

Energía mini y micro hidráulica: aporte contra el Cambio Climático

Teresa Reyna^a, María Lábaque^b, Santiago Reyna^c, César Riha^d, Belén Irazusta^e

^a Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba teresamaria.reyna@gmail.com, ^b Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba, mlabaque@gmail.com, ^c Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba, santiagoreyna@gmail.com, ^d Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba, ingriha@gmail.com, ^e Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba, belen.irazusta@gmail.com.

Línea temática B | Hidrología, usos y gestión del agua. Riegos. Energía hidroeléctrica.

RESUMEN

La promoción de tecnologías de energías renovables ofrece doble ventaja: diversificación energética y esperanza de desarrollo para comunidades aisladas que no están conectadas a las grillas de distribución eléctrica.

En la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) se vienen desarrollando máquinas hidráulicas en pequeña escala para instalarse en sitios de la Provincia de Córdoba, Argentina y que puedan desarrollarse en forma local. En este trabajo se describen las características de tres micro turbinas: Michell – Banki, Hélice y Turgo. Las máquinas se diseñaron siguiendo criterios teóricos, se plantearon luego simplificaciones para hacerlas accesibles tecnológicamente y económicamente y luego se han modelado numéricamente para los ajustes finales. En la actualidad la primera máquina ya se encuentra instalada en el laboratorio de Hidráulica de la UNC; la segunda está siendo maquinada en un Colegio Secundario Técnico de la Ciudad de Carlos Paz (Córdoba, Argentina) y la tercera se encuentra en etapa de modelación numérica.

Línea Temática: B. Hidrología y gestión del agua. Riegos. Energía hidroeléctrica; C. Agua y ciudad.

INTRODUCCIÓN

El Cambio Climático es un cambio significativo y duradero de los patrones locales o globales del clima; puede ser producido por causas naturales (por ejemplo, variaciones en la energía que se recibe del Sol, erupciones volcánicas, etc) o por influencia antrópica (por las actividades humanas), a través de la emisión gases que atrapan calor (Gases de Efecto Invernadero o GEI). Nada es posible hacer para reducir los gases generados de manera natural; sin embargo, la reducción de los GEI generados por las actividades humanas debe ser vista como una obligación de toda la humanidad.

La huella ecológica es un indicador del impacto ambiental generado por la demanda humana que se hace de los recursos y la capacidad ecológica de la tierra de regenerar sus recursos, es un indicador clave para la sostenibilidad. Dicho indicador demuestra que, a nivel global, estamos consumiendo más recursos y generando más residuos y más impactos de los que el planeta puede generar y admitir. Es así que la Red Global de la Huella Ecológica o GFN, calcula cada año la fecha en que la demanda o consumo anual de la población supera lo que la naturaleza puede renovar en un año. Ese día es conocido como el Día del Exceso de la Tierra. Si se realiza una comparación entre los años 2017, 2016, 2015 y 2000 y observamos cuando se produjo el Día del Exceso de la Tierra, se verifica que cada año ese día se adelanta. (http://www.footprintnetwork.org/es/index.php/GFN/page/earth_overshoot_day)

Tabla 1 | Día del Exceso de la Tierra. (http://www.footprintnetwork.org/es/index.php/GFN/page/earth_overshoot_day).

| | |
|----------|-----------------------|
| Año 2017 | Miércoles 2 de agosto |
| Año 2016 | Lunes 8 de agosto |
| Año 2015 | martes 13 de agosto |
| año 2000 | domingo 1 de octubre |

De las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI), el 35% corresponden a gases generados por el sector energético (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015) como se observa en la Figura 1. Los combustibles fósiles (el petróleo, el gas natural y el carbón) para producir electricidad, hacer funcionar automóviles, calefaccionar hogares, y dar energía a las fábricas y son los que emiten la mayor cantidad de carbono por unidad de energía suministrada.

Las medidas de mitigación deben dirigirse, entonces, hacia la mejora en eficiencia energética, la sustitución de combustibles fósiles y el desarrollo de las energías renovables en primer lugar.

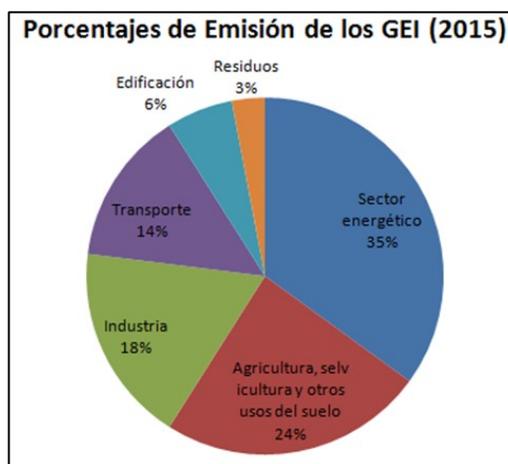


Figura 1 | Rango de aplicación de distintos tipos de turbinas (Fernández Mosconi et al., 2003).

En nuestro planeta, en forma potencial hay una gigantesca cantidad de energía disponible a partir de fuentes renovables, de la cual actualmente se usa una minúscula parte. En Argentina existe un alto potencial de fuentes energéticas renovables y es posible establecer escenarios tecnológicos y económicamente factibles, con grandes ventajas ambientales.

Las energías renovables tienen importancia porque permiten disminuir la dependencia de los combustibles fósiles en franco agotamiento y por su capacidad de generar una matriz energética más diversa y por ende menos vulnerable.

Asociado al tema de las energías renovables, aparecen los sistemas distribuidos que permiten incorporar energías generadas en distintos puntos, los que pueden actuar como consumidores o generadores. Estos avances tecnológicos ayudan a resolver el problema de la variabilidad de algunas de las energías renovables.

El desarrollo de las energías limpias es imprescindible para combatir el cambio climático y limitar sus efectos más devastadores. El 2014 fue el año más cálido desde que existen registros. La Tierra ha sufrido un calentamiento de 0,85°C de media desde finales del siglo XIX, apunta National Geographic en su número especial del Cambio Climático de noviembre de 2015 (Acciona, 2017).

La promoción de tecnologías de energías renovables ofrece entonces, una doble ventaja: diversificación energética y la esperanza de desarrollo para comunidades pobres y aisladas que no están conectadas a las grillas de transporte y distribución eléctrica.

Hace unos años, la utilización de energías renovables era casi exclusiva de ambientalistas y personas que no tenían acceso a otro tipo de energía, pero poco a poco se está transformando en una alternativa viable no sólo desde el punto de vista de la sustentabilidad ambiental sino también desde un punto de vista económico.

Actualmente las energías renovables han dejado de ser tecnologías caras y minoritarias para ser plenamente competitivas y eficaces de cara a cubrir las necesidades de la demanda. Dentro de estas energías renovables se encuentra la energía hidroeléctrica, como principal aliado en la generación de energía limpia y autóctona. La hidroelectricidad realizada con micro centrales ofrece ventajas sobre otras fuentes de energía renovables de las mismas escalas son (Nasir, 2014):

- Alta eficiencia (70-90%), de lejos la mejor de todas las tecnologías energéticas.
- Factores capacidad altos (> 50%) en comparación con el 10% para la energía solar y el 30% para la energía eólica.

- Baja tasa de cambio; La potencia de salida varía sólo gradualmente de día a día y no de minuto a minuto.

Cuando se estudia la situación energética en las áreas rurales, es de reconocimiento general que las pequeñas centrales hidráulicas juegan un importante rol en el desarrollo de las mismas.

Las mini-centrales hidráulicas son instalaciones sencillas, respetuosas del entorno y útiles para aplicaciones cercanas a la instalación y que no precisen valores importantes de energía. Requieren de pocos componentes: Grupo turbina – generador –y un Sistema regulador. Las minicentrales pueden utilizarse para alimentar baterías.

Si se tiene en cuenta un sistema de producción y transmisión, una central eléctrica térmica (carbón o petróleo) tiene una eficiencia del 30%, además, las líneas de transmisión y distribución eléctrica pierden cerca del 10%. Las pérdidas sucesivas de la cadena de transporte y conversión hacen que el uso de energía generada en un lugar y transportada a otro sea muy ineficiente. Lo mejor es generarla en el lugar en que se consume (generar para el consumo propio) (Herrera Vegas, 2014).

Un grupo de profesores y alumnos de la Universidad Nacional de Córdoba desde el año 2010 han venido desarrollados proyectos destinados a diseñar sistemas de generación micro hidroeléctricas con el objetivo de establecer la factibilidad de construcción, desarrollo con tecnología local y difusión de esta tecnología como alternativa. Las maquinas analizadas buscan también permitir el desarrollo de comunidades aisladas sin acceso actual a la red eléctrica.

Minicentrales hidráulicas

Los sistemas mini-hidráulicos pueden utilizarse en todos los casos en los que haga falta un suministro de energía y esté disponible un curso de agua, aunque sea pequeño, con un salto incluso de pocos metros. En esos casos, la introducción de sistemas de utilización de las aguas tiene un impacto reducido ya que no se modifica el uso mayoritario del curso de agua, que puede ser vital para el suministro de zonas aisladas.

La producción de energía eléctrica puede realizarse aprovechando la energía disponible en un salto hidráulico. Mini-hidráulica es el término con el que la UNDO (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial) denomina a las centrales hidroeléctricas de potencia inferior a 10 MW. En países latinoamericanos se consideran centrales mini-hidráulicas aquellas con una potencia instalada de 10 MW o menos, una frontera que hasta hace poco se situaba en los 5 MW.

Requieren de pocos componentes: Grupo turbina – generador –y un Sistema regulador. Puede utilizarse para alimentar baterías. No es necesaria la presencia de una persona continuamente, sino de un operador que de manera periódica controle el correcto funcionamiento de las instalaciones hidráulicas (de toma) y de las electromecánicas (turbina-alternador).

Según las características estimadas de salto y caudal y de la potencia que se necesite, es posible, identificar la tipología de la turbina y el tamaño más adecuado. En el caso de micro-sistemas existen modelos que se aplican a las condiciones del lugar o a las posibilidades que existan para su instalación. Las diferencias entre las máquinas vienen vinculadas al mejor aprovechamiento que se le puede dar al potencial energético del agua para generar energía eléctrica. En la tabla 2 se mencionan generalidades de algunas de ellas a modo de ejemplos ilustrativos.

Entre las principales ventajas de las micro centrales hidroeléctricas se pueden mencionar:

- Una alta eficiencia, pudiendo operar con bajos caudales y pequeños saltos
- Confiabilidad, pueden producir un suministro continuo de energía eléctrica en comparación con otras alternativas de generación en la misma escala.
- Bajo impacto ambiental, la mayoría de los sistemas son de tipo agua fluyente, es decir que el agua pasa al generador y es devuelto al flujo principal con pequeño impacto en el ambiente local.
- Poca variación en el flujo suministrado, la variación en la energía generada varía gradualmente de día a día, no de minuto a minuto como con otras tecnologías (eólica, solar)

Tabla 2 | Resumen de las principales características de los distintos tipos de microturbinas.

| Turbinas de Impulso | |
|--|--|
| Mini turbinas Pelton | Son turbinas de acción donde uno o más chorros inciden en una rueda que posee en su periferia un gran número de álabes. La turbina Pelton es un tipo de turbina de impulso y es la más eficiente en aplicaciones donde se cuenta con un gran desnivel de agua. |
| Turbinas de flujo cruzado (Banki-Michell, u Ossberger) | Para una amplia gama de caudales entre 20 l/s y 10 m ³ /s y alturas entre 1 y 200 metros. El agua entra en la turbina, dirigida por uno o más paletas de guía situada en una pieza de transición aguas arriba. El Flujo sale y cruza el centro de la turbina. Su eficiencia es menor que las turbinas convencionales, pero responde a una amplia gama de caudales y de alturas. |
| Turgo | La turbina Turgo es una turbina de impulso diseñada para saltos de desnivel medio. Fue desarrollada por la compañía Gilkes en 1919 a partir de una modificación de la turbina Pelton. Se recomiendan para sitios con importantes variaciones de flujo de agua y aguas turbias |
| Turbinas de Reacción | |
| Mini turbinas Francis | Son turbinas de reacción válida para centrales de tamaño medio, con potencia aproximada de 100 kW. La ventaja de esta máquina consiste en el aprovechamiento de todo el salto disponible, hasta el canal de desagüe. La construcción es compleja lo que hace problemática la instalación de estas turbinas en las centrales pequeñas |
| Kaplan y turbinas de hélice | Son turbinas de reacción de flujo axial. Se emplean en saltos de pequeña altura. Las palas o álabes de la turbina son impulsadas por agua a alta presión liberada por una compuerta. Las turbinas de hélice se caracterizan porque tanto los álabes del rodete como los del distribuidor son fijos. Sólo se utilizan cuando el caudal y el salto son prácticamente constantes |
| Bombas utilizadas como Turbinas | El uso de Bombas Centrífugas Standard como turbinas puede ofrecer una alternativa técnica y con ventajas económicas y pueden contribuir a una amplia aplicación en pequeñas centrales hidráulicas. Las bombas con sentido de rotación inverso, están siendo utilizadas como turbinas en aplicaciones industriales, y más recientemente en centrales para sitios aislados. |

Según las características estimadas de salto y caudal y de la potencia que se necesite, es posible, identificar la tipología de la turbina y el tamaño más adecuado (Figura 2). En el caso de micro-sistemas existen modelos que se aplican a las condiciones del lugar o a las posibilidades que existan para su instalación.

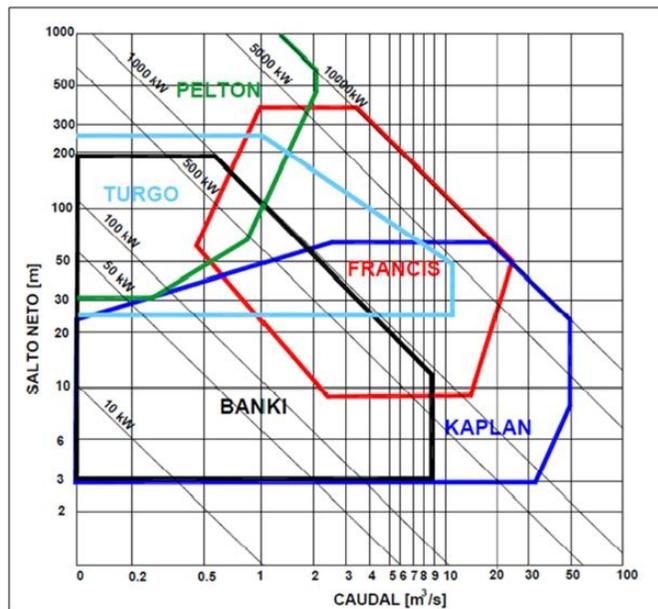


Figura 2 | Rango de aplicación de distintos tipos de turbinas (Fernández Mosconi et al., 2003).

METODOLOGIA

Para acelerar la aplicación de sistemas alternativos en las zonas rurales, y hacer de esta una práctica habitual, se necesita desarrollar equipos adecuados, adaptarlos para su producción progresiva en las industrias locales, y establecer un sistema de financiación en colaboración con los bancos locales para asistir a los usuarios y propietarios potenciales. Existe una demanda

insatisfecha de equipos robustos y confiables que puedan suministrar pequeñas cantidades de energía a bajo costo (Reyna et al, 2016).

Durante el año 2010-2012 se trabajó en el desarrollo de una turbina Michael Banki, la cual se diseñó y se construyó completamente en talleres de Córdoba en escala 1:1. Esta máquina se encuentra actualmente instalada en el Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, y ha propiciado el interés de numerosos profesionales y alumnos que por primera vez tienen contacto con una micro turbina. El desarrollo del proyecto de la turbina Michael Banki, ha generado un impulso importante en la temática del uso de energías renovables en nuestra Ciudad y, ha fomentado el desarrollo de grupos de investigación local vinculadas para mejorar el desarrollo tecnológico de ésta área de generación energética.

Durante el período 2014-2015 se trabajó en un segundo proyecto que también contó con financiamiento de Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba (SECYT) donde se desarrolló la ingeniería de una turbina Kaplan desarrollándose la ingeniería de la máquina. De los proyectos y desarrollos realizados se puede obtener información práctica de su simplicidad, funcionamiento y mantenimiento; permitiendo incorporar las energías renovables dentro de las posibilidades para la solución de problemas de este tipo. De manera particular actualmente se cuenta con egresados del área grado y posgrado que trabajaron durante el desarrollo de ambos proyectos y ahora se incorporan al mercado laboral con información y familiaridad con el tipo de máquinas desarrolladas.

Pero el desarrollo de dos tipos de microturbinas a nivel local sigue limitando su uso a casos específicos. El desarrollo de diferentes máquinas permite ampliar el espectro de oportunidades de aplicación para lo cual es necesario incorporar otros tipos de máquinas. Como siguiente paso hacia la difusión de estas turbinas se está desarrollando una turbina tipo Turgo que permite trabajar en cauces que poseen saltos intermedios, pero con bajos caudales, para así poder ofrecer al mercado local una nueva alternativa a las diferentes condiciones de cada localización.

Dentro de este marco, además, se está avanzando en la transferencia de tecnología en el área de las energías renovables. Actualmente se está trabajando con el colegio secundario Instituto Técnico Cristo Obrero de Carlos Paz para la construcción de la turbina Kaplan de manera de incorporar el tema en el nivel educativo medio. Además, se está formulando un acta acuerdo de colaboración con dicho colegio para continuar trabajando en forma conjunta.

En lo que sigue, se describen las características de las máquinas desarrolladas y los modelos computacionales aplicados.

MICROTURBINA MICHELL - BANKI

La turbina Michell-Banki es una máquina clasificada como una turbina de acción, entrada radial y flujo transversal. 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 (ITDG, 2009).

Las principales características de esta máquina son las siguientes:

- La velocidad de giro puede ser seleccionada en un amplio rango
- Puede operar en amplios rangos de caudal y altura sin variar apreciablemente su eficiencia.
- El diámetro de la turbina no depende necesariamente del caudal.
- Se alcanza un aceptable nivel de rendimiento con pequeñas turbinas.
- Se puede regular el caudal y la potencia por medio de un álabe ajustable.
- Su construcción es sencilla, pudiendo ser fabricada en pequeños talleres.

La turbina de flujo transversal es especialmente apropiada para ríos con pequeños caudales, que generalmente llevan durante varios meses muy poca agua.

La energía del agua es transferida al rotor en dos etapas, lo que también da a esta máquina el nombre de turbina de doble efecto, y de las cuales la primera entrega un promedio del 70% de la energía total transferida y la segunda alrededor del 30% restante. Finalmente, el agua es restituida mediante una descarga a presión atmosférica (grado de reacción igual a cero).

Descripción de la máquina

La turbina diseñada y fabricada por la Universidad Nacional de Córdoba, considera los siguientes parámetros: un salto efectivo de agua de 25,00 m; caudal a conducir por la obra de aducción 0,120 m³/s. Considerando un rendimiento de 60% se obtuvo una potencia útil de 18 Kw. El diámetro interno del rotor: 132,00 mm; la velocidad de giro de la máquina se adoptó en 0,967 y el número de álabes del rotor es de 22 álabes.

La turbina consta de dos elementos principales: un inyector y un rotor. El rotor está compuesto por dos discos paralelos a los cuales van unidos los álabes curvados en forma de arco circular. La construcción del rotor y el inyector de esta máquina no involucraron tareas de fundición de precisión. Un elemento muy importante para el buen funcionamiento, y que en general requiere de mucha precisión en la construcción, son los álabes del rotor. En este caso para facilitar la construcción de los álabes se utilizó una tubería comercial de acero al carbono sin costura, ésta fue cortada formando un arco de circunferencia con ángulo θ .

Para la construcción de los distintos elementos de la turbina se emplearon una serie de máquinas herramientas como plegadoras, limadoras, fresadora, torno de control numérico, etc. La totalidad de las piezas que se encuentran en contacto directo con el agua (conjunto rotor inyector), se sometieron a un tratamiento superficial de zincado en caliente para prolongar su vida útil. Tanto el conjunto del rotor como el inyector fueron construidos en acero SAE 1020. El proyecto verificó que se trata de una turbina con un diseño sencillo y de fácil construcción lo que la hace atractiva a pequeña escala.

La máquina diseñada se estudió con el software Ansys-CFX para el ajuste y desarrollo de las diferentes componentes. El modelo numérico de la turbina Michell-Banki, permitió plantear modificaciones de algunos parámetros relacionados a las dimensiones mostrando un mejor funcionamiento de la misma (Figura 3a).

Si se tienen en cuenta de un lado: la demanda creciente de energía, la necesidad de no deteriorar aún más las condiciones ambientales y la importancia de proveer electricidad a grupos de población que aun ni cuentan con estas; y por otro: se sopesa el potencial hídrico en varias zonas que aún no tienen electricidad, así como el nivel de apropiación alcanzado en el país con relación a la turbina Banki, muchas oportunidades para el empleo de esta máquina se podrían dar en un futuro cercano (Gómez Gómez y otros, 2008).

La máquina se encuentra actualmente instalada en el Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (Figura 3b).

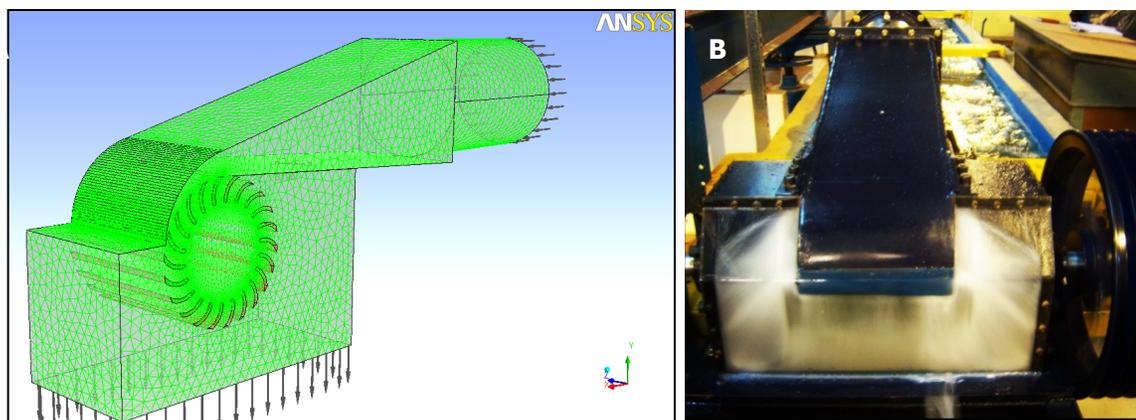


Figura 3 | (a) Condiciones de contorno del modelo de la turbina Michell-Banki (Góngora, 2012). (b) Turbina Michael Banki instalada en el laboratorio de la UNC.

MICRO TURBINA AXIAL

La micro turbina Kaplan es una máquina clasificada como una turbina de reacción, de entrada y flujo axial. Es utilizada principalmente para pequeños aprovechamientos hidroeléctricos y también tiene la ventaja de ser su diseño sencillo, lo que la hace atractiva para un aprovechamiento a pequeña escala. Este tipo de micro turbinas pueden instalarse sobre los pequeños azudes niveladores de zonas rurales. Este tipo de micro turbinas, a diferencia de una turbina Kaplan utilizadas en grandes aprovechamientos hidroeléctricos tiene la particularidad de la ausencia de una cámara espiral periférica y el conjunto de alabes móviles directores del estator que dirigen el flujo hacia el rotor de la máquina, realizando el agua un recorrido radial – axial.

El rodete está compuesto por unas pocas palas, que le confieren forma de hélice de barco; cuando éstas sean fijas, se llama turbina hélice, mientras que si son orientables se denominan turbinas Kaplan; en ambos casos las turbinas funcionan con un único sentido de giro de rotación; son pues turbinas irreversibles. Sus características principales son:

- Dimensiones reducidas.
- Velocidades relativamente altas.
- Rendimiento elevado con carga variable.
- Notable capacidad para sobrecargas

La máquina desarrollada en la Universidad Nacional de Córdoba, considera un caudal es de $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ y una altura neta de 5 m. Estos valores considerando un rendimiento de aproximadamente 60%, se obtiene una potencia útil aproximada de 3 kW. En estas máquinas el perfil de los alabes tiene características hidrodinámicas con poca curvatura, que facilita su rendimiento y aumenta la velocidad del fluido, estas características hacen que estas turbinas se construyan de diámetros de rodete bastante pequeños.

Los álabes del rotor tienen un perfil de ala de avión y desarrollo helicoidal. El perfil de ala permite obtener una acción útil del agua sobre el álabe en el movimiento que aquella tiene respecto a éste. La forma helicoidal o alabeo se justifica, en virtud de que la velocidad relativa del flujo varía en dirección y magnitud con el radio, supuesta ω (velocidad angular) constante, y considerando la velocidad absoluta constante en magnitud y dirección. Además, para los álabes se requiere de un acabado superficial pulido, ya que la rugosidad permitida entre la superficie de contacto y el agua depende del caudal.

La fabricación de los álabes constituye el principal inconveniente para lograr un equipo económico, porque requiere de fundición de precisión. Si sólo se usan álabes de espesor constante, planos o curvados se obtienen menores coeficientes de sustentación y mayores de resistencia, por lo que en conjunto resultaría menor la eficiencia, además de no aprovechar por completo el intercambio de energía por parte del fluido al incidir sobre los álabes. Un ejemplo de eficiencias se tiene en el artículo de Espinoza (1991), donde la turbina axial sin utilizar álabes aerodinámicos obtuvo un valor de eficiencia de 40%, mientras que la turbina axial hecha por ITDG (Hidrored, 1995) que posee álabes aerodinámicos tiene eficiencia de casi 60%.

Se estudió la alternativa de no utilizar álabes aerodinámicos, entre las que se incluyen la construcción de los mismos a partir de una placa con cortes hasta un diámetro central y luego torsionadas en forma helicoidal. Con este fin se trabajó en el modelo matemático de la turbina utilizando como base el software Solid Works para el desarrollo de las diferentes componentes (Figura 3).

Descripción de la máquina en construcción

El cuerpo superior formado por el codo de aducción provisto de brida para la unión con el sistema alimentador. Sobre este mismo codo pisan las cuatro patas del soporte del alternador que irá ubicado en la parte superior. Se ha previsto para tal uso un alternador Monofásico 4 polos, 1500 rpm, modelo E1C13S B/4 7kva, monofásico marca Linz Electric.

El tramo recto intermedio para orientación del flujo de agua en el cual se aloja el distribuidor para el desvío del flujo previo a incidir sobre el rotor de la turbina. En este mismo cuerpo y en forma externa se encuentran placas con las debidas perforaciones sobre las que se fijará la estructura portante de la turbina. Se ha previsto que este cuerpo pueda girarse de a giros de 60° a fin de que los perfiles soporte se alineen con los puntos de apoyo.

La tercera parte se compone de un primer tramo recto en el cual gira el rotor de la turbina e inmediatamente después el cuerpo externo toma la forma de un tronco cono constituyendo el canal de desfogue.

Las tres partes se vinculan mediante unión bridada abulonada. El hecho de que el punto de sustentación externo está en la parte central que es un componente liviano posibilita el montaje inicial cómodo para luego montar sobre una base firme las otras dos partes que son de más peso y volumen.

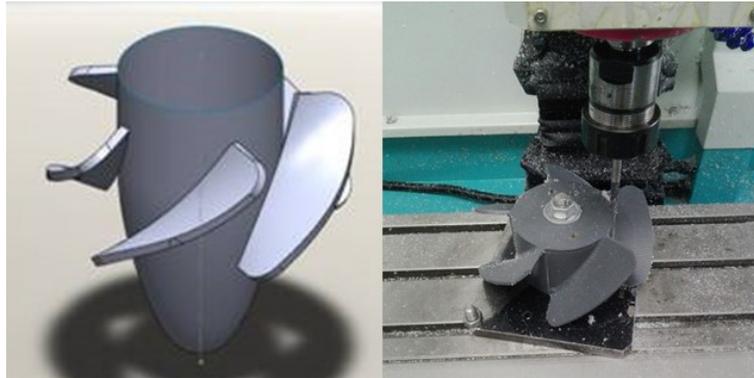


Figura 4 | A la derecha Modelo del rotor de la turbina Kaplan en Solid Works (Grosso, 2016). A la izquierda rodete mecanizado.

La máquina aquí proyectada se encuentra en construcción en los talleres del Colegio Técnico Secundario Cristo Obrero de la localidad de Carlos Paz (Provincia de Córdoba). Las tareas son ejecutadas por los propios estudiantes con el asesoramiento de docentes de la Institución y de la Universidad Nacional de Córdoba lo que persigue el objetivo de familiarizar a las nuevas generaciones con este tipo de tecnologías de manera de incorporarlas en su vida profesional y familiar.

TURBINA TURGO

La Turbina Turgo es una turbina hidráulica de impulso diseñada para saltos de desnivel medio. Es una turbomáquina motora de acción, a chorro libre, de flujo radial, utilizada mayormente para pequeños aprovechamientos hidroeléctricos. Su ventaja principal está en su sencillo diseño y su fácil construcción, lo que las hace muy atractiva en el balance económico de un aprovechamiento a pequeña escala. Fue diseñada por Eric Crewdson, director general de la compañía “Gilbert Gilkes & Gordon Ltd”, con sede en Kendal, Reino Unido; en el año 1919, a partir de una serie de modificaciones de la Turbina Pelton.

El distribuidor de la turbina Turgo consiste básicamente en un inyector del tipo Pelton (consta esencialmente de una tobera y de una válvula de aguja) que proyecta un chorro de agua inclinado respecto al eje del Rodete, en un ángulo de 15° a 22.5° . El rodete se asemeja a un medio rodete Pelton, como si a este se le dividiera mediante un plano que pasa por las aristas de las cucharas y sea perpendicular al eje. Esta turbina puede ser montada con eje horizontal o vertical y presenta varias ventajas sobre la turbina Francis y la Pelton en determinadas aplicaciones:

- 1) El rodete es más barato de fabricar que el de una Pelton.
- 2) No necesita una carcasa hermética como la Francis.
- 3) Para la misma potencia, tiene la mitad del diámetro lo que conduce, para igual velocidad periférica, a una mayor velocidad angular, lo que facilita su acoplamiento directo al generador. Con esto se puede prescindir del multiplicador de velocidad (reduce el precio del grupo y disminuye su vulnerabilidad).
- 4) Puede manejar un mayor flujo de agua que la Pelton porque el agua que sale no interfiere con las paletas adyacentes.
- 5) El rendimiento de la turbina Turgo es menos sensible a variaciones de caudal
- 6) Operan en un campo de desniveles en el que se solapan las turbinas Francis y Pelton.

Aunque existen muchas instalaciones grandes con turbinas Turgo, estas se utilizan más en instalaciones hidráulicas pequeñas en las que es importante el bajo coste. En la figura 4 se observan la posición del chorro en una turbina Turgo y un rotor tipo.



Figura 4 | Posición del chorro en una turbina Turgo y un rotor tipo (Ref: <http://www.varspeedhydro.com/Turgo.html>).

Descripción de la máquina

Para La máquina que se diseñó se consideró un caudal de 0.01 m³/s y una altura neta de 26 m. Estos valores considerando un rendimiento de aproximadamente 60%, se obtiene una potencia útil aproximada de 1,53 kW.

La eficiencia de estas máquinas se ve determinadas principalmente por el diámetro de boquilla, el ángulo de entrada de chorro, el número de cuchillas entre otros factores.

La máquina que se está estudiando presenta un diámetro de rodete de 210 mm y 16 cucharas. El ángulo del chorro es de 16,102°. El dimensionamiento se realizó siguiendo las recomendaciones teóricas y actualmente se encuentra en período de modelación numérica a fin de realizar ajustes para mejorar su eficiencia.

En la figura 5 se observa el plano de la turbina y los cortes

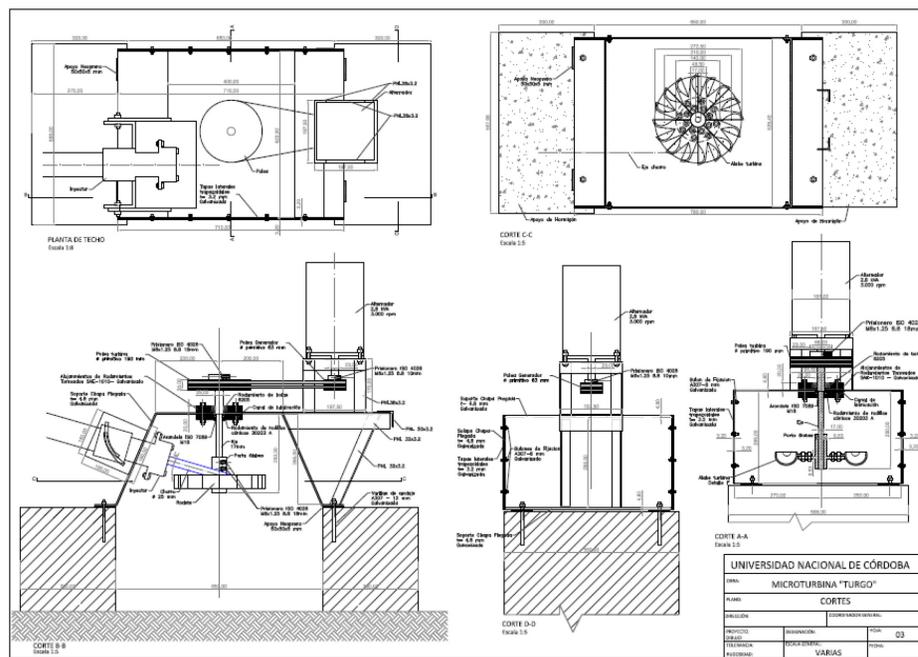


Figura 5 Plano de la turbina Turgo planta y cortes

CONCLUSIONES

La finalidad de este trabajo se centró en exponer primero la necesidad de cambiar las matrices energéticas que se encuentran hoy fuertemente vinculadas a los combustibles fósiles que deben cambiar hacia matrices con mayor base en fuentes de energías renovables. El desarrollo de las energías renovables es la consecuencia previsible de una mirada al tema energético desde la perspectiva de la sustentabilidad.

La promoción de tecnologías de energías renovables ofrece doble ventaja: diversificación energética y la esperanza de desarrollo para comunidades pobres y aisladas que no están conectadas a las grillas de transporte y distribución eléctrica.

El éxito de una medida de mitigación como el descripto en este trabajo, es el establecimiento de acciones que permitan a la sociedad mitigarlos con medidas que se adaptan a ella y le permitan además seguir desarrollándose. Estas medidas tienen que acompañar el desarrollo de cada sociedad, con sus singularidades socioeconómicas, políticas, culturales y tecnológicas. Como se expresó Juan Carlos del Olmo secretario general de WWF España: “Estamos viviendo a costa de los recursos naturales de las futuras generaciones”.

Para acelerar la aplicación de sistemas alternativos en las zonas rurales, y hacer de esta una práctica habitual, se necesita desarrollar equipos adecuados, adaptarlos para su producción progresiva en las industrias locales, y establecer un sistema de financiación en colaboración con los bancos locales para asistir a los usuarios y propietarios potenciales. Existe una demanda insatisfecha de equipos robustos y confiables que puedan suministrar pequeñas cantidades de energía a bajo costo (Reyna et al., 2016).

Los proyectos que enmarcaron los estudios que se presentan en este trabajo sobre micro hidrogenación buscaban aplicar tecnologías simples de energías limpias hidroeléctricas sin represamiento, de bajo costo que permitieran su construcción e instalación para aplicarlo a diversas comunidades aisladas y que fuese incorporándose en la sociedad a través del vínculo con las nuevas generaciones. El interés es desarrollar máquinas, realizar la construcción y la instalación para permitir el abastecimiento descentralizado de electricidad que permitiera replicarlo en distintas comunidades que por sus características no pueden vincularse al sistema interconectado nacional y cuya difusión pueda apoyarse tanto desde el sector privado como público. Se busca también, desde el ámbito de la Universidad Nacional de Córdoba divulgar y acercar estas tecnologías a los futuros profesionales y a la población en general de manera de incorporarlos como opción a la hora de buscar soluciones a los problemas de generación energética.

El vínculo desarrollado con una escuela técnica secundaria permite que los profesionales e investigadores puedan transmitir sus conocimientos a la sociedad y generar desarrollos tecnológicos a niveles locales.

La ventaja de las micro centrales hidroeléctricas distribuidas sobre el territorio no es tanto la aportación energética que puede darse a la necesidad eléctrica nacional, cuanto el valor de la utilización del recurso hídrico a nivel local teniendo en cuenta que la energía hidroeléctrica es un tipo de energía renovable con impacto ambiental mínimo si se usa la fuerza hídrica sin represarla.

La aplicación de energías renovables hoy no sólo es del campo de los investigadores, sino que es reclamado por la sociedad que ve con preocupación cada vez mayor como los recursos se agotan y requieren de alternativas que hagan sostenible el desarrollo de la sociedad, desafío que hoy necesita del encuentro de los distintos sectores de la sociedad.

REFERENCIAS

Acciona (2017) Energías Renovables. Consultado en julio 2017. <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/>

Espinoza Silva, J. (1991). *Desarrollo simplificado de turbina axial tipo “S” para micro aprovechamientos hidráulicos*. Informe de Proyecto de FONDECYT-90/0123, pp.1- 11.

Fernández Mosconi, J., Audisio, O. & Marchegiani A. (2003). *Pequeñas Centrales Hidráulicas*. Apuntes de clase. Universidad Nacional del Comahue. Facultad de Ingeniería. Neuquén, Argentina.

Gómez Gómez, Jorge Iván; Palacio Higueta, Edison Andrés; Paredes Gutiérrez, Cesar Alfonso (2008). La turbina Mochell-Banki y su presencia en Colombia. *Avances en Recursos Hidráulicos*, núm. 17, mayo, 2008, pp. 33-42. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. <http://www.redalyc.org/pdf/1450/145016896004.pdf>

Global Footprint Network: http://www.footprintnetwork.org/es/index.php/GFN/page/earth_overshoot_day

Góngora, C. (2012). *Micro Turbinas para pequeños aprovechamientos hidroeléctricos. Turbina Michell-Banki*. Tesis de Maestría. Maestría en Ciencias de la Ingeniería – Mención en Recursos Hídricos. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.

Grosso, F. (2016). *Energía renovable para comunidades aisladas: desarrollo de una micro turbina axial*. Informe de Práctica Supervisada para obtener el título de Ingeniera Civil. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/2669>

Herrera Vegas, R (2014) <http://www.lanacion.com.ar/1702453-desmitificando-las-energias-renovables>

Hidrored, Red latinoamericana de micro energía (1995). Diseño, construcción y prueba de una turbina de hélice. *VI Encuentro latinoamericano en pequeños aprovechamientos hidroenergéticos*. HIDRORED Lima: Tarea gráfica educativa. p.200. <http://www.cricyt.edu.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2002/2002-t006-a003.pdf>

ITDG (2004). Soluciones Prácticas. *Ficha Técnica N° 2. Turbina Michell Banki*. <http://www.solucionespracticas.org.pe/ficha-tecnica-n2-turbina-michell-banki>. Consultado noviembre de 2016.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2015. *Mitigación del Cambio Climático*. Guía Resumida del Quinto Informe de Evaluación del IPCC Grupo de Trabajo III. http://www.mapama.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/guia_resumida_gt3-mitigacion_tcm7-394616.pdf

Nasir, B. A. (2014). Design Considerations of Micro-hydro-electric Power Plant. *Energy Procedia*. Volume 50, 2014, Pages 19-29. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610214007395>

Reyna T, Reyna, S., Lábaque M., Riha C, Grosó F. (2016) Applications of Small Scale Renewable Energy. *Journal of Business and Economics*, USA. Academic Star Publishing Company. ISSN: 2155-7950.