

# DISEÑO BÁSICO DE UNA MICROCENTRAL HIDROELÉCTRICA CON APLICACIÓN DE MÁQUINAS REVERSIBLES: CASO DE APLICACIÓN ECOFINCA EL LULO

1<sup>er</sup>. Juan Manuel Chantre Torres, 2<sup>do</sup>. Juan David Gutierrez y 3<sup>er</sup>. Ramiro Ortíz Flórez

Sistemas Multienergéticos de Generación Universidad del Valle, Colombia

[juan.manuel.chantre@correounivalle.edu.co](mailto:juan.manuel.chantre@correounivalle.edu.co), [juan.gutierrez.sandoval@correounivalle.edu.co](mailto:juan.gutierrez.sandoval@correounivalle.edu.co) y [ramiro.ortiz@correounivalle.edu.co](mailto:ramiro.ortiz@correounivalle.edu.co)

## INTRODUCCIÓN

En Colombia, cerca del 25 % de la población vive en pobreza energética, una condición especialmente crítica en zonas rurales con baja cobertura eléctrica. Ante esta situación, surgen soluciones descentralizadas como las Micro Centrales Hidroeléctricas (MCHÉ). Este trabajo propone una aplicación de MCHÉ con máquinas reversibles, aprovechando la infraestructura existente en un predio rural del corregimiento El Lulo (Valle del Cauca), donde se utiliza el desnivel del terreno y un caudal constante para generar energía.

La propuesta se fundamenta en los estudios del profesor Ramiro Ortíz Flórez sobre bombas funcionando como turbinas (BFT) acopladas a motores de inducción como generadores. Esta configuración permite una implementación de bajo costo, adaptable a comunidades con recursos técnicos limitados. El objetivo es evaluar su viabilidad técnica mediante el análisis del recurso hídrico, la demanda energética y la selección de los equipos apropiados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se desarrolló aplicando principios de ingeniería eléctrica y civil con un enfoque mixto, combinando análisis técnico con observaciones experimentales en campo y laboratorio. El objetivo fue diseñar e implementar una Micro Central Hidroeléctrica (MCHÉ) adaptada a las condiciones de una ecofinca ubicada en el corregimiento El Lulo (Valle del Cauca), aprovechando infraestructura hidráulica preexistente.

La metodología se estructuró en fases. Primero, se caracterizó la demanda energética del predio a

partir de registros de consumo y tipo de carga en zonas comunes y viviendas, construyendo un perfil diario detallado. Paralelamente, se caracterizó el recurso hídrico mediante el método del flotador y medición de presión en línea, determinando caudal y altura neta disponible.

En la segunda fase, se diseñó el sistema MCHÉ con una bomba centrífuga operando como turbina (PAT), acoplada a un motor de inducción funcionando como generador asíncrono, por sus ventajas de costo, simplicidad y facilidad de implementación en zonas rurales.

Los materiales empleados incluyeron un sistema de captación, tubería de conducción de 2 pulgadas, tanque intermedio, tubería de alta presión, bomba reversible, generador asíncrono y planos topográficos y eléctricos para guiar el trazado e integración al sistema interno.

Finalmente, se validó el conjunto bomba-generador en el laboratorio de PCHs de la Universidad del Valle, simulando condiciones del sitio con caudales controlados, confirmando la viabilidad técnica del montaje.

## RESULTADOS

Como resultado del análisis del recurso hídrico y de la infraestructura disponible en el predio, se obtuvo una estimación del potencial energético aprovechable mediante una configuración simple y de bajo costo.

En la fase de caracterización del caudal, utilizando el método del flotador, se realizaron mediciones en dos tramos del cauce: uno con encharcamiento artificial y otro cercano a la captación principal. En ambos casos se ajustaron las dimensiones del

cauce y los tiempos de desplazamiento del flotador hasta obtener valores de caudal cercanos a los  $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$  previamente informados por el propietario. Este valor se mantuvo como referencia para el diseño.



**Figura 1.-** Predio El Lulo. Fuente: Elaboración propia

Para la determinación de la altura neta disponible, se utilizó un manómetro de glicerina instalado en la tubería de distribución de agua. Durante las pruebas se registraron presiones estables entre 26 y 30 psi, que al ser convertidas con el factor  $1 \text{ psi} \approx 0.703 \text{ m.c.a.}$ , equivalen a alturas entre 18.3 y 21.1 m. Se adoptó como referencia un valor medio de 21 m para los cálculos de potencia. Con estos datos, se estimó el potencial hidráulico bruto disponible mediante la ecuación

$$P = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = 0.7 \cdot 1000 \cdot 9.8 \cdot 0.06 \cdot 21 = 8.64 \text{ kW}$$

Este valor representa la potencia hidráulica bruta. Teniendo en cuenta un caudal ecológico de  $0.02 \text{ m}^3/\text{s}$  que debe mantenerse en el cauce para evitar impactos ambientales, la potencia neta utilizable se reduce a:

- $Q_{\text{neto}} = 0.06 - 0.02 = 0.04 \text{ m}^3/\text{s}$
- $P_{\text{neto}} = 0.7 \cdot 1000 \cdot 9.8 \cdot 0.04 \cdot 21 = 5.76 \text{ kW}$



**Figura 2.-** Laboratorio PCH'S Univalle. Fuente: Elaboración propia

Finalmente balanceando el perfil de demanda realizado para el predio con el potencial hidráulico

hallado se realiza el diseño de equipos y obras necesarias para el montaje. Esto aun sigue en proceso y se espera pronto poder finalizar esta muestra de aplicación.

## CONCLUSIONES

La aplicación de una Micro Central Hidroeléctrica (MCHÉ) con máquinas reversibles en un entorno rural como el del corregimiento El Lulo demuestra ser una alternativa técnica y funcional para cubrir parte significativa de la demanda energética en zonas no interconectadas.

El uso de una bomba centrífuga operando como turbina (PAT) acoplada a un motor de inducción como generador asíncrono evidencia una solución de bajo costo, fácil implementación y adecuada para contextos rurales con limitaciones tecnológicas. Además, su validación en laboratorio, bajo condiciones representativas del sitio, refuerza la viabilidad técnica del sistema.

Finalmente, este tipo de desarrollos sientan precedentes para futuras aplicaciones en comunidades con problemas de acceso a energía, ofreciendo un enfoque replicable basado en criterios de sostenibilidad, aprovechamiento local de recursos y transferencia de conocimiento desde la universidad hacia el territorio.

## EJEMPLO DE REFERENCIAS

M. R. Ortiz Flórez, "Micro CHE con aplicación de máquinas reversibles," Presentación académica, Universidad del Valle, 2023.

C. A. Restrepo et al., "Selección de bombas operando como turbinas para generación de energía en pequeñas centrales hidroeléctricas," Revista Tecnura, vol. 15, no. 1, pp. 15–20, 2011.

G. Vásquez, J. C. Córdoba, y M. Mosquera, "Metodología para el diseño de microcentrales hidroeléctricas aplicadas a zonas rurales en Colombia," Universidad Tecnológica de Pereira, 2020.

Universidad del Valle, "Laboratorio de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas – PCHs, Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica," Documentación interna, 2024.