

TURBINAS HIDROKINÉTICAS UNA ALTERNATIVA PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA

Claudia Sánchez, Consultora en Innovación Tecnológica

Resumen — Es bien conocido que la generación eléctrica aprovechando las fuentes no convencionales de energía es una necesidad actual para el sostenimiento del medio ambiente y el aprovechamiento de recursos que tienen comportamientos cíclicos pero que son permanentes en todos los ecosistemas. Si bien es cierto la generación hidroeléctrica está consolidada como proceso de generación de energía eléctrica por medio de embalses y reservorios, existen oportunidades en corrientes de agua tales como los ríos y mares que podrían facilitar el desarrollo de un proceso de generación alternativo, con un recurso renovable. En el presente artículo se pretende sintetizar información relacionada con las turbinas hidrocinéticas como una de las tecnologías en desarrollo que podrían facilitar el aprovechamiento del recurso hídrico. Adicionalmente, se pretende identificar el nivel de madurez y el avance en el desarrollo de proyectos de las mismas, a nivel local e internacional

Palabras Clave — Máquinas Hidráulicas, Turbinas hidrocinéticas, generación de energía, fuentes no convencionales de energía.

1. INTRODUCCIÓN

Siendo la energía uno de los factores fundamentales para el desarrollo de las naciones, los procesos de generación hidroeléctrica, su eficiencia, optimización y control son importantes para garantizar la calidad de suministro y de prestación del servicio (Sánchez C. , 2016). Con este propósito, se avanza en el desarrollo de alternativas que permitan el uso de las fuentes hidráulicas. Se han identificado dos métodos para generar energía a partir de flujos de agua. Uno es el conocido sistema de generación hidroeléctrica que busca el aprovechamiento de la energía potencial del agua que se encuentra almacenada en una represa; el otro método pretende aprovechar la energía cinética de las corrientes de ríos, mares o canales de irrigación, a partir de la captura de la mayor cantidad de masa de agua posible, que en este caso tendría como característica velocidades y presiones bajas (Güney & Kaygusuz, 2010).

Para convertir energía de una corriente de agua se han identificado variables fundamentales como la densidad y velocidad del fluido, al igual que el área de sección transversal a través de la cual podría ser realizada la conversión. Para ello, se han identificado como alternativas sistemas piezoeléctricos, de vibración inducida por vórtices, hidrodenslizadores entre otros, para ser implementados en procesos de generación hidroeléctrica. Sin embargo, las turbinas, son actualmente la primera opción de tecnología para ser aplicado en el aprovechamiento de energía cinética (Khan, Bhuyan, Iqbal, & Quaicoe, 2009).

La generación de energía utilizando turbinas hidrocinéticas ha evolucionado y actualmente se encuentra en diferentes proyectos realizando pruebas con prototipos que según su nivel de avance podrían llegar a realizar pruebas con dispositivos a escala completa Laws et al, (2016). Sin embargo, el desarrollo de estas tecnologías requiere superar obstáculos como la optimización de las turbinas individuales con el propósito de facilitar su funcionamiento en forma matricial, así como es necesario hacer equilibrio entre el proceso de generación de energía y el impacto que generan estas intervenciones en el

ambiente (Laws & Epps, 2016), entre otros.

El presente artículo pretende hacer una revisión de los diferentes tipos de tecnologías que se han desarrollado alrededor de este concepto, el estado de madurez de los diferentes tipos de proyectos que están en desarrollo internacionalmente, así como una identificación de los desarrollos locales que se encuentran disponibles a la fecha.

2. TURBINAS HIDROKINÉTICAS

Este tipo de máquinas hidráulicas extraen energía cinética de corrientes de agua en los océanos o ríos; trabajan con principios de operación similares a las turbinas de viento; la energía cinética de la corriente de agua se convierte en energía mecánica que produce la rotación de un generador, el cual a su vez produce la electricidad (Güney & Kaygusuz, 2010). La estructura general de este tipo de turbinas puede verse en la figura 1. Su capacidad de capturar energía cinética del flujo de agua las hace útiles para ser aplicadas como alternativa a las turbinas convencionales, dado que se utilizan en lugares con cabeza ultra baja. Los sistemas de turbinas cinéticas, utilizan la vía natural de las corrientes de agua, evitando la intervención en aspectos como en el desvío de agua a través de canales en los lechos de los ríos o la necesidad de tuberías.

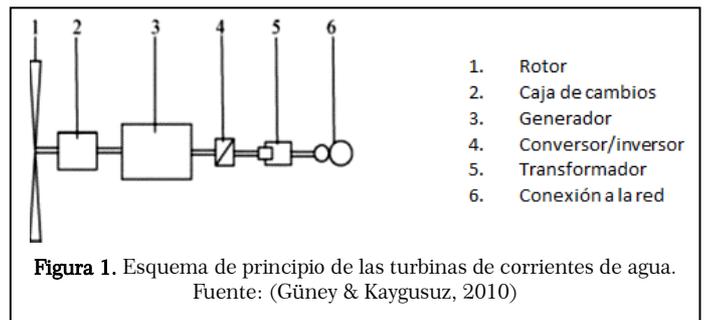
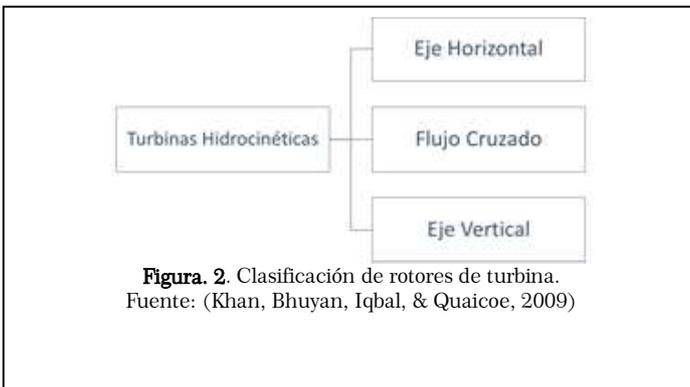


Figura 1. Esquema de principio de las turbinas de corrientes de agua.
Fuente: (Güney & Kaygusuz, 2010)

3. CLASIFICACIÓN DE TURBINAS HIDROCINÉTICAS

Para realizar la clasificación de las turbinas cinéticas, se analiza primordialmente la estructura de la misma y la técnica que usa para aprovechar la corriente hídrica. Al comparar el eje del rotor con respecto al flujo del agua, se clasifican en Turbinas de Eje Horizontal, Turbinas de Eje Vertical y Turbinas de flujo cruzado (Ver Figura 2).



3.1. Eje Horizontal:

La aplicación de este tipo de turbina se presenta con mayor frecuencia en convertidores que utilizan las corrientes oceánicas para la generación. Desde el punto de vista conceptual y de diseño, son similares a las turbinas de generación eólica (Khan, Bhuyan, Iqbal, & Quaicoe, 2009).

El eje del rotor en este caso es paralelo a la corriente de agua (Güney & Kaygusuz, 2010) las cuales a su vez se clasifican dependiendo de la velocidad que genera el mayor o menor número de álabes (rápidas de máximo 3 álabes o lentas de máximo 24 álabes) (Birjandi, 2012). La estructura puede estar abierta o canalizada. Para este tipo de turbina, los conductos tienen generalmente forma cónica condicionando el montaje para operación bajo flujo unidireccional (Khan, Bhuyan, Iqbal, & Quaicoe, 2009)

3.2. Flujo Cruzado:

Son turbinas con el eje perpendicular a la corriente de agua y paralelo a la superficie. (Güney & Kaygusuz, 2010).

Está constituida por un rotor que se asemeja a un tambor, con una sección rectangular de boquilla elongada que es usada para dar dirección a la corriente del agua contra las paletas, las cuales se curvan de forma cilíndrica.

Este tipo de turbinas tiene mejor aplicación en flujos largos de agua y cabezas bajas, por cuanto permiten que el agua fluya en una primera etapa, hacia el interior de las cuchillas y en una segunda cruzando de adentro hacia afuera. La variación del flujo entre las dos etapas, genera pérdidas significativas de choque (Okot, 2013), razón por la cual este tipo de turbina es menos eficiente que las convencionales.

Este tipo de turbina presenta una carga cíclica que aumenta por efecto de su operación, incrementando por esta causa la fatiga en las cuchillas. Esta carga cíclica puede disminuir utilizando álabes helicoidales (Laws & Epps, 2016).

Este tipo de turbina, a su vez puede tener una sección transversal rectangular, facilitando su utilización en matrices de manera más eficiente que las turbinas de flujo axial de sección circular; adicionalmente, tienen la capacidad de generar potencia desde cualquier dirección de flujo perpendicular al eje, haciéndola eficiente para su utilización en corrientes marinas (Laws & Epps, 2016).

3.3. Eje Vertical:

Su eje de rotación es perpendicular a la dirección del agua, disposición que facilita la colocación de los demás mecanismos requeridos para la generación de energía (el generador, la caja de engranajes, cojinetes) sobre el nivel del agua.

Tiene una mejor aplicación cuando la cabeza es baja en comparación con las de eje horizontal, por lo tanto, pueden ser económica para una amplia gama aplicaciones (Birjandi, 2012).

3.4. Vórtice Gravitacional:

En este caso se utiliza el efecto vórtice (inducido artificialmente) para conducir una turbina vertical y de esa manera, generar energía (Khan, Bhuyan, Iqbal, & Quaicoe, 2009).

Es definida como la forma horizontal de represa hidroeléctrica, debido a la estructura que facilita la formación de vórtice artificial, con una corriente de agua que se acelera por efectos gravitacionales (Elbatrana, et al., 2015).

4. APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA - NIVELES DE MADUREZ

Fue realizada una búsqueda en la plataforma de proyectos de Fuentes No Convencionales de energía difundida por la DOE (U.S. Department of Energy), a continuación se muestran algunos casos de aplicación.

4.1. Proyectos en Ejecución

A partir de los datos recogidos y tratados, fue posible identificar diferentes proyectos en curso, relacionados con el desarrollo de tecnologías para conversión de energía, así como su uso de acuerdo con la fuente de generación de energía.

De los datos analizados se identificaron 85 organizaciones principales vinculadas a la ejecución de los proyectos. La mayor cantidad de desarrollos se están realizando en turbinas de flujo axial, seguido por una tecnología conocida como punto de absorción, que según la definición es un dispositivo similar a una boya, utilizado principalmente en los océanos por cuanto es "capaz de capturar energía desde un frente de onda mayor que la dimensión física del dispositivo" (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2009). En tercer lugar, en generación de proyectos, se encuentran las turbinas de flujo cruzado. En la

figura 3 se puede identificar el tipo de fuente para generación de energía vs el número de diferentes proyectos (OPEN EI, 2016).

De los proyectos relacionados a partir de los datos de (OPEN EI, 2016), se logró identificar uno de ellos con resultado en patente concedida (US 9097233 B1), para un prototipo de turbina de flujo axial, que se encontraba para la época de consulta en etapa de prueba de concepto. El prototipo de turbina se identificó como SAHT (Suction-augmented hydropower turbine).

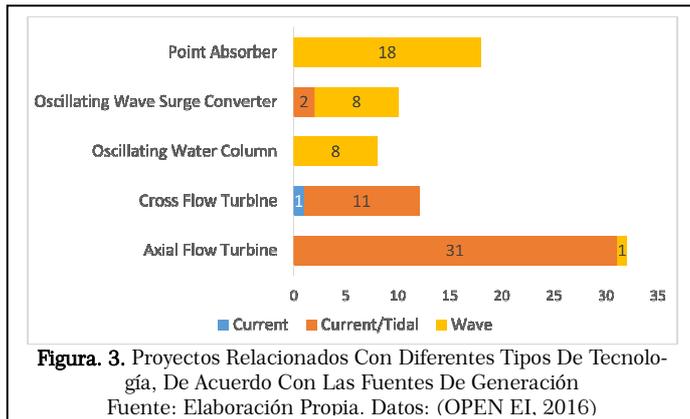


Figura 3. Proyectos Relacionados Con Diferentes Tipos De Tecnología, De Acuerdo Con Las Fuentes De Generación
Fuente: Elaboración Propia. Datos: (OPEN EI, 2016)

Otro de los proyectos es un prototipo de Aquamarine Power, el cual se encuentra en fase de prueba, demostración y test de sistema. En este caso, la publicación relevante corresponde a un documento técnico.

4.2. Madurez de la tecnología:

A partir de los mismos datos, se pudo establecer que las tecnologías desarrolladas en cada tipo de proyecto se encuentran en diferentes niveles de madurez, siendo el principal con número de desarrollos el TRL 1-3, que se encuentra definido entre las etapas de descubrimiento, definición de conceptos, y primeras etapas de diseño y desarrollo. En esta fase se encuentran 30 prototipos, cuya distribución por tecnología puede verse en azul en la Figura 4. En prueba de concepto se encuentran 12 prototipos y en proyectos demostrativos se identificaron 13 proyectos (ver Figura 4).

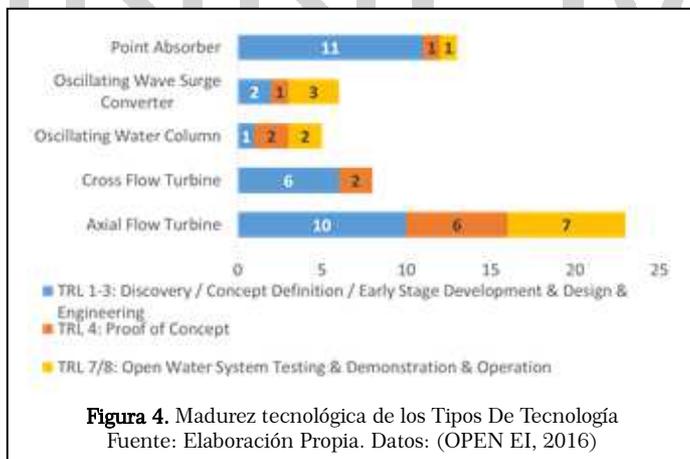


Figura 4. Madurez tecnológica de los Tipos De Tecnología
Fuente: Elaboración Propia. Datos: (OPEN EI, 2016)

5. ESTADO DEL ARTE LOCAL

En Colombia se han identificado proyectos, que permiten incorporar tecnologías que se encuentran en fase de demostración. Tal es el caso de uno de los tres proyectos que se encuentran en fase comercial de la empresa alemana Smart Hydro Power GmbH, que se encuentra en ejecución en Salvajina (Valle del Cauca – Colombia), que identifica como colaborador a EPSA-CELSIA y está utilizando la tecnología SHP Duofloat.

En el caso de los grupos de investigación del sector académico, se encuentra un prototipo de turbina hidrodinámica de eje horizontal como resultado de un proyecto de investigación financiado y una tesis de maestría con el desarrollo de una turbina hidrocínética axial en el Grupo de Energía Alternativa, de la Universidad de Antioquia (COLCIENCIAS, 2016). Otros grupos reportan en la plataforma Scienti proyectos de pregrado para el desarrollo de turbina hidrocínética para zonas no interconectadas, como el ICT-Grupo de Investigación en Ingeniería, Ciencia y Tecnología, de la Universidad de Córdoba y el Grupo de Estudios y Aplicaciones en Ingeniería Mecánica GEAMEC de la Universidad de Santo Tomás.

También se identificaron trabajos de pregrado en Caracterización mecánica de una turbina hidrocínética de eje horizontal, del Grupo de Investigación en Modelado, Análisis y Simulación de Procesos Ambientales e Industriales, PAI+ de la Universidad Autónoma de Occidente.

Otros grupos de investigación han reportado publicaciones de artículos para aplicaciones específicas, como en el caso del grupo de Materiales Avanzados y Energía del ITM.

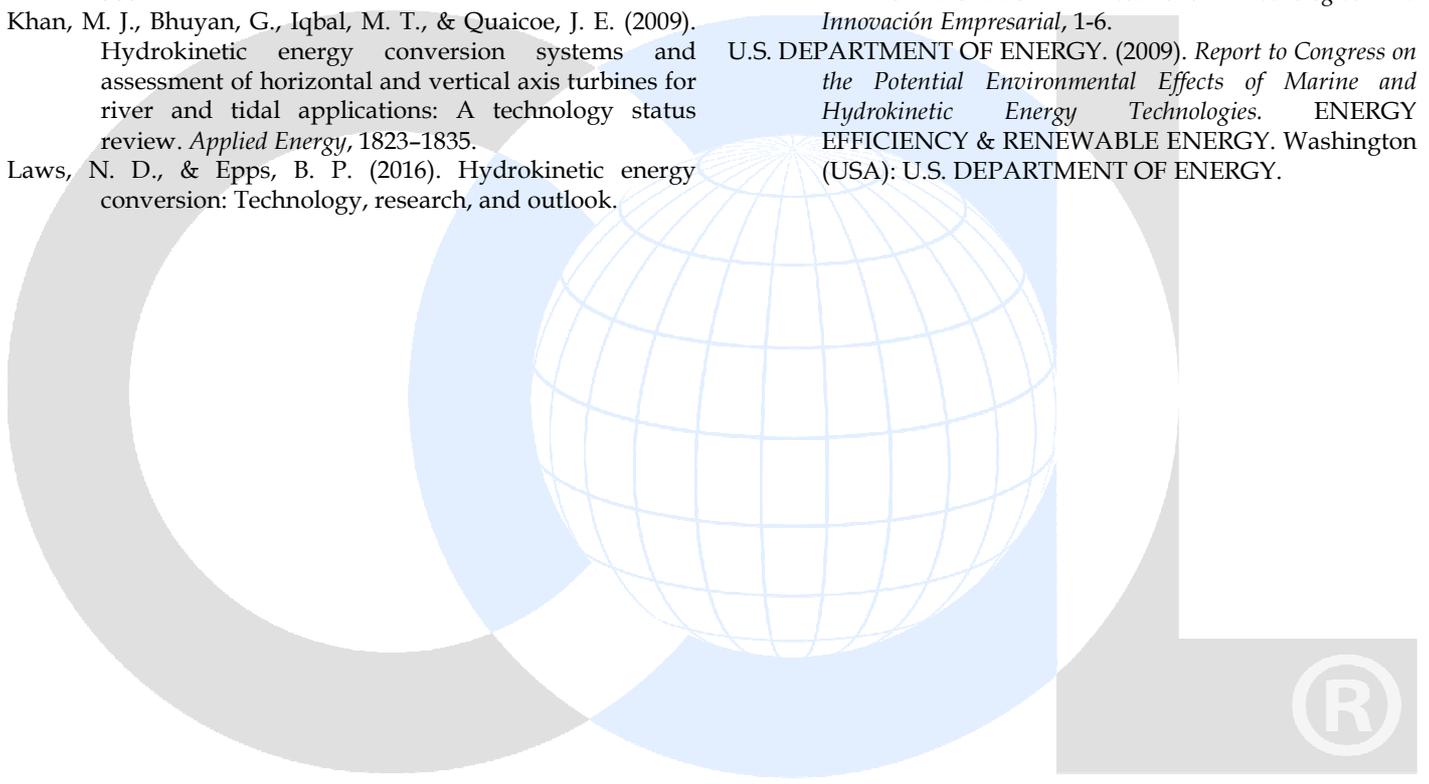
6. CONCLUSIONES

El aprovechamiento de fuentes no convencionales de energía se ha hecho una necesidad y por tanto, se están generando nuevas tecnologías que permitan explotar al máximo los recursos disponibles. En el caso de la generación hidroeléctrica, existe un predominio en la técnica actual de generación de energía a partir del aprovechamiento del potencial de energía en caídas de agua. Sin embargo, en recientes diseños se ha logrado proponer una alternativa para el aprovechamiento del recurso hídrico, principalmente, de la energía cinética de las corrientes.

Los desarrollos de turbinas hidrocínéticas en su mayoría se encuentran en etapas tempranas de madurez, de acuerdo con lo identificado a nivel internacional y a nivel local. Se espera, que la inversión en mayor número de proyectos que permita establecer las mejores alternativas para el aprovechamiento del recurso hídrico tanto de mares como de ríos, posibilite la identificación de las tecnologías más eficientes y con mejores resultados para la generación a través de turbinas hidrocínéticas.

BIBLIOGRAFÍA

- Birjandi, A. H. (2012). *Effect of Flow and Fluid Structures on the Performance of Vertical River Hydrokinetic Turbines*. Winnipeg (Ca): University of Manitoba.
- COLCIENCIAS. (2016). *Sitio Web Gruplac - Red Scienti - Colciencias*. Recuperado el 2016, de <http://scienti.colciencias.gov.co:8083/ciencia-war/>
- Güney, M. S., & Kaygusuz, K. (2010). Hydrokinetic energy conversion systems: A technology status review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 2996–3004.
- Khan, M. J., Bhuyan, G., Iqbal, M. T., & Quaicoe, J. E. (2009). Hydrokinetic energy conversion systems and assessment of horizontal and vertical axis turbines for river and tidal applications: A technology status review. *Applied Energy*, 1823–1835.
- Laws, N. D., & Epps, B. P. (2016). Hydrokinetic energy conversion: Technology, research, and outlook. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1245–1259.
- Okot, D. K. (2013). Review of small hydropower technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 515–520.
- OPEN EI. (Mayo de 2016). *Marine and Hydrokinetic Technology Database*. [En línea]. Obtenido de Open Energy Information: https://openei.org/wiki/Marine_and_Hydrokinetic_Technology_Database
- Sánchez, C. (2016). DESGASTE DE MÁQUINAS HIDRÁULICAS EN LA GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA. *Desarrollo Tecnológico e Innovación Empresarial*, 1-6.
- U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. (2009). *Report to Congress on the Potential Environmental Effects of Marine and Hydrokinetic Energy Technologies*. ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY. Washington (USA): U.S. DEPARTMENT OF ENERGY.



INNOVACION