

# DESARROLLO DE PROTOTIPOS EN CAD PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA POR MÉTODOS ALTERNOS. APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA EN LA DCI

Colmenero Espinosa, Judit Berenice (1), Marmolejo Correa Danahe (2)

1 [Ingeniería Ambiental, Instituto Tecnológico de Ciudad Madero] | Dirección de correo electrónico: judit\_c@hotmail.com

2 [Departamento de Física, División de Ciencias e Ingenierías, Campus León, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: d.marmolejocorrea@ugto.mx

## Resumen

El presente documento plantea una solución al problema de falta de acceso a la energía eléctrica que padecen algunas comunidades rurales, así como las afectaciones generadas al medio ambiente debido a la generación de la misma por los métodos tradicionales prevalecientes en México. Para este caso de estudio, se propone el aprovechamiento de la energía hidráulica generada por el riachuelo que tiene su cauce dentro de la División de Ciencias e Ingenierías (DCI) de la Universidad de Guanajuato-Campus León mediante la implementación de un prototipo de una micro-central hidroeléctrica a escala, como prueba piloto, para generar energía eléctrica almacenable. El sitio fue elegido por su ubicación geográfica estratégica y fácil acceso. Dicho prototipo se caracteriza por estar compuesto por materiales accesibles y de bajo costo; tener una construcción, operación y mantenimiento simple; y por no alterar de manera significativa su entorno evitando con ello afectaciones negativas al medio ambiente.

## Abstract

This document proposes a solution to the lack of access to electric power suffered in some rural communities, as well as the impacts generated to the environment due to the generation of it by the prevailing traditional methods in Mexico. For this study case, proposes the use of hydro-electric power generated by the stream that has its source within the Division of Science and Engineering (DCI) of the University of Guanajuato-Campus Leon through the implementation of a hydroelectric micro-central prototype at scale, as a pilot test, to generate storable electrical energy. The site was chosen for its strategic geographical location and easy access. This prototype is characterized by being composed of accessible materials and low-cost; have a simple construction, operation and maintenance; and not alter significantly its environment, avoiding negative effects to the environment.

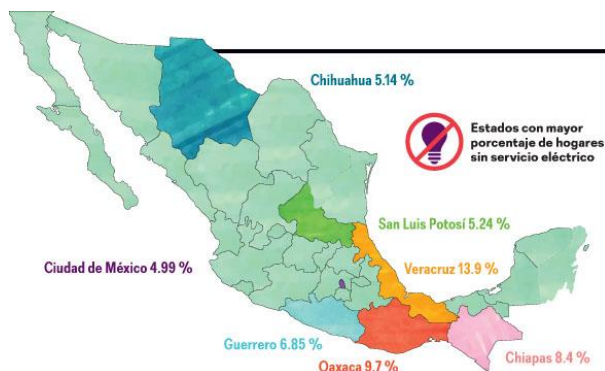
## Palabras Clave

Energía hidráulica, medio ambiente, micro-central hidroeléctrica, eco-amigable.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente el uso de la energía eléctrica es fundamental para realizar gran parte de las actividades cotidianas y es a través de ella que se tiene acceso a una mejor calidad de vida.

[1] De acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010 de INEGI, en México, existen 1,952,008 viviendas sin acceso a electricidad, las cuales se encuentran principalmente en comunidades indígenas y rurales. Los estados con mayor porcentaje de hogares sin servicio eléctrico son: Veracruz (13.99%), Oaxaca (9.7%), Chiapas (8.4%), Guerrero (6.85%), San Luis Potosí (5.24%), Chihuahua (5.14%) y Ciudad de México (4.99%); esto a causa de varios factores tales como la falta de recursos, una situación geográfica complicada, infraestructura inexistente para el suministro, ausencia de recursos para desarrollar la infraestructura, entre otras razones. [2]



**IMAGEN 1. Estados con mayor porcentaje de hogares sin servicio eléctrico en México. Fuente: INEGI.**

[3] Con respecto a la capacidad de generación de energía eléctrica instalada en México se observa que el 55.6% proviene de las centrales térmicas, el 30.4% de las hidroeléctricas, el 7.2% de la carboeléctrica, el 3.8% de las nucleares y el 2.6% de las geotérmicas, y el 0.2% de las eólicas. Sin embargo, estos métodos tienen un gran impacto negativo en el medio ambiente debido a los procesos que se utilizan para su generación como lo son la quema de combustibles fósiles, las emisiones de gases de efecto invernadero y de lluvia ácida, las partículas volantes que pueden contener metales pesados, el cambio brusco en el ecosistema, el desvío del flujo natural del agua, la alteración en la calidad y características de la

misma, y la alteración de los patrones de desove de peces. [4]

[5] Este proyecto se centra por cuestiones prácticas en el diseño de una micro central hidroeléctrica la cual consiste en la producción de electricidad mediante la energía cinética del agua, la que posteriormente es devuelta a su cauce en las mismas condiciones que es tomada. Las ventajas de este sistema es que al no consumir ningún combustible resulta amigable con el ambiente al no ser un agente contaminante, además de que requiere poco mantenimiento. La conveniencia económica de estas plantas se basa en que precisa de una inversión mínima inicial para las obras civiles y el equipamiento, así como también, de un mínimo costo de operación y mantenimiento.

La propuesta ante esta problemática es el diseño en CAD (Computer Aided Design, Diseño Asistido por Computadora) del prototipo de una micro-central hidroeléctrica que no se base en la construcción de represas como tradicionalmente se hace, sino que en su lugar se utilice el caudal de un riachuelo.

[6] La finalidad de este proyecto es optimizar el funcionamiento del prototipo para replicarlo en comunidades donde las características hidrográficas sean adecuadas, primordialmente en aquellas en las que haya falta de energía eléctrica; lo cual resulta viable debido a que gran parte de los estados con mayor porcentaje de hogares sin servicio eléctrico cuenta con una hidrografía apropiada para la instalación de este tipo de micro-centrales hidroeléctricas.

Por tanto, en el presente trabajo se expone el diseño de una micro-central hidroeléctrica, la cual se propone ser implementada en la División de Ciencias e Ingenierías (DCI) de la Universidad de Guanajuato-Campus León para provechar la energía cinética generada en el riachuelo que conduce el afluente pluvial de la zona aledaña. Dicho plantel educativo se ubica en un pequeño valle por el cual cruza un riachuelo que lleva los efluentes de las zonas altas, aumentado su caudal durante la temporada de lluvias.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar la forma más óptima de generar energía eléctrica por métodos alternos en las regiones con los mayores porcentajes de hogares sin acceso, se realizó un análisis comparativo teniendo como variables principales las características geográficas y recursos de los que disponen, a partir de ello se optó por la utilización de un sistema de energía hidráulica debido a que dichas regiones cuentan con condiciones apropiadas para su implementación. [7]

Con base en lo anterior y tomando en consideración diversas propuestas metodológicas se determinó que la micro-central hidroeléctrica por sus particularidades era la opción más viable para cumplir con el propósito principal de generar energía limpia, asequible y gran alcance. [8]

En la elección del sitio se valoraron criterios para medir el potencial hidroeléctrico los cuales conllevan un riguroso análisis tales como el caudal, el salto de agua (desnivel o altura) y algunos cálculos matemáticos para precisarlo. Además, se utilizaron sistemas de información geográfica los cuales permitieron hacer observaciones sobre el área a examinar. [9]

Una vez establecido el sistema de aprovechamiento de energía hidroeléctrica y el lugar donde se pretende implementar, se eligieron los componentes del prototipo de la micro-central hidroeléctrica más apropiados los cuales se encuentran en la siguiente tabla.

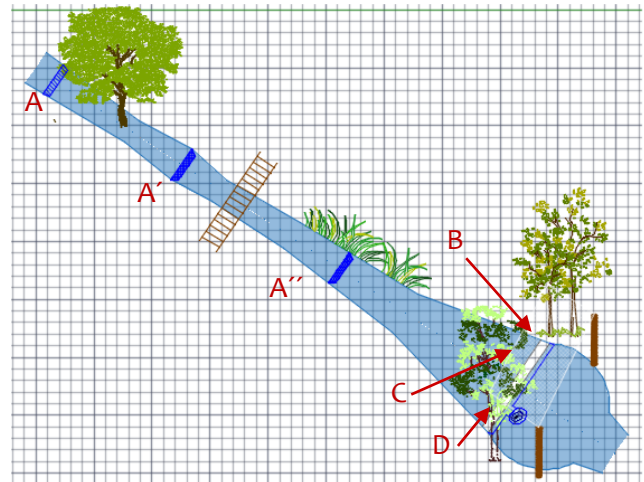
Componentes tradicionales	Componentes alternativos
1. Eje	1. Tubo de aluminio
2. Rodete de la turbina	2. Plato de bicicleta
3. Cangilones de la turbina	3. Tramos de tubo de PPR (copolímero aleatorio de polipropileno).
4. Carcasa	4. Cubo de plástico adaptado
5. Cámara de descarga	5. Ranuras en la parte inferior de la carcasa
6. Distribuidor	6. Sistema de canaletas
7. Inyector	7. Embudo
8. Generador	8. Generador
9. Baterías de almacenaje	9. Baterías de auto

El CAD (Computer Aided Design, Diseño Asistido por Computadora) fue la herramienta utilizada para diseñar los componentes del prototipo de micro-central hidroeléctrica, así como para representar de manera gráfica y a escala el sitio donde se pretende instalar.

En el diseño del sitio de instalación, el cual se observa en la imagen 2, se agregaron algunos accesorios para el mejor funcionamiento del sistema:

- A, A', A'' - Rejillas de retención de sólidos de distintos tamaños.
- B - Red atrapa hojas
- C - Canaletas para conducir el agua hacia la turbina
- D - Estructura de soporte y anclaje

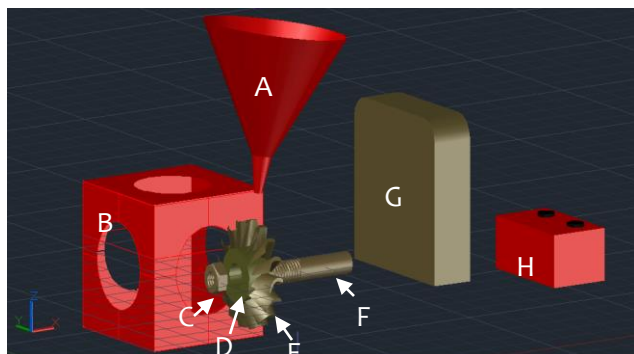
El espacio dónde se instalarán la micro-central hidroeléctrica y sus accesorios es un tramo de 30 m. de longitud y ancho variable del riachuelo.



**IMAGEN 2: Sitio de instalación y accesorios para el mejor funcionamiento del sistema.**

El diseño de los componentes de la micro-central hidroeléctrica consta de 8 elementos:

- A - Embudo / Inyector
- B - Cubo/ Carcasa y Cámara de Descarga
- C - Tuerca del eje
- D - Rodete
- E - Tramos de tubo PPR/ Cangilones
- F - Eje
- G - Generador
- H - Baterías de Almacenaje



**IMAGEN 3: Componentes de la micro-central hidroeléctrica.**

Debido a la corta distancia de la caída del agua se buscó la manera de maximizar la velocidad del líquido en el punto de entrada al sistema, se ideó la estrategia de instalar canaletas que conduzcan el agua hasta un embudo el cual llega a la turbina, se plantea la instalación de una serie de rejillas de retención para facilitar la recolección de residuos sólidos presentes en el área y también el de un tendido de redes tipo malla para interceptar a las hojas que caen de los árboles aledaños alrededor de la zona de captación de agua de micro-central hidroeléctrica. [10]

Con fundamento en lo anterior se hicieron los cálculos necesarios que se describen a continuación, resaltando primordialmente el valor máximo de la Potencia Hidráulica ( $P_{\text{Hidráulica}}$ ).

Datos:

v	-Velocidad:	5	m/s
A	-Área:	1.84	m <sup>2</sup>
Q	-Caudal:	9.2	m <sup>3</sup> /s
$\gamma$	-Peso específico del agua:	9810	N/m <sup>3</sup>
$\Delta H$	-Caída del agua:	0.3	m
$\eta$	-Eficiencia:	0.75	

Fórmulas:

$$Q = \text{Vel.} \cdot \text{Área}$$

$$P_{\text{hidráulico}} = (\gamma)(Q)(\Delta H)(\eta)$$

Resultados:

$$Q = 9.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_{\text{hidráulico}} = 20.306 \text{ kw}$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para determinar cuál es la mejor forma de generar energía por métodos alternos y poder mantener el objetivo de llevar energía eléctrica a un costo bajo

y de una manera simple a zonas que carecen de este servicio, se realizó un análisis sobre las energías renovables primarias y sus distintos métodos de aprovechamiento donde se obtuvo como resultado que la forma más factible de generación de energía es la hidráulica por medio de una micro-central hidroeléctrica.

De igual manera se evaluó el sitio para valorar el potencial del recurso hídrico con el objeto de determinar las características del sistema a implementar, donde se tomaron como criterios de elegibilidad el caudal, el salto de agua (desnivel o altura) y el cálculo de potencial hidroeléctrico. Además, se hicieron observaciones usando sistemas de información geográficas, como mapas aéreos [11] y por medio de trabajo de campo de la División de Ciencias e Ingenierías (DCI) de la Universidad de Guanajuato-Campus León.



**IMAGEN 4: Vista aérea de la División de Ciencias e Ingenierías (DCI) de la Universidad de Guanajuato-Campus León. La línea roja con puntos azules marca el cauce del riachuelo.**

En base a la evaluación y observación antes descritas se concluyó que DCI es un sitio adecuado para la implementación del prototipo ya que cumple con los requerimientos mínimos para realizar una prueba piloto.

Con respecto al diseño del prototipo se determinó que, por su simplicidad y componentes alternativos con respecto a otros sistemas, es la opción más viable a aplicar.

El proyecto es factible con base en los cálculos realizados, principalmente el de Potencia Hidráulica ya que refleja que se podrá generar una cantidad significativa de energía eléctrica durante un día promedio con tendencia a aumentar durante la temporada de lluvias. Debido a las características del prototipo este se categoriza

como una micro-central hidroeléctrica de acuerdo con el manual sobre energía renovable “Hidráulica a pequeña escala” del Programa de Fortalecimiento de la Capacidad en energía renovable para América Central del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. [12]

## CONCLUSIONES

Con base en el diseño, análisis de factibilidad y sitio propuesto para el prototipo de micro-central hidroeléctrica se considera conveniente la implementación del proyecto debido a que los resultados del análisis indican que tendrá un buen desempeño. Además, se recomienda que una vez puesto en funcionamiento se le dé seguimiento con el fin de aumentar su eficiencia para, posteriormente, ser llevado a las comunidades donde sea necesaria y factible su instalación.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer especialmente a la Universidad de Guanajuato por brindarme la oportunidad y el apoyo para participar este verano explorando el campo de la investigación, en el cual he aprendido mucho de mi tutora, la Dra. Danahe Marmolejo Correa, y descubierto intereses personales sobre distintas aplicaciones de mi carrera. Agradezco también a mi universidad, el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, por la formación académica y humana que me ha dado. A la Primera Zona Naval de la Secretaría de Marina por haberme permitido realizar esta instancia durante mis prácticas profesionales, y por forjar en mí el amor por la disciplina y el servicio. Así como a todas las excepcionales personas que he conocido en esta interesante travesía, y que de distintas formas han hecho mejor cada día, en la que no solo se enriqueció mi conocimiento científico, sino también mi bagaje cultural y mi forma de pensar, además de representar un crecimiento personal. Finalmente, a mi más grande apoyo, el de casa, mi familia.

## REFERENCIAS

- [1] Censo de Población y Vivienda 2010. Recuperado el 16 de junio de 2016 de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/>
- [2] Merelles, M. (2014, October 31). Luz en cada rincón de México. Constructor Eléctrico, Energy Management. Recuperado el 05 de Julio de 2016 de <https://constructorelectrico.com/luz-en-cada-rincon-de-mexico/>
- [3] Algunas clasificaciones del sector electricidad. (n.d.). Recuperado el 25 de junio de 2016 de <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/parque/electricidad.html>
- [4] Generación de energía eléctrica y medio ambiente. (n.d.). Recuperado el 29 de junio de 2016 de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/gacetas/367/energiamedio.html>
- [5] Central hidroeléctrica casera y económica - Ecocosas. (2011). Recuperado el 15 de junio de 2016 de <http://ecocosas.com/energias-renovables/438/>
- [6] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México)(2016). Anuario estadístico y geográfico de México 2015 / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. INEGI.
- [7] Schallenberg Rodríguez Julieta C. (2008). Energías renovables y eficiencia energética (Primera Edición). Santa Cruz de Tenerife: Instituto Tecnológico de Canarias.
- [8] Microcentral Hidroeléctrica | Construpedia, enciclopedia construcción. (n.d.). Recuperado el 17 de junio de 2016 de [http://www.construmatica.com/construpedia/Microcentral\\_Hidroeléctrica](http://www.construmatica.com/construpedia/Microcentral_Hidroeléctrica)
- [9] Nava Mastache, Arturo (2014). Selección y dimensionamiento de turbinas hidráulicas para centrales hidroeléctricas (Primera Edición). Universidad Nacional Autónoma de México Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, México, D.F. Facultad de Ingeniería.
- [10] Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) (2009). Guía Metodológica para el Establecimiento de Micro Centrales Hidroeléctricas en Áreas Rurales (Primera Edición). Tegucigalpa, Honduras. Hondupress Litografía
- [11] Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. Recuperado el 03 de julio de 2016 de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/denue/>
- [12] Biomass Users Network (BUN-CA) (2002). Manuales sobre energía renovable: Hidráulica a pequeña escala (Primera Edición). San José, C.R. Biomass Users Network.