

# APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO FLUVIAL CON ACTUADOR HIDRÁULICO REVERSIBLE

## HARNESSING FLUVIAL ENERGY WITH REVERSIBLE HYDRAULIC ACTUATOR

*Julio Carlos BERTUA, Damián AZZINARI, Matías SEGATO*

Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de La Matanza, Argentina.

### **Resumen:**

La lucha contra el cambio climático global, la necesidad de avanzar en eficiencia energética y la reducción del uso de combustibles fósiles están promoviendo en forma acelerada el uso de energías renovables. Una fuente histórica de las mismas es la hidráulica en sus distintas formas. La energía del mar, aún no aprovechada plenamente es el punto de partida del proyecto referido en el artículo. Una patente diseñada para este propósito es el origen de un uso innovador de la tecnología oleohidráulica en el aprovechamiento de la energía fluvial. Se detalla el desarrollo de un prototipo de laboratorio del sistema propuesto en la patente.

### **Abstract:**

The action against global climate change, the need for progress in energy efficiency and reducing the use of fossil fuels are promoting the accelerated use of renewable energies. A historical source thereof is hydraulic

in its different forms. The energy of the sea, not yet fully exploited, is the starting point of the project referred in the article. A patent designed for this purpose is the origin of an innovative use of oleohydraulic technology in harnessing fluvial energy. The article details the design and development of a laboratory prototype proposed in the patent system.

**Palabras Clave:** *energías renovables, energía hidráulica, innovación, tecnología oleohidráulica, prototipo*

**Key Words:** *renewable energies, hydraulic energy, innovation, oleohydraulic technology, prototype*

## I. CONTEXTO

El presente trabajo describe una investigación tecnológica del área de la ingeniería que abarca aspectos de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Electrónica. Requiere asimismo en su concepción de temas de hidráulica.

Es llevado adelante por personal docente del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de la Matanza (en adelante DIIT – UNLAM) el cual forma

parte del financiamiento del proyecto y sede de la realización. Se cuenta con un financiamiento parcial por parte de la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación aportado a través del Proyecto de Vinculación Tecnológica “Capacidades Científico Tecnológicas Universitarias para el Desarrollo Energético” Ing. Enrique Mosconi y con el aporte del titular de la patente sobre la que se basa el prototipo.

## II. INTRODUCCIÓN

Existe una creciente necesidad, tanto en nuestro país como a nivel mundial, de reemplazar la generación de energía eléctrica por medio de fuentes fósiles utilizando en su lugar fuentes renovables.

El proyecto se basa en una patente argentina, [1] la cual fue pensada originalmente para la utilización de las mareas oceánicas que representan un enorme reservorio energético. [2]

A partir de esta concepción se trató de analizar su factibilidad, habida cuenta que, a pesar de la vastedad del recurso, no hay a la fecha una utilización extendida del mismo.

Ello puede visualizarse a partir de la relación existente entre la cantidad de patentes destinadas a la generación de energía mareomotriz y a la efectiva implementación de las mismas en proyectos concretos.[3]

Las centrales más importantes operando en la actualidad son:

- a. La represa en el estuario del río Rance (Francia) con 24 turbinas de 10 MW cada una
- b. Central de Kislaya. (Kislogubskaya).- En el mar de Barentz, Rusia. Planta piloto realizada en 1968. Tiene una turbina de 0,4 MW.
- c. Central de la bahía de Fundy.- Está ubicada en el río Annápolis, en la frontera (USA-Canadá). Cuenta con una turbina de 18 MW. Está en experimentación desde 1984.

Existen en el mundo diferentes lugares con potencialidad de desarrollo de energía mareomotriz [4]

- a. Costa patagónica argentina (Golfos de San José y Nuevo, Río Deseado, Río Santa Cruz y Río Gallegos)
- b. Costa canadiense (en la zona del golfo de Maine y la península de Nueva Escocia)
- c. Inglaterra (costa del río Severn)
- d. Francia (bahía del monte Sant Michel y el estuario del Rance (de hecho con una central en funcionamiento)
- e. España (bahía de Santander)
- f. Estados Unidos (Turnagain Arm, Knit Arm, Pasamaquoddy)

- g. Rusia (bahías de Mezen y de Tugur, Mar de Okhost)
- h. Australia (bahía Secure, ensenada de Walcott)
- i. India (golfos de Khambat y Kutch)

La potencialidad del uso de la energía mareomotriz en nuestro país, se basa en el extenso litoral marítimo y las diferentes localizaciones que permitirían desarrollar emprendimientos de diferente generación de potencia

En la actualidad, se está tratando, en diversos países, de desarrollar proyectos mareomotrices ecológicos, que no involucren importantes modificaciones al medio ambiente, que produzcan en rangos medios y/o bajos de energía y que sean centrales de relativamente fácil implementación, con elementos tecnológicos ya probados

Se intenta superar algunas de las dificultades que las centrales puedan presentar hacia el medio ambiente y las diversas especies que cohabitarían con ellas.

La propuesta de la patente en estudio, permite desde su concepción y funcionamiento, un mayor cuidado y preservación del medio ambiente. Asimismo, y a pesar de poder configurarse como una innovación radical, basa su funcionamiento en tecnología ampliamente probada y escalable, lo que permite una operatividad dinámica para diversos emprendimientos según amplitud de mareas, características geográficas, potencias producidas, etc.

A partir de un estudio de factibilidad para su implementación mareomotriz, realizado en conjunto con el Laboratorio de Máquinas Térmicas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata [5] se pudo concluir que el sistema podía también ser aplicado satisfactoriamente en regímenes fluviales, lo que se tradujo en otro estudio de factibilidad [6].

Este último formó parte de un Trabajo Final Integrador en la Especialización en Gestión de la Tecnología e Innovación del GTEC Metropolitano [7]

La patente consta en la conformación de un reservorio de agua superior (alimentado durante la pleamar) que

abastece a un sistema de cubas alimentadas por dicho reservorio que, por acción de la gravedad, una vez llenas descienden generando presión sobre los cilindros oleohidráulicos, con el consiguiente desplazamiento de fluido de los mismos, y ponen en movimiento un motor oleohidráulico y a su vez un alternador. La cuba al llegar a su límite inferior desagota en un reservorio inferior que a su vez descarga en el mar en la bajamar.

Una pequeña parte de la energía generada por el descenso de la cuba se utiliza para posicionar una cuba vacía en el nivel más alto para proceder a su llenado y permitir la consecución del ciclo.

El sistema permite la conformación de un grupo de 4 cubas o múltiplo del mismo. Un esquema de funcionamiento se detalla en la Fig. 1.

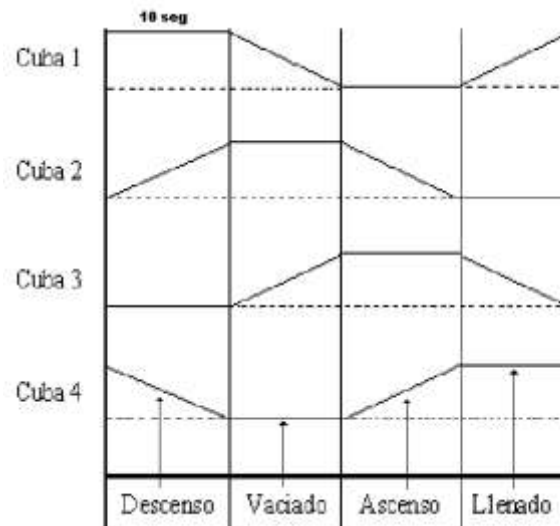


Fig. 1

La aplicación del sistema en recursos fluviales se adecua especialmente a los requerimientos de pequeñas centrales hidroeléctricas, que son emprendimientos cuyo desarrollo se está promoviendo tanto en el plano internacional como el nacional [8], [9]

Las experiencias al respecto están centradas en el uso de turbinas (tanto en sistemas con represas como fluyentes) [10]

La aplicación del sistema en recursos fluviales se realizaría de la manera expuesta en las Fig. 2 y 3

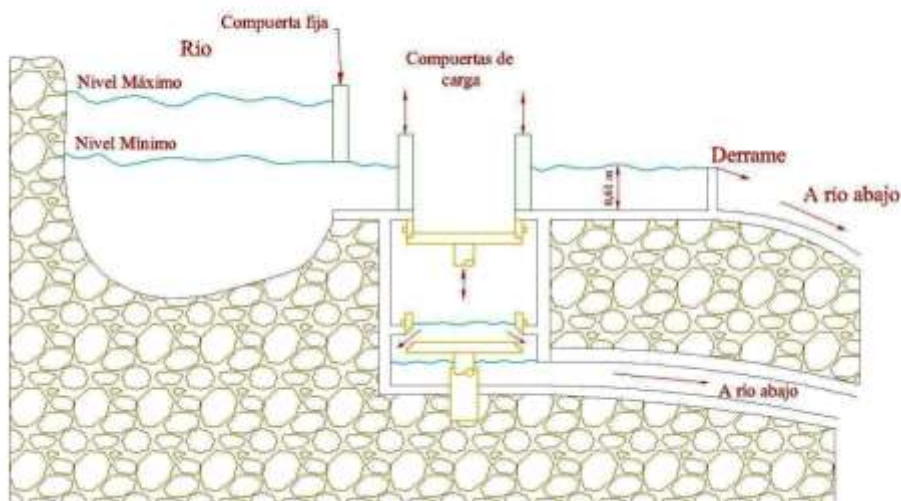


Fig. 2

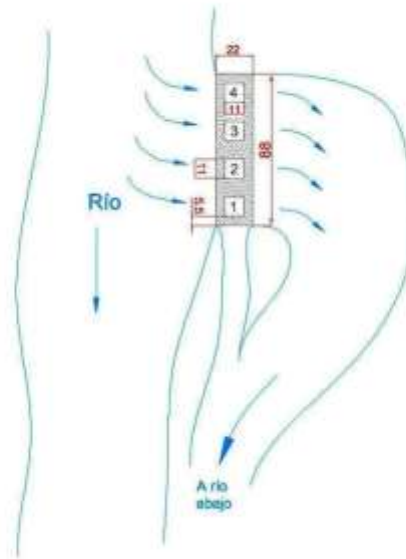


Fig. 3

Como se destaca de las mismas, pueden realizarse emprendimientos sin necesidad de contar con embalses y contando con una mínima interferencia con el escurrimiento del río. La toma de agua se puede implementar con un azud derivador o con una embocadura lateral al cauce. Esto permite escalar los emprendimientos tanto en el caudal a utilizar, como el número de cubas y la caída de las mismas en función del canal de desagote que devuelve la totalidad del agua, río abajo.

En particular el esquema propuesto por la patente significaría:

- reducción de costos con el reemplazo de las turbinas
- reducción significativa de obras civiles
- no alteración significativa del caudal del río
- escalabilidad del sistema en cuanto a caudal utilizado, número de cubas, altura de trabajo
- utilización de elementos de tecnología probada y de suministro asegurado
- mínima alteración al sistema medioambiental

### III. MÉTODOS

En este apartado detallamos los aspectos fundamentales de construcción del prototipo.

Los estudios de factibilidad se deben complementar con la construcción de un prototipo de laboratorio sobre el cual se puedan estudiar la mayoría de los factores que inciden en el funcionamiento y la eficiencia energética del sistema.

A tal fin se ha procedido a diseñar un prototipo de laboratorio (pensado para una potencia de 100-200 watts) sobre el que puedan realizarse dichas experiencias. La baja potencia y el dimensionamiento del prototipo ha obligado a realizar un diseño especial que involucra el desarrollo particular de varios elementos constitutivos (Ej.: cilindros oleohidráulicos, motor) por no existir modelos estándar para los mismos.

Consta básicamente de: a) una estructura portante, b) un sistema de suministro de agua, c) cuatro cubas adosadas a cilindros oleohidráulicos, d) un sistema de transmisión de presión de los cilindros a un motor y al reposicionamiento de las cubas, e) un generador

eléctrico, f) un sistema electrónico de control y captura de datos

La estructura portante está construida en tubos rectangulares de 100x40 mm y 3,2 mm de espesor.

El sistema de alimentación consta de cuatro recipientes con una capacidad de 235 litros cada uno que representan el papel del reservorio superior e inferior (caso mareomotriz) o toma de caudal y desagote en canal (caso fluvial). Se complementa con una bomba centrífuga de 1HP que permite que el agua que desagota de las cubas suba a los recipientes superiores para reiniciar el proceso de llenado. Un esquema general del prototipo puede verse en la Fig. 4.

Las cubas tienen aproximadamente 250 mm de arista y una capacidad de 15 litros cada una. Para el cierre y apertura se ha incorporado un sistema neumático que permite asegurar la hermeticidad durante el descenso y la apertura rápida en el momento de descarga. Para mejorar la hermeticidad se complementa con el uso de un burlete. La apertura rápida se ha programado para evitar en lo posible efectos transitorios originados por

el tiempo de descarga. En un prototipo real la apertura y cierre de las compuertas se realiza a partir del propio movimiento de las mismas y la mejora en el escurrimiento se logra a partir de un diseño especial de la base (piramidal, etc). La adopción del sistema neumático en nuestro caso (ocho micro cilindros ISO 6432 marca Micro y sus correspondientes elementos complementarios) se ha basado en las características de las cubas y el volumen de agua a desplazar, además de las dificultades de generar un tipo especial de base de la cuba en dimensiones reducidas. El sistema está alimentado por un compresor. Las cubas están suspendidas desde su base de los cilindros sobre los que operan. El diagrama del cilindro con sus medidas particulares y baja presión de operación (lo que

implicó la fabricación particular en la empresa Din Automación) puede verse en la Fig. 5. El detalle de las cubas puede verse en la Fig. 6.

El sistema de transmisión de presión al motor y generador está conformado por elementos oleohidráulicos estándar e incluyen electroválvulas CETOP 5 de cuatro vías y tres posiciones , con presión de trabajo de 6,5 bar y 1300 lts./hr de caudal.

El sistema electrónico de control y captura de datos se conforma con un PLC FATEK FBS – 60 MARD y sus respectivos elementos complementarios y de 12 sensores inductivos ECFA HT – D18NA.

El prototipo se completa con el sistema de alimentación eléctrica de sus partes diseñado en las normas de seguridad vigentes.

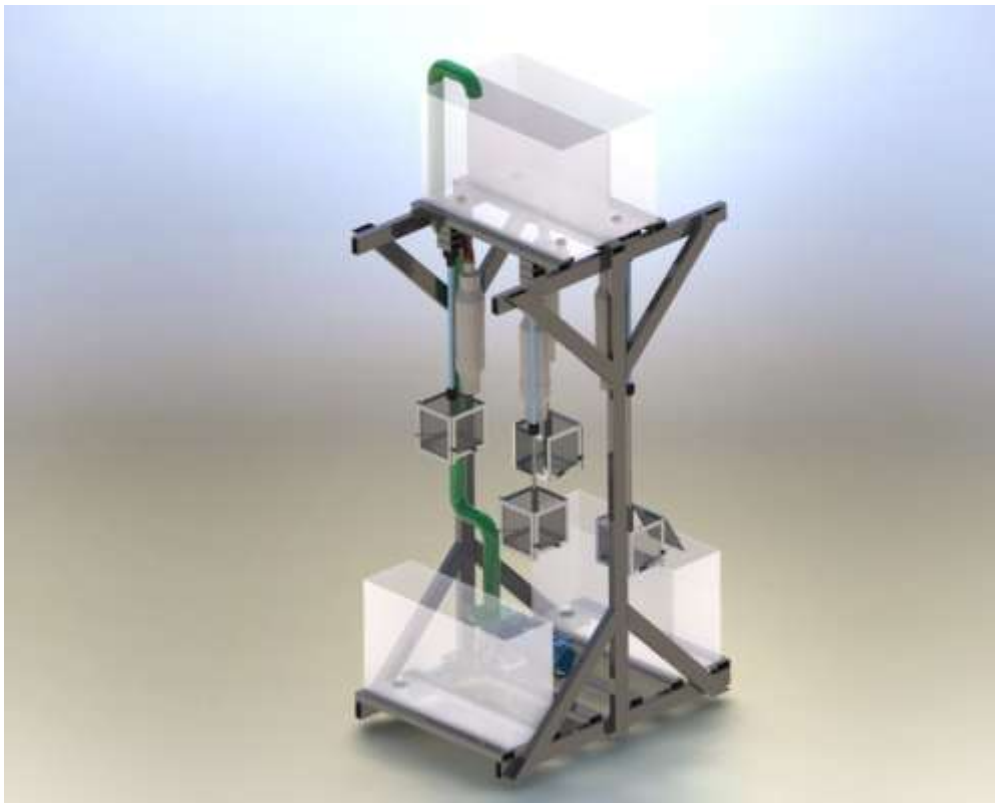


Fig. 4

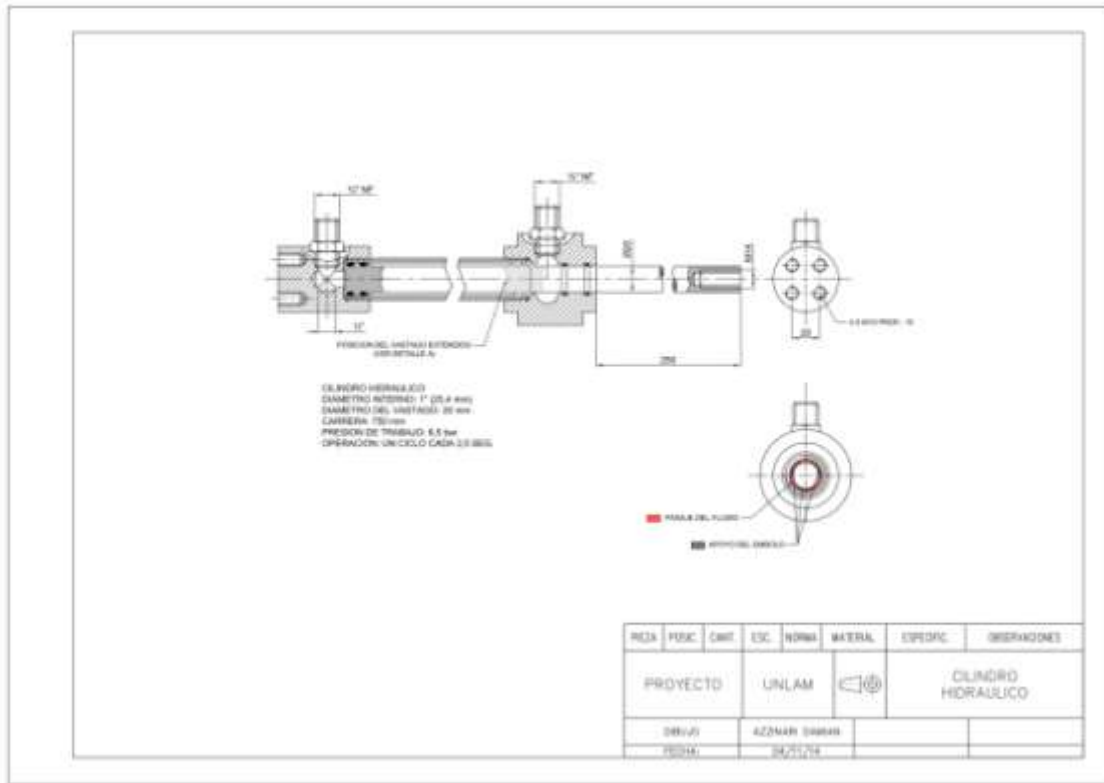


Fig. 5

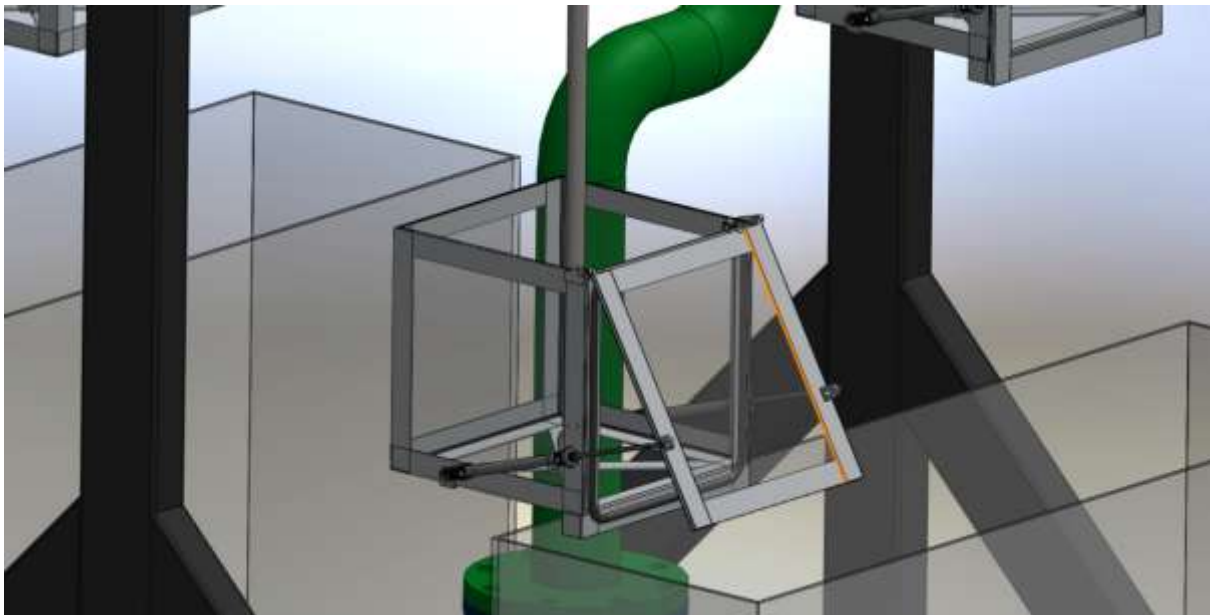


Fig. 6

#### IV. RESULTADOS Y OBJETIVOS

A la fecha el prototipo se encuentra en proceso de construcción y ensamblado. En el mismo se están rediseñando algunos aspectos que hacen a su funcionalidad y operatividad futura. Por otra parte se están programando las secuencias experimentales que se aplicarán en la obtención de los resultados buscados en cuanto a eficiencia del sistema, tiempos operativos, localización de dificultades y averías, etc.

#### V / VI. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Más allá de los resultados que se puedan obtener del prototipo una vez en operaciones; se ponen en evidencia las dificultades a superar en llevar una innovación desde su concepción original a la implementación real (aunque ésta sea a nivel de laboratorio). Éstas no son sólo de tipo de diseño, sino que en mayor medida corresponden a las disponibilidades de provisión de elementos adecuados y el costo de los mismos. En el caso en cuestión se han tratado de superar contando con la disponibilidad en conocimientos y tiempo del personal interviniente en el proyecto como con una colaboración activa de los proveedores.

#### VII. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- [1] Sistema de generación eléctrica a partir de las mareas oceánicas, P. Bilancioni, 04/03/2009, AR063955 A1, [www.inpi.gov.ar](http://www.inpi.gov.ar), Boletín 519. Memoria Técnica redactada por el Ing. C. Cocozz.
- [2] M. McCormick, *Ocean Wave Energy Conversión*, Mineola, New York, USA, Dover Publications INC, 2007, 233 pg, ISBN-13 978-0-486-46245-5
- [3] J.C. Bertúa, F. Tomkiewicz, R. Arias "Análisis de patentes – Energía Mareomotriz", *Trabajo realizado en la materia Protección del conocimiento y propiedad intelectual – GTEC Metropolitano – Cohorte 2011*
- [4] J. López González, G. Hiriart Le Bert, "Cuantificación de energía de una planta mareomotriz", *Ingeniería, Investigación y Tecnología – Vol. XI – Nº 2 – 2010 – ISSN 1405-7743*
- [5] E. Brizuela, Informe Técnico, "Aprovechamiento energético mareomotriz con actuador hidráulico reversible", Laboratorio de Máquinas Térmicas "Alejandro de Estrada", Facultad de Ingeniería, UNLP, La Plata, agosto 2012
- [6] E. Brizuela, C. Bosc, Informe Técnico, "Aprovechamiento energético fluvial con actuador hidráulico reversible", Laboratorio de Máquinas Térmicas "Alejandro de Estrada", Facultad de Ingeniería, UNLP, La Plata, diciembre 2012
- [7] J. Bertúa, Trabajo Final Integrador, "Sistema de Generación de energía mareomotriz – Adaptación a sistemas hídricos", GTEC Metropolitano, Buenos Aires, mayo 2013
- [8] European Small Hydropower Association – ESHA, "Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica", [http://www.esha.be/fileadmin/esha\\_files/documents/publications/GUIDES/](http://www.esha.be/fileadmin/esha_files/documents/publications/GUIDES/)
- [9] PROINSA PROYECTOS DE INGENIERÍA SA, "ESTUDIO PARA MEJORAR EL CONOCIMIENTO Y LA PROMOCIÓN DE OFERTA HIDROELÉCTRICA EN PEQUEÑOS APROVECHAMIENTOS", Secretaría de Energía, Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER), Préstamo BIRF Nº 4454 AR, [http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/renovables/resumen\\_ejecutivo.pdf](http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/renovables/resumen_ejecutivo.pdf)
- [10] B. Leyland, "Small Hydroelectric Engineering Practice", CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL, USA, 225 pg., 2014, ISBN-13: 978-1138000988



**Recibido:** 2016-03-25  
**Aprobado:** 2016-04-06  
**Datos de edición:** Vol. 1-Nro. 1-Art. 4  
**Fecha de edición:** 2016-04-15  
**URL:** <http://www.reddi.unlam.edu.ar>

