus DC durante la ausencia de generación eólica. Este comportamiento se observa claramente en la Figura 2, correspondiente a uno de los 5 días de estudio.

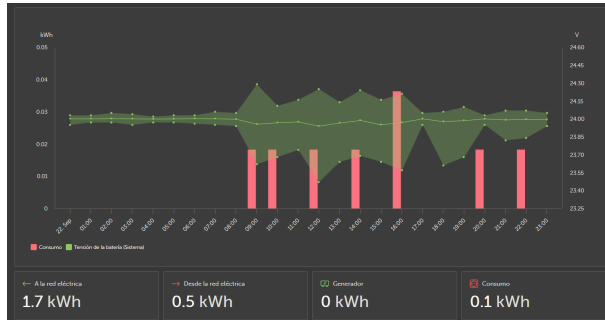


Figura 2. Intercambio de energía con la red del MultiPlus, datos del portal VRM de Victron Energy.

El consumo registrado se debe a la necesidad de mantener el voltaje del bus DC durante las 24 horas, siendo los picos de generación eólica de naturaleza intermitente. El bus DC es interpretado por el sistema como una batería, y la inyección resultante se aprecia en la Figura 3 con generación concentrada alrededor del mediodía.

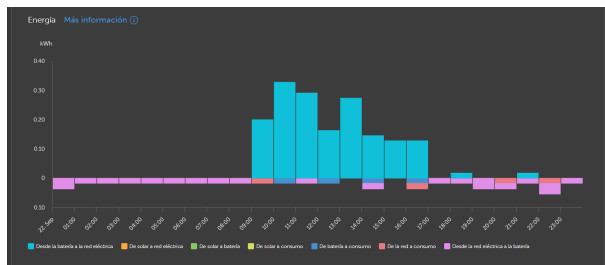


Figura 3. Flujos de energía en la microrred, datos del portal VRM de Victron Energy.

III-B. Configuración Híbrida - Integración Solar

La reducción de picos de 2.3 kW a 1.3 kW confirmó la existencia de problemas de comunicación de potencia entre el ENAIR y el FlexMax 60. Esta mejora permitió la integración de generación fotovoltaica según el diagrama de la Figura 4.

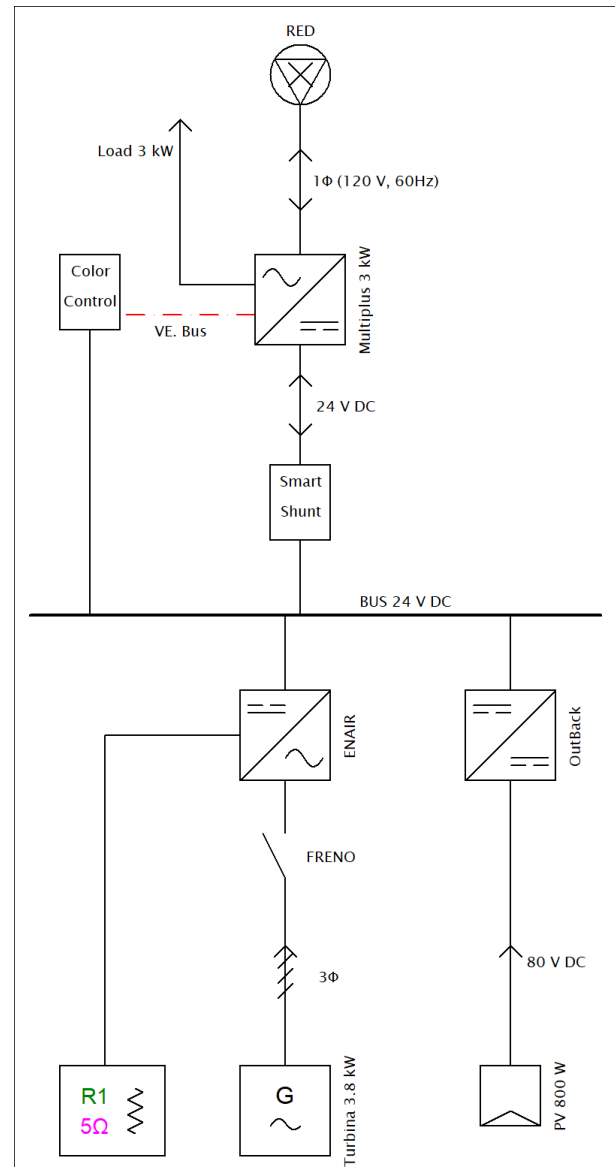


Figura 4. Diagrama unifilar de la integración de turbina eólica y FlexMax 60 con generación solar.

Los capacitores de salida del FlexMax 60 proporcionan estabilidad adicional al bus de 24V. La generación fotovoltaica diurna reduce el consumo del MultiPlus al eliminar la necesidad de mantener el voltaje durante ausencia de generación eólica [3].

La generación fotovoltaica estimada es de 1.5 kWh/día, basada en pruebas previas realizadas con el MultiPlus-II de 48V y baterías Pylontech, documentadas en reportes anteriores.

La adición de energía fotovoltaica incrementó significativamente la inyección eólica, alcanzando en total valores de hasta 5.9 kWh/día como se observa en la Figura 5. Esta mejora se atribuye al camino continuo de inyección que evita pérdidas por conmutación interna del MultiPlus.

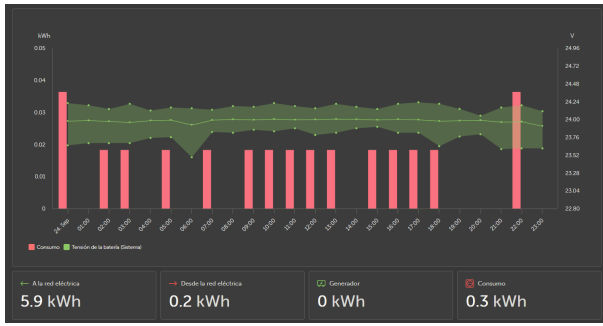


Figura 5. Inyección a red de la integración eólica-solar, datos del portal VRM de Victron Energy.

El flujo de la turbina hacia la red se estabilizó considerablemente, generando de forma casi continua incluso durante horas nocturnas, como se documenta en la Figura 6, destacando que esto es una prueba de un día aislado, es evidente la mejora pero se requiere estudiar el sistema durante un periodo mayor.

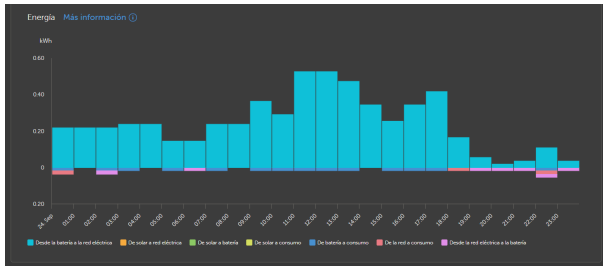


Figura 6. Flujo de energía durante un día completo integrando generación eólica y solar.

IV. PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS

Para contextualizar la distribución y conexión de la microrred dentro de la infraestructura de la Universidad de Nariño, se elaboró el diagrama unifilar mostrado en la Figura 8. Las conexiones de entrada se configurarán como puertos modulares para facilitar pruebas experimentales, cumpliendo con el propósito investigativo del montaje.

IV-A. Equipos a Instalar

Los equipos adquiridos, previamente caracterizados en los reportes 2 y 3, comprenden:

- Inversor Cargador MultiPlus-II 120V AC 3000W 48V
- Controlador MPPT Victron SmartSolar 150/35
- Sistema de monitoreo Cerbo GX
- 2 Baterías Pylontech US2000 48V (2.4 kWh c/u)
- Batería MUST 24V (5.1 kWh)
- Inversor Fronius GEN24 3.0 (3000W, 220V AC)

La distribución física propuesta se presenta en la Figura 7, con dimensiones y ubicación exacta detalladas en la Figura 9 del anexo.

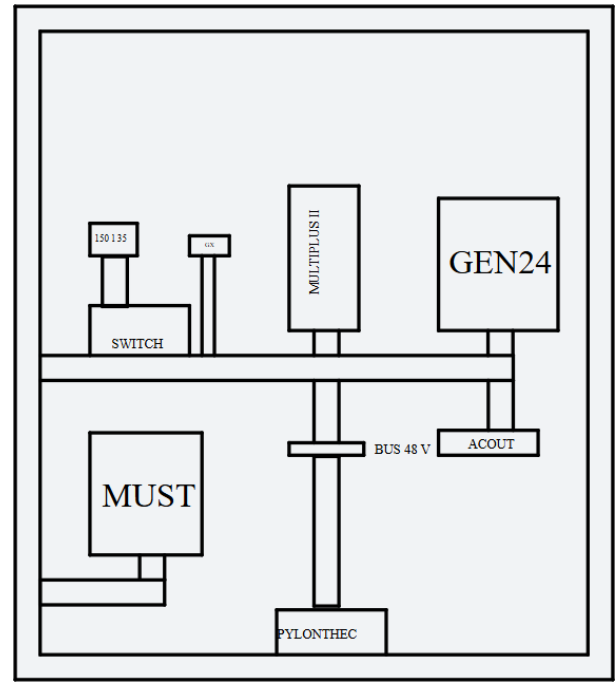


Figura 7. Distribución física propuesta para los equipos nuevos.

V. CONCLUSIONES

Las pruebas de continuidad realizadas durante 5 días consecutivos confirman la estabilidad operacional del sistema eólico ENAIR, junto con la integración exitosa de generación fotovoltaica, demuestra la viabilidad técnica de sistemas híbridos en la microrred experimental.

La configuración híbrida eólica-solar incrementó significativamente la eficiencia del sistema, alcanzando picos de inyección de 5.9 kWh/día y proporcionando generación mas estable. La propuesta de distribución física facilitará futuras expansiones experimentales manteniendo la modularidad requerida para investigación en energías renovables.

VI. TRABAJOS FUTUROS

1. Implementación y validación de la distribución física propuesta
2. Desarrollo del listado detallado de componentes auxiliares necesarios
3. Ejecución del montaje e integración de los nuevos equipos

REFERENCIAS

- [1] A. Hirsch, Y. Parag, and J. Guerrero, "Microgrids: A review of technologies, key drivers, and outstanding issues," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 90, pp. 402-411, 2018.
- [2] F. Blaabjerg, R. Teodorescu, M. Liserre, and A. V. Timbus, "Overview of control and grid synchronization for distributed power generation systems," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 53, no. 5, pp. 1398-1409, Oct. 2006.
- [3] J. M. Carrasco et al., "Power-electronic systems for the grid integration of renewable energy sources: A survey," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 53, no. 4, pp. 1002-1016, June 2006.
- [4] Victron Energy, "VRM Portal User Manual," Victron Energy B.V., Netherlands, 2023.
- [5] ENAIR Energy, "E-30PRO Wind Turbine Technical Manual," ENAIR Energy S.L., Spain, 2022.

VII. ANEXOS

