

# **Construction and Performance Evaluation of a Michell-Banki Turbine Prototype**

**Luis Santiago Paris L**

Universidad EAFIT, Medellín, Antioquia, Colombia, lparis@eafit.edu.co

**Juan Diego Peláez Restrepo**

Universidad EAFIT, Medellín, Antioquia, Colombia, jpelaez3@eafit.edu.co

**Carolina Mira Hernández**

Purdue University, West Lafayette, Indiana, United States

## **ABSTRACT**

Small-scale hydroelectric projects have a low impact on the environment because they do not require large water impoundments, for this reason they are a good option for sustainable supply of electricity. A considerable part of Colombia is known as non-interconnected zones (NIZ), which are areas without electric service through the national network and electricity must be generated directly in the region.

In the 1-5 kW hydroelectric generation range it is difficult to find hydraulic turbines with low cost and easy to operate. The Michell-Banki turbine can play an important role in the development of small hydro projects for rural use or in NIZ. Its main advantages are its simple design and the ease of construction and operation.

This article describes the process of building a prototype of Michell-Banki turbine of 650W. For the construction of the prototype were used conventional manufacturing processes and a design that simplifies its installation, assembly and maintenance. In case of failure in one of the impeller blades it can be replaced swiftly and easily.

The prototype was evaluated experimentally under different conditions of flow and mechanical load. For the application of the load and the determination of the delivered torque a brake is used whose design resembles a Prony brake. Also they are measured other variables, such as: flow rate, pressure head at the inlet of the turbine and the rotational speed. From the experimental data, the prototype turbine operation curves are constructed and the best operating conditions are determined.

**Keywords:** Cross-flow turbine, Michell-Banki Turbine, experimental tests

## **RESUMEN**

Los proyectos hidroeléctricos a pequeña escala tienen un bajo impacto sobre el ambiente, debido a que no requieren grandes represamientos de agua; por esto son una buena opción para el suministro sostenible de energía eléctrica. Una parte considerable del territorio colombiano es conocido como Zona No Interconectada (ZNI); las cuales son zonas donde no llega el servicio de electricidad a través de la red nacional y este debe generarse directamente en la región.

En el rango de la picogeneración hidroeléctrica (1-5kW) es difícil encontrar turbinas hidráulicas de bajo costo y de fácil operación. La turbina Michell-Banki puede jugar un papel relevante en el desarrollo de pequeños proyectos hidroeléctricos para uso rural, o en ZNI. Sus ventajas principales están en su sencillo diseño, su fácil construcción y operación.

En el presente artículo se describe el proceso de construcción de un prototipo de picoturbina Michell-Banki de 650W. Para la construcción del prototipo se utilizaron procesos convencionales de manufactura y su diseño facilita el montaje, ensamblaje y mantenimiento. En caso de falla en alguno de los alabes del rodete este puede ser reemplazado de manera ágil y sencilla.

El prototipo construido es evaluado experimentalmente, con distintas condiciones de caudal y de carga mecánica. Para la aplicación de la carga y la determinación del torque entregado se utiliza un freno cuyo diseño se asemeja (similar) a un freno “Prony”. También se miden el caudal, la cabeza de presión a la entrada de la turbina y la velocidad de giro. A partir de los datos experimentales se construyen las curvas de operación de la turbina y se determinan las mejores condiciones de operación del prototipo de picoturbina Michell-Banki.

**Palabras claves:** Turbina, Flujo cruzado, Michell-Banki, Evaluación experimental

## 1. INTRODUCCIÓN

Las cadenas productivas agroindustriales requieren de un suministro de energía confiable adecuados a sus requerimientos según los procesos productivos.

La energía es vital para el desarrollo social y económico de las regiones. Actualmente, la manera como obtenemos esa energía se ha visto cuestionada por preocupaciones ambientales y de disponibilidad; y se ha presentado un creciente interés por las energías renovables. De estas energías renovables, la hidroeléctrica es la que ha tenido una mayor aplicación. La mayor parte de estas aplicaciones han sido en instalaciones de gran tamaño; sin embargo, se estima que hay un gran potencial no aprovechado en las pequeñas instalaciones hidroeléctricas distribuidas (Rifkin, 2011).

La energía y el desarrollo están unidos. Los sectores energéticos enfrentan actualmente el reto de encontrar métodos sostenibles de generación de energía para abastecer la creciente demanda. En este aspecto la energía hidroeléctrica aparece como una alternativa viable, además la aplicación de pequeños proyectos hidroeléctricos, es una de las opciones más adecuadas para la electrificación de zonas rurales aisladas, con lo cual se mejora la calidad de vida de estas comunidades.

El elemento principal de cualquier aplicación hidroeléctrica es la turbina, por ser esta el elemento que transforma la energía del agua en movimiento en energía mecánica rotacional. En los proyectos hidroeléctricos a nivel mundial se utilizan principalmente las turbinas Pelton, Francis y Kaplan y en menor medida las turbinas Turgo y Michell-Banki. Las tres primeras turbinas son ampliamente utilizadas tanto en grandes como en pequeños proyectos, mientras que las dos últimas solo son utilizadas en pequeños proyectos con capacidades entre 10 y 2000kW. En Colombia, las turbinas Francis y Pelton son las más utilizadas, tanto en grandes centrales (más de 10MW), como en pequeñas aplicaciones (de 1 a 10 MW). Es importante resaltar que en el rango de las minicentrales la Pelton como primera opción, seguida de la turbina Francis, también son las más utilizadas; para la aplicación en microcentrales la turbina Pelton ha sido dominante. (Gomez Gomez, Palacio Higueta, & Paredes Gutierrez, 2008).

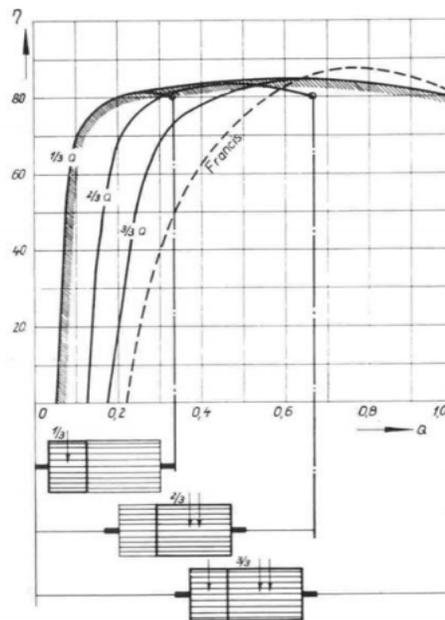
En Colombia la turbina Michell-Banki ha sido utilizada en pocas ocasiones en microcentrales hidroeléctricas, lo que permite decir que es poco conocida. Se presume que esta turbina puede jugar un papel fundamental en el

desarrollo de pequeños proyectos hidroeléctricos para uso rural, o en zonas aisladas que no cuenten con la prestación del servicio de energía eléctrica a través del Sistema de Interconexión Nacional (SIN).

La turbina de flujo transversal o Michell-Banki es una máquina utilizada principalmente para pequeños aprovechamientos hidroeléctricos. Sus ventajas principales están en su sencillo diseño y su fácil construcción, lo que la hace atractiva en el balance económico de un aprovechamiento a pequeña escala. (Soluciones Practicas, 2010). Lo que la hace interesante frente a otras turbinas clásicas, es la sencillez de su construcción y, para ciertos rangos de caída y caudal, su costo significativamente menor. (Gomez Gomez, Palacio Higueta, & Paredes Gutierrez, 2008).

Las principales características de esta máquina son: amplio rango en la velocidad de giro, y una eficiencia constante para un amplio rango de caudales aunque modesta (84%) como se muestra en la figura 1. Puede tener un rendimiento satisfactorio con distintos caudales, gracias a un álabe regulador de caudal. (Intermediate Technology Development Group-Peru, 2008). En el mundo existen empresas que producen este tipo de turbinas con capacidades de generación desde 15kW hasta 3000kW. (Ossberger).

Entre los proyectos hidroeléctricos en Colombia los cuales han utilizado turbinas Michell-Banki para la generación de energía, se encuentran turbinas con capacidades entre 3kW y 327kW aunque no son más de 20 microcentrales y muchas de estas ya no se encuentran en funcionamiento. Es importante destacar, que muchos de estos proyectos utilizaron turbinas manufacturadas por empresas nacionales, al igual que muchos de los proyectos son microcentrales, ya que su capacidad de generación es de menos de 100kW (Gomez Gomez, Palacio Higueta, & Paredes Gutierrez, 2008).



**Figura 1. Eficiencia Turbina Michell Banki**  
(Soluciones Practicas, 2010)

## 2. LA TURBINA MICHELL-BANKI

La turbina Michell-Banki es una turbina de acción de flujo transversal y de admisión parcial, que se utiliza generalmente en aquellos proyectos de generación eléctrica donde se utiliza una fuente con caudal y salto medio para satisfacer las necesidades de generación. (OLADE, 1985).

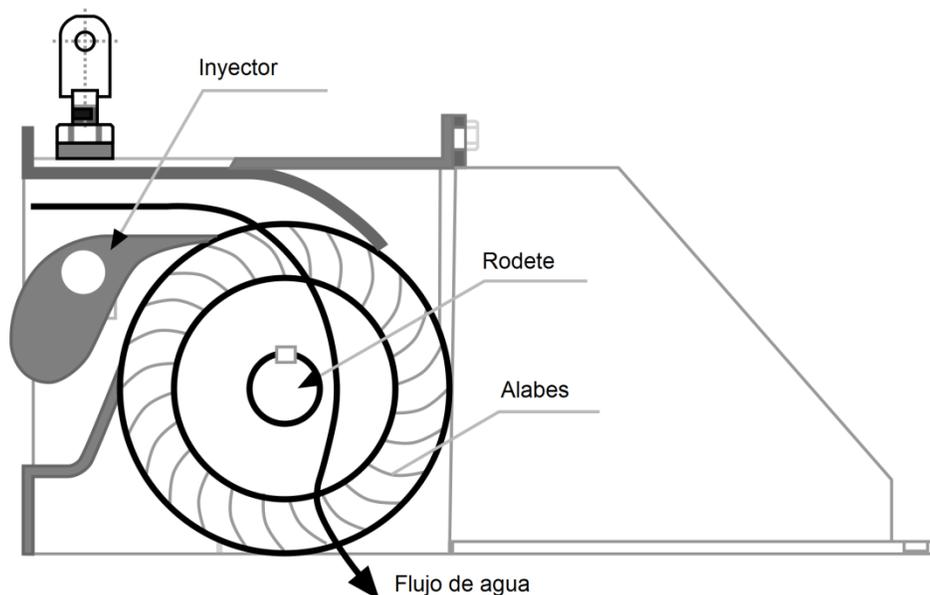
Sus ventajas principales están en su sencillo diseño y su fácil construcción, lo que la convierte en una solución atractiva para utilizar en un proyecto de un aprovechamiento a pequeña escala.

La turbina consta de dos elementos principales: un inyector y un rotor.

El inyector posee una sección transversal rectangular que va unida a la tubería por una transición rectangular - circular. Éste es el que dirige el agua hacia el rotor a través de una sección que abarca una determinada cantidad de álabes del mismo, y que orienta el agua para que entre al rotor con un ángulo establecido obteniendo el mayor aprovechamiento de la energía (Soluciones Practicas, 2010).

El rotor está compuesto por dos discos paralelos a los cuales van unidos los álabes curvados en forma de sección circular.

En la figura 2 se describen los componentes principales de la turbina Michell-Banki.



**Figura 2. Componentes Principales de la Turbina Michell-Banki**

El funcionamiento de la turbina Michell-Banki consta de dos etapas, en la primera el agua ingresa a través del inyector. Luego el agua ingresa al rotor por su parte externa en donde entrega parte de su energía. En la segunda etapa el agua realiza un nuevo contacto con el rotor haciendo una última entrega de energía, finalmente el agua abandona la turbina mediante una descarga a presión atmosférica.

### **3. METODOLOGÍA DE DISEÑO Y SISTEMATIZACIÓN**

**The First LACCEI International Symposium on Mega and Micro Sustainable Energy Projects**

**Cancun, Mexico**

**August 15, 2013**

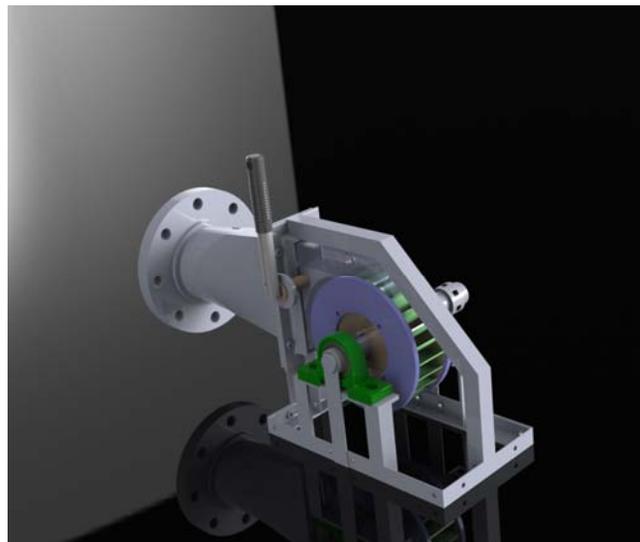
El modelo de cálculo seleccionado se basa en el “Manual de Diseño, Estandarización y Fabricación de Equipos para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas: Diseño, Estandarización y Fabricación de Turbinas Michell-Banki” elaborado por la (OLADE, 1985). Este es un documento que presenta un procedimiento de diseño basado en experimentaciones y experiencias con este tipo de turbinas.

### 3.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS PROTOTIPOS ESTUDIADOS

Se ha estudiado un prototipo de turbina Michell-Banki , para el cual la tabla 1 describe sus características principales, además la figura 3 muestra el prototipo utilizado.

**Tabla 1. Características de los Prototipos Estudiados**

CARACTERISTICA	PROTOTIPO 1
Diámetro exterior rodete	187 mm
Ancho del inyector	40 mm
Potencia al freno	1 kW
Caudal	31.5 l/s
Cabeza	16.8 m



*Figura 3. Prototipo utilizado en las pruebas.*

(Peláez, 2012)

### 3.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

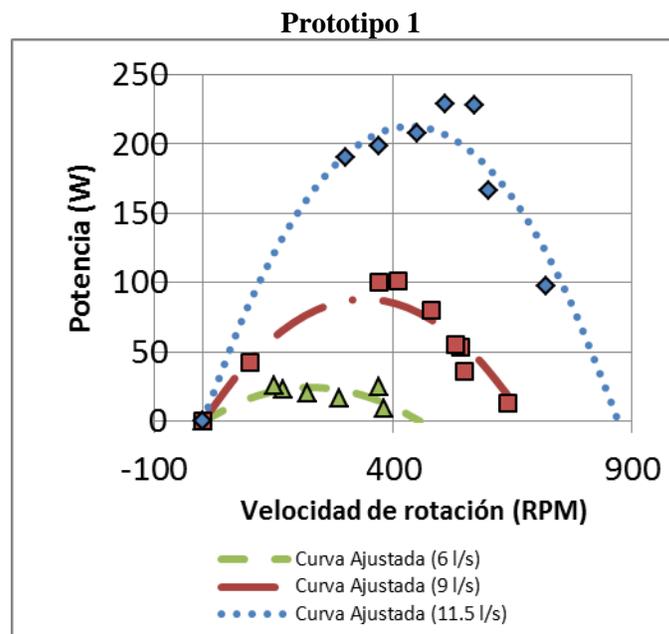
Las pruebas de funcionamiento del prototipo fueron realizadas en el laboratorio de hidráulica de la universidad EAFIT, con el fin de estudiar cuantitativamente variables de operación de la turbina, como la potencia al freno entregada, velocidad específica, presión y caudal de funcionamiento.

Las pruebas realizadas tienen el objetivo estudiar el funcionamiento del prototipo de turbina Michell-Banki, para esto se miden las condiciones de entrada del agua a la turbina con el fin de determinar la energía disponible en el fluido.

Con los resultados obtenidos se construye una aproximación de las curvas de funcionamiento de la turbina en las cuales se puede observar la variación de su eficiencia, respecto a las revoluciones de funcionamiento, para un caudal de trabajo constante.

Además de las curvas de eficiencias, también se presentan las curvas de potencia, en las cuales se puede observar la variación de la potencia respecto a la velocidad de rotación de la turbina, con un caudal de trabajo constante. Los resultados experimentales obtenidos indican que al acercarse el punto de operación de la turbina a las condiciones para las que fue diseñada la salida de potencia y la eficiencia aumentan.

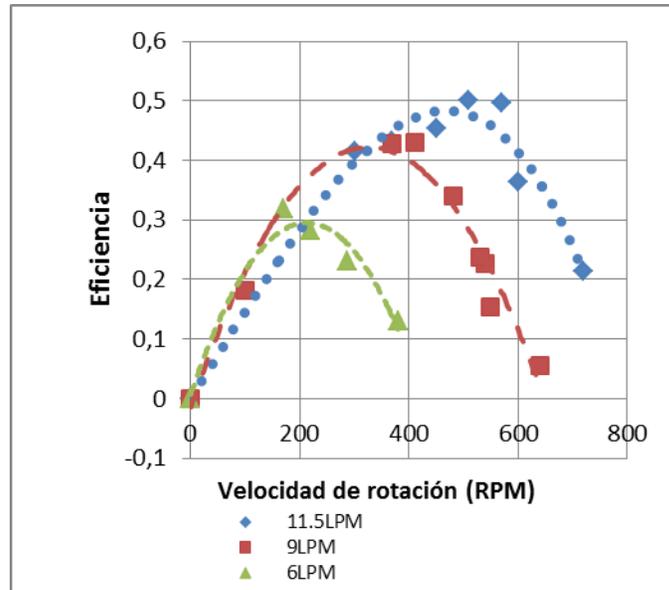
En la figura se muestran los resultados obtenidos en las pruebas realizadas para cada uno de los prototipos.



The First LACCEI International Symposium on Mega and Micro Sustainable Energy Projects

Cancun, Mexico

August 15, 2013



**Figura 4. Resultados Obtenidos en las Pruebas de Funcionamiento del Prototipo 1**

#### 4. CONCLUSIONES

La turbina Michell-Banki es una turbina de acción utilizada principalmente en pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, es una máquina con un amplio rango de funcionamiento con capacidades de generación desde 1 hasta 1000 W. La turbina Michell-Banki tiene como ventajas principales su simplicidad y fácil construcción.

El banco de pruebas utilizado permite el estudio de funcionamiento del prototipo de turbina Michell-Banki, para diferentes condiciones de funcionamiento y al mismo tiempo ofrece la posibilidad de registrar los parámetros con los que se están realizando las pruebas.

La sistematización de diseño de la turbina Michell-Banki se realizó tomando como guía el modelo de cálculo presentado por la OLADE en su manual de diseño para equipos de pequeñas centrales hidroeléctricas, con el objetivo de ofrecer una herramienta que permita calcular más ágilmente las dimensiones fundamentales de la turbina, a partir de unas características de diseño básicas.

Las pruebas de funcionamiento permitieron observar la funcionalidad del prototipo de turbina estudiado, durante las pruebas la turbina demostró un buen funcionamiento bajo las condiciones estudiadas. La máxima potencia entregada fue de 229.24 W con una eficiencia de 50.1% con un caudal de 11.5 l/s y una velocidad específica adimensional de 6.

La eficiencia obtenida después de procesar los datos obtenidos en las pruebas, no fue la esperada, la eficiencia se pudo ver afectada por efecto de las condiciones de fabricación, acabados, además de el error acumulado durante las pruebas.

Se identificaron puntos de mejora en el prototipo de turbina teniendo en cuenta aspectos de operación, montaje y mantenimiento. Principalmente, se propone modificar la geometría de la carcasa para facilitar el ensamblaje y acceso a los rodamientos. También, se propone modificar el sistema de ensamble del inyector.

## REFERENCIAS

- Gomez Gomez, J. I., Palacio Higueta, E. A., & Paredes Gutierrez, C. A. (2008). La Turbina Michell-Banki y su presencia en Colombia. *Avances en Recursos Hidraulicos*, 33-42.
- OLADE. (1985). *Diseño, estandarización y fabricación de turbinas Michell-Banki*. Quito: OLADE.
- Ossberger. (s.f.). *www.ossberger.de*. Recuperado el 1 de Junio de 2012, de [www.ossberger.de: http://www.ossberger.de/cms/en/hydro/the-ossberger-turbine-for-asynchronous-and-synchronous-water-plants/range-of-use/](http://www.ossberger.de/cms/en/hydro/the-ossberger-turbine-for-asynchronous-and-synchronous-water-plants/range-of-use/)
- Peláez, J. D. (2012). *ESTUDIO DEL FUNCIONAMIENTO Y PROPUESTA DE REDISEÑO DE UN PROTOTIPO DE PICOTURBINA MICHELL-BANKI*. Medellín.
- Rifkin, J. (2011). *The Third Industrial Revolution*. Palgrave Macmillan.
- Soluciones Practicas. (2010). *Centro de documentación- Soluciones Prácticas*. Recuperado el 3 de Agosto de 2011, de Centro de documentación- Soluciones Prácticas: [www.solucionespracticas.org.pe](http://www.solucionespracticas.org.pe)

### ***Authorization and Disclaimer***

*Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.*