

MODELADO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO CON BATERÍAS MECÁNICAS PARA LA REGIÓN FRONTERIZA MÉXICO/ESTADOS UNIDOS

MODELING AND SIMULATION OF A HYBRID SYSTEM WITH MECHANICAL BATTERIES FOR THE UNITED STATES/MEXICO BORDER REGION

López Herrera Hugo Francisco¹, Woocay Prieto Arturo², Parada González Mirella³

Doctorado en Ingeniería en Ciencias Ambientales, Tecnológico Nacional de México Campus Cd. Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación, E-mail: hugo.lh@cdjuarez.tecnm.mx Tel.: 656-688-2500. Av. Tecnológico 1340, Fuentes del Valle, C.P. 32500 Cd Juárez, Chih., México.

Doctorado en Ingeniería en Ciencias Ambientales, Tecnológico Nacional de México Campus Cd. Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación, E-mail: arturo.wp@cdjuarez.tecnm.mx Tel.: 656-688-2500. Av. Tecnológico 1340, Fuentes del Valle, C.P. 32500 Cd Juárez, Chih., México.

Maestría en Ciencias de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México Campus Cd. Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación, E-mail: mirella.pg@cdjuarez.tecnm.mx Tel.: 656-688-2500. Av. Tecnológico 1340, Fuentes del Valle, C.P. 32500 Cd Juárez, Chih., México.

Resumen -- El enorme crecimiento de la población mundial, así como el desarrollo industrial y las recientes tecnologías están demandando cada día más energía eléctrica. Esta energía es suministrada a partir de combustibles fósiles, pero su consumo ha traído consecuencias tales como la erosión y la contaminación del medio ambiente. Sin embargo, las nuevas tecnologías basadas en fuentes de energía renovables, tales como la transformación de radiación solar y la fuerza hidráulica en energía eléctrica ofrecen otras opciones.

Los objetivos principales de esta investigación son el definir la factibilidad tecnológica y geográfica para la generación de energía eléctrica a partir de celdas fotovoltaicas y baterías mecánicas en la frontera entre México/Estados Unidos, específicamente en el área de Ciudad Juárez/El Paso.

Además, se desarrolló un modelo de simulación utilizando el software EXTEND para poder evaluar la cantidad de energía eléctrica generada por las celdas fotovoltaicas y baterías mecánicas trabajando híbridamente como un sistema, suministrando la demanda eléctrica para una familia mexicana típica. Los cálculos matemáticos fueron realizados a partir de bases de datos meteorológicos, aunado con especificaciones comerciales de celdas fotovoltaicas y generadores hidráulicos de electricidad. Este modelo tiene la capacidad de realizar múltiples opciones como comparación, predicción, evaluación, etc.

Palabras Clave: energía renovable, modelos de simulación, baterías mecánicas.

Abstract -- The enormous grow in world population log with industry development and recent technologies are demanding more electrical energy every day. This energy is supplied from fossil fuels, but its consumption result in erosion and contamination of the environment. However, new hybrid systems technology based on renewable resources such as solar radiation

transformation and hydraulic power in electric energy offer other options.

The main objectives of this research are to define technological and geographic feasibility for electrical energy generation from photovoltaic cells and mechanical batteries on the Mexico/U.S border specifically in Ciudad Juarez/El Paso area.

Furthermore, a simulation model was developed using EXTEND software in order to evaluate electrical energy generated from photovoltaic cells and mechanical batteries working as an hybrid system, supplying the electric demand of Mexico standard family. In addition, mathematical calculations were made from meteorological data, and commercial specifications for photovoltaic cells and hydraulic generators. This model has the capability to perform multiple options such as comparisons, predictions, evaluations, etc.

Key words: renewable energy, simulation models, mechanical batteries

INTRODUCCIÓN

El consumo de combustibles fósiles no renovables en el mundo ha ido creciendo en forma alarmante y ha generado especulación y guerras infundadas por la hegemonía en la adquisición de petróleo, gas y otros combustibles no renovables. Por otra parte, a partir de inicios del siglo XX la generación de contaminantes atmosféricos como CO_x, NO_x y SO_x ha ocasionado que actualmente exista un desequilibrio ambiental y ecológico como el problema del cambio climático [2].

Frecuentemente, en México existen problemas económicos debido a los ajustes de precios del petróleo que afectan nuestra economía personal y nuestros salarios con devaluaciones e inflaciones que van más allá de los niveles propuestos o pre-establecidos por nuestros financieros. Esto justifica de manera incondicional la aplicación de tecnologías que no

utilicen o demanden de los energéticos de fuentes tradicionales no renovables.

Afortunadamente existen energías alternativas las cuales ya en algunos casos se han y se están implementando con éxito tales como automóviles híbridos, producción de corriente eléctrica a partir de grandes generadores eólicos, celdas fotovoltaicas las cuales las podemos encontrar, por ejemplo, en calculadoras solares así como en los cohetes espaciales [3], etc. Este proyecto se realizó para demostrar que con la tecnología existente y condiciones climatológicas propias de la región Ciudad Juárez/El Paso, y utilizando sistemas híbridos y tecnologías de punta combinados, se puede tener un futuro promisorio para la obtención de energía eléctrica sin ningún tipo de contaminación en el ambiente ni generación de residuos peligrosos.

En base a estudios e investigaciones previas se ha determinado que los sistemas híbridos en esta región son factibles de desarrollo tecnológico. Este proyecto se enfoca en la aplicación de fuentes de energía alternativa para la región Juárez/El Paso por medio de modelos de simulación teniendo en cuenta que existe gran radiación solar, así como la generación de aguas residuales a partir de uso doméstico y/o agrícola que en ocasiones tiene algún tipo de tratamiento primario o secundario [2].

El objetivo principal de este proyecto es el determinar la viabilidad geográfica y tecnológica para la generación de energía eléctrica mediante celdas fotovoltaicas y sus periféricos, así como baterías mecánicas en la región fronteriza entre México y Estados Unidos de América y específicamente en la región de Ciudad Juárez y El Paso TX. Otros objetivos son el determinar los parámetros de funcionalidad y operación para las celdas fotovoltaicas y baterías mecánicas y comparar los resultados obtenidos a partir del modelo desarrollado contra los parámetros de valores reales y obtener las conclusiones pertinentes.

En el aspecto de desarrollo tecnológico se desea elaborar un modelo de simulación para el sistema híbrido que permita evaluar la producción de energía eléctrica y determinar la viabilidad de poder generar este tipo de energía a partir de celdas fotovoltaicas y baterías mecánicas que a su vez puedan suministrar la energía eléctrica básica para una familia típica.

Mediante datos meteorológicos, así como especificaciones de equipos de conversión de energía solar a eléctrica, así como de hidráulica a eléctrica se procederá a calcular las necesidades prioritarias de energía eléctrica para una familia promedio y solventar estas de manera limpia sin contaminación ambiental ni consumo de combustibles fósiles [1]. Finalmente se evaluará el sistema híbrido Celdas Fotovoltaicas/Baterías Mecánicas propuesto para poder hacer los

comentarios y recomendaciones pertinentes acerca de la viabilidad geográfica y tecnológica para la implementación del sistema.

DESARROLLO

Estructura del modelo

El sistema propuesto únicamente utilizara los recursos naturales inagotables o renovables que existen en nuestro planeta y que puedan garantizar un futuro prometedor libre de contaminantes y consumos innecesarios de combustibles fósiles, para las generaciones futuras. La figura 1, muestra un diagrama a bloques en forma general del sistema híbrido propuesto Celda Fotovoltaica/Batería Mecánica.

En este diagrama se puede observar que, durante el día, la radiación solar (energía solar) existente es transformada a energía eléctrica mediante celdas fotovoltaicas teniendo en cuenta que; cuando la luz solar incide en una celda sola esta puede ser: reflejada, absorbida o pasar a través de esta. No obstante, solo aquella luz absorbida es la que va a generar electricidad [4] que será utilizada en servicios de la vivienda y posteriormente por las bombas eléctricas que a su vez elevaran las aguas residuales, las cuales son depositadas en un tanque elevado de almacenamiento. Una vez realizado lo anteriormente expuesto, del tanque de almacenamiento se liberará el agua para que finalmente se genere energía eléctrica en la noche por medio de las Baterías Mecánicas (generadores hidráulicos).

La generación por medio de plantas hidroeléctricas es una de las formas más elementales para la generación de energía eléctrica, que aprovecha las caídas naturales y flujos de agua (energías cinética y potencial [6]). Por otra parte, las baterías mecánicas generan energía hidroeléctrica que es el termino relacionado a la electricidad generada a través del uso de la fuerza gravitacional de la caída o el flujo de este líquido. Es la forma más utilizada de las energías renovables, que representan el 16% de la producción mundial de electricidad - 3.427 terawatts-hora de la producción de electricidad en 2010, y se espera que aumente aproximadamente un 3.1% cada año durante los próximos 25 años [7]. En general la utilización de energía hidráulica a baja escala puede ser utilizada mediante generadores eléctricos pequeños para la producción de energía eléctrica [9]. Para este proyecto de investigación se utilizaron micro generadores tipo Pelton.

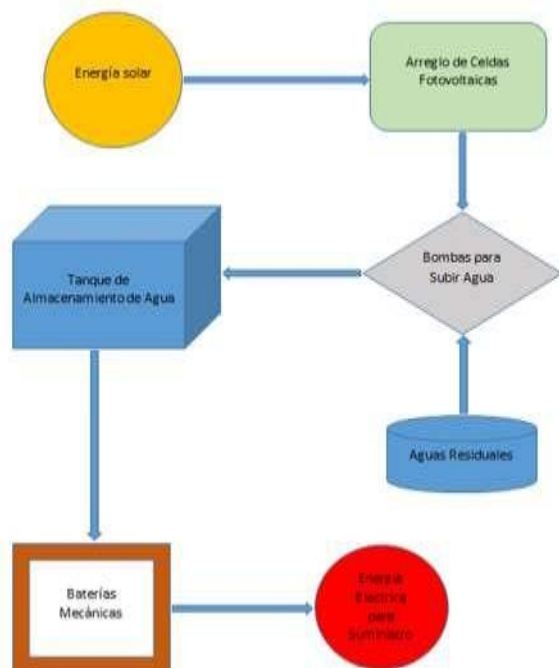


Figura 1. Sistema híbrido propuesto.
Fuente: Elaboración propia.

El modelo de simulación de energía renovable que se presenta está basado en conceptos teóricos de funcionamiento de equipos de conversión de energía, así como especificaciones de aparatos existentes en el mercado actual. Los equipos y aparatos seleccionados para el diseño del modelo de simulación fueron seleccionados de entre diferentes marcas y características a aquellos que ofrecieran mayores ventajas (las características de los equipos y aparatos seleccionados se encuentran en las especificaciones del fabricante).

Para determinar la cantidad de energía eléctrica que debe generar el sistema se seleccionó a una familia de cuatro miembros, es decir padre, madre y dos hijos.

La tabla 1, muestra los consumos promedio para los electrodomésticos que se seleccionaron para determinar la demanda de energía eléctrica, así como su utilización diaria, semanal, mensual o anual. Esta demanda de electricidad es considerada como la mínima cantidad de energía que debe ser generada por el sistema híbrido. Un factor de consumo del 66% es considerado debido a que todos los electrodomésticos no están siendo utilizados al mismo tiempo.

Por otra parte, se puede considerar que la estufa y el calentador de agua pueden trabajar con gas. El equipo seleccionado para la simulación debe generar la cantidad de electricidad necesaria para suplir la demanda de corriente establecida.

Tabla 1. Demanda de energía

Electrodoméstico	Descripción y utilización	Consumo Watts	Cantidad	Total Watts
Lámparas	Lámparas Fluorescentes consumo promedio muy bajo eventualmente prendidas	25	6	150
Refrigerador	Pequeño y se utiliza todo el año	200	1	200
Ventilador	Únicamente se utiliza en verano en las recamaras y el comedor	80	3	240
Televisión	Portátil pequeña	80	1	80
Radio	Dos pequeños radios y un despertador	20	2	40
Lavadora	Muy pequeña manual y utilizada dos veces por semana	120	1	120
Plancha	Utilizada una vez por semana	300	1	300
Batidora	Una vez por día	200	1	200

CARGA TOTAL = 1330 watts

Fuente: Elaboración propia.

Para poder expresar el consumo promedio por hora es necesario considerar un factor de demanda de 0.66 (66% de consumo promedio del consumo total). Consumo promedio por hora = $0.66 \times 1330 = 0.8778$ kwhr.

Las cantidades de energía requerida y de generación de cada subsistema están directamente relacionadas con las características y especificaciones de fabricante del equipo y las necesidades de suministro.

Como se sabe la radiación del sol es infinita e inagotable y no hay problema en cuanto a su captación por las celdas fotovoltaicas. La energía generada por los paneles solares debe ser suficiente para poder energizar las bombas, las cuales deben subir a cierto nivel de altura el agua. El agua en estanque elevado debe ser suficiente para que, a su caída, las micro turbinas puedan generar energía eléctrica.

Finalmente, la energía eléctrica se utilizará por la noche y servirá para algunas horas de suministro eléctrico a una vivienda de tipo social. Cabe hacer notar que en caso de que haya exceso de energía eléctrica generada por los paneles solares, esta se almacenara en baterías para su posterior uso nocturno. Se pretende que este sea un sistema cerrado con pérdidas mínimas de energía y a la vanguardia de las tecnologías limpias. Como se mencionó anteriormente los conceptos teóricos y tecnológicos del equipo utilizado fueron considerados; como ejemplo tenemos las micro turbinas utilizadas como generadores en los cuales la frecuencia es determinada por la velocidad de rotación del eje; rotación más rápida produce una frecuencia superior [11]. Se ha comprobado experimentalmente [12] que algunos sistemas micro hidroeléctricos tienen las siguientes eficiencias.

Tubería=95%; Diámetro (nariz) y flujo=80%; Alternador de magneto permanente=90%; Generador de CD=80%; Control y alambrado=98%

En el proceso de bombeo de agua para su reutilización en un sistema de malla cerrada se ha encontrado que las eficiencias tienen los siguientes valores.

Tubería = 95%

Bomba (motor e impeedor) = 65%
(desde abajo) $0.95 \times 0.65 \times 0.67 = 0.41$

Esto significa que solamente el 41% del agua puede ser retornada por el sistema mismo

Descripción del modelo de los bloques de simulación

La simulación realizada con el software EXTEND consiste de múltiples bloques capaces de realizar diferentes funciones, operaciones matemáticas, así como selección de valores [13].

Estos bloques también interactúan entre sí para realizar operaciones simultáneas e intercambiar información de uno a otro. Este modelo es capaz de general diversas salidas (output) a partir de entradas seleccionadas previamente a través de la realización de múltiples operaciones aritméticas y secuenciales.

La figura.2 muestra el modelo de simulación, así como las diferentes interacciones entre los bloques jerárquicos denominados subsistemas. Es de gran importancia hacer notar que este modelo no está perfeccionado, es decir es factible de mejoras posteriores.

Todos los cálculos de conversión de energía, así como la selección del equipo utilizada para el modelo, se fundamentó en poder generar o suplir la demanda de corriente eléctrica básica para una casa pequeña de la región.

El equipo seleccionado para la simulación genera la cantidad de electricidad necesarios para suplir la demanda de corriente establecida por un periodo de tiempo definido por la cantidad de equipo instalado.

Por otra parte, con EXTEND es posible diseñar modelos rápidamente ya que contiene una gran cantidad de bloques que permite al diseñador tener flexibilidad y múltiples opciones, ya que se pueden construir “jerárquicos” [13] (bloques para funciones especiales o múltiples funciones) sin necesidad de tener que resolver ecuaciones complicadas en forma aislada.

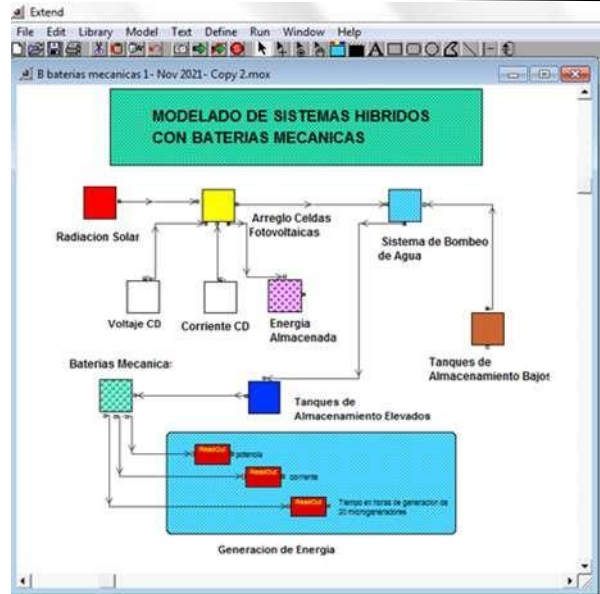


Figura.2. Modelo de Simulación.
Fuente: Elaboración propia.

Este simulador también contiene un editor de ecuaciones, que puede combinar varias funciones dentro de un solo bloque llamado “jerárquico”. Por ejemplo, se pueden utilizar tablas numéricas como entradas que a su vez pueden ser graficadas.

La figura.3 muestra el bloque denominado Radiación Solar el cual es en realidad una tabla de valores x-y y en el bloque Solar Radiation que es un graficador, también se observa el bloque Con1Out, el cual es un conector de salida que es utilizado como entrada a otro bloque del sistema, estos últimos bloques nos permiten interconectar salidas con entradas de diversas partes (subsistemas) del sistema general evitando así tener demasiadas terminales en el modelo general y hacerlo más práctico y sencillo.

Pueden observarse en la figura.4 los valores numéricos contenidos en el bloque Sunlight, y en la figura.5 se observa el graficador con la traza de los valores contenidos en la tabla o bloque Sunlight.

Para poder diseñar el modelo, fue necesario comprender totalmente el funcionamiento integral del sistema, el cual puede resumirse como un conjunto de subsistemas con entradas y salidas, los cuales están interactuando mutuamente para poder tener un sistema integral que ofrezca una diversidad de parámetros factibles de acceso para posibles modificaciones al mismo.

Estos subsistemas, representados como bloques jerárquicos en el modelo son:

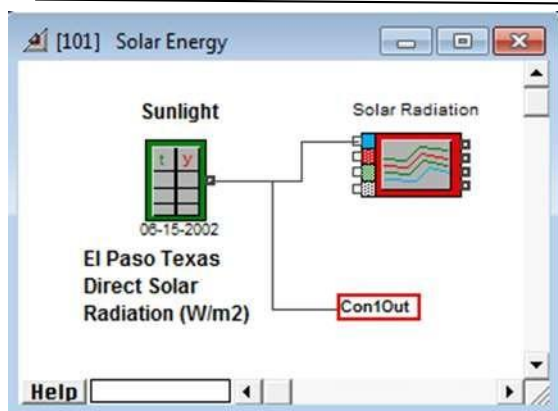


Figura.3. Bloque Sunlight y Solar Radiation.
Fuente: Elaboración propia.

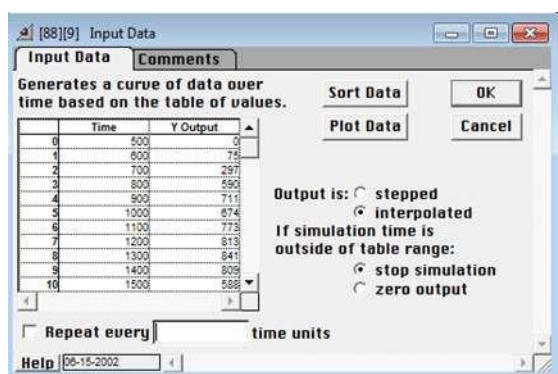


Figura.4. Valores numéricos del bloque Sunlight.
Fuente: Elaboración propia.

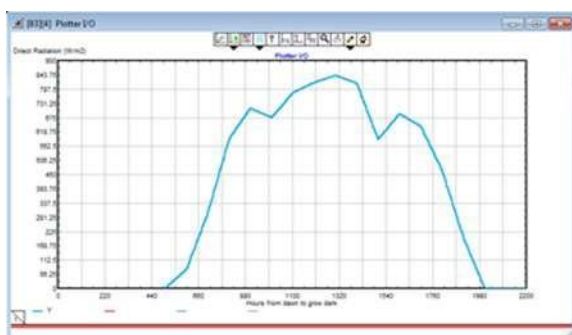


Figura.5. Graficador mostrando los valores del bloque Sunlight.
Fuente: Elaboración propia.

- Energía Solar- Es la fuente principal de alimentación del sistema y no requiere limitaciones de ningún tipo.
- Arreglo de Celdas Fotovoltaicas- Deberá generar corriente eléctrica en cantidad suficiente para todo el sistema. La energía sobrante en algunos casos se almacenará para uso posterior, los cuales serán monitoreados constantemente
- Bombas de Agua- Sistema con pequeñas bombas capaces de elevar a cierto nivel el agua.
- Tanque de aguas Residuales-Sumministra al sistema de bombeo con el agua a nivel de piso o inferior

- Tanque de Agua Elevada- Almacena el agua suficiente para suministro de las micro turbinas.
- Baterías Mecánicas- Son las micro turbinas y todos los periféricos (tubería, torque, especificaciones, etc.).
- Generación de Energía- Corriente eléctrica generada por todo el sistema.

Debido a que el objetivo de este simulador es fundamentalmente el demostrar la eficiencia de los dispositivos existentes, así como la implementación de tecnología de punta para la creación de sistemas híbridos capaces de generar energía [14], se debieron de hacer varias pruebas del modelo, así como comprobar resultados. Después de realizar varias operaciones con el modelo propuesto, se procedió a considerar algunos resultados como entradas y otros como información previa para ser utilizada en los pasos subsiguientes. Las consideraciones de valores fijos fueron establecidas de manuales y características de operación de los equipos seleccionados.

En este rubro cabe hacer mención que existen múltiples opciones para esta selección de equipo y dentro de esas opciones algunos de ellos pueden ofrecer más ventajas que otros. Los resultados obtenidos con los datos considerados se muestran a lo largo de toda la simulación ya que aparecen en los pequeños bloques ReadOut. Algunos de los resultados obtenidos a lo largo del proceso son: Como ejemplo se muestra el bloque Generación de Energía, el cual contiene tres de estos bloques figura.6.

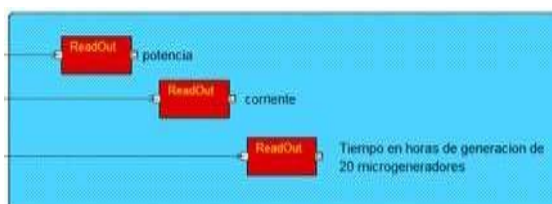


Figura.6. Bloque generación de energía.
Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La prueba del modelo se realizó mediante varias corridas del programa con diferentes valores. En cada una de las corridas se verificaron y algunos valores fueron cambiados para la operación más simple del mismo [15]. Una vez considerados los valores seleccionados para la simulación se procedió a analizar los resultados para poder tener conclusiones acerca de la viabilidad práctica del modelo.

Una vez desarrollado el modelo se procedió a probarlo con los datos y resultados que se presentan a continuación.

Entradas con valores de especificaciones y valores considerados:

- Radiación solar- 14 horas.
- Celdas fotovoltaicas (potencia) – 45.9 watts.
- Corriente directa (DC) generada por unidad de micro generador – 3.75 amps.
- Voltaje (DC) - 12 volts.
- Temperatura y presión atmosférica - condiciones STP.
- Presión en el tanque de almacenamiento – STP.
- Tiempo de operación - 10 horas.

Resultados de la salida de sistema de bombeo de agua:

- Potencia total generada durante 12 horas (120 VAC) - 303.22 watts.
- Voltaje salida del convertidor - 120 VAC.
- Eficiencia de 3 bombas - 0.935.
- Tiempo en horas requerido para elevar 2000 lts de agua – 1.1 horas.
- Litros elevados por hora por el sistema – 1681.56 lts.

Resultados de Baterías Mecánicas:

- Voltaje generado- 12 volts CD.
- Potencia generada por 20 microgeneradores - 70 watts.
- Corriente- 5 amps.
- Tiempo de generación- 3.5 horas.

En la simulación se estiman 16,845 litros de agua que son elevados a una altura de 3 mts. Lo cual se realiza en un periodo de 10 horas y también se cuenta con la instalación de 20 micro generadores funcionando. Con estas cantidades tan solo el sistema sería capaz de generar 70 watts durante 3.5 horas. Como se observa esta pequeña potencia generada solamente sería capaz de cargar algunas baterías automotrices.

Por lo tanto, una forma eficiente para el funcionamiento de sistemas similares sería posible donde existen grandes caudales de agua (ríos o cascadas) o por otra parte mediante la utilización de aguas residuales. También se debería de tener un recipiente de agua elevada para retener varios miles de litros.

El aspecto socio-económico no se consideró debido a que el proyecto fue únicamente desarrollado en el campo de la ingeniería, corresponderá a estudios posteriores hacer el análisis socio-económico para determinar la factibilidad económica del mismo. Por otra parte organismos descentralizados o gubernamentales podrán apoyar proyectos de esta índole con el fin de promover la ciencia y tecnología en nuestro país.

CONCLUSIONES

Como es sabido los modelos de simulación son una aproximación a los sistemas del mundo real. Gracias a los avances tecnológicos y científicos es posible tener paquetería de simulación en software diverso, así como computadoras PC de alta capacidad. Este proyecto significa un esfuerzo por evaluar la posibilidad de generar energía en la zona norte del país a partir de fuentes alternas.

La tecnología ha implementado dispositivos para conversión de energía diversos tales como:

- Transformar la energía solar en energía eléctrica mediante celdas fotovoltaicas.
- Utilizar la energía eléctrica para funcionamiento de bombas hidráulicas.
- Utilizar caídas de agua para la generación de energía eléctrica mediante micro generadores conocidos actualmente como baterías mecánicas.
- Utilizar proyecciones para visualizar y estimar a partir del modelo original a pequeña escala, diferentes opciones de generación o sistemas macro.

Desafortunadamente, se ha determinado que ninguna de las tecnologías propuestas por si sola es capaz de resolver el problema de generación de energía. Sin embargo, mediante los sistemas híbridos se ha encontrado que existen nuevas alternativas de solución que son viables; por ejemplo, el sistema propuesto genera energía eléctrica constante durante al menos 10 horas de luz solar y podría activar múltiples bombas de agua, sin embargo esto requeriría elevar grandes cantidades de agua, que a su vez deben ser capaces de generar corrientes considerables

Este proyecto arroja resultados altamente satisfactorios ya que mediante energía solar y aguas residuales de la región sería posible generar energía suficiente para viviendas rurales o zonas urbanas modestas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Environmental Science and Engineering. J. Glynn Henry and Gary W. Heinke. Prentice Hall 1998
2. Modeling complex dispersed energy and clean water systems for the U.S./Mexico border. Hugo Francisco Lopez Herrera. (January 1, 2006). ETD Collection for University of Texas, El Paso. Paper: AAI3242130.:<http://digitalcommons.utep.edu/dissertations/AAI3242130>
3. LedSolar, Celdas fotovoltaicas que son y cómo funcionan;<https://www.ledsolar.com.mx/celdas-fotovoltaicas-y-paneles-solares/>--consultado 13 de agosto 2021

4. PanelFotovoltaico:https://es.wikipedia.org/wiki/Panel_fotovoltaico -- consultado 20 de agosto 2021
5. Energía Hidráulica: http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_hidr%C3%A1ulica -- consultado 20 de agosto 2021
6. La Agencia para los Proyectos de Investigación Avanzada para la Defensa es la organización central para la investigación y desarrollo del Departamento de Defensa (DoD) de EEUU
7. Engenharia de Recursos Hídricos. Ray K.Linsley & Joseph B. Franzini. Editora da Universidad de Sao Paulo e Editora McGraw-Hill do Brasil, Ltda. 1978
8. Handbook of Applied Hydraulics. Library of Congress Catalog Card Number 67-25809.
9. The Mechanical Battery, New Mind: https://www.youtube.com/watch?v=_QLEERY5C8&ab_channel=NewMind---consultado 25 de agosto de 2021
10. United States Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy: <http://energy.gov/eere/office-energy-efficiency-renewable-energy>---consultado el 4 de septiembre de 2021
11. An Introduccion to Hydropower Concepts and Planning: <http://www.asociatiamhc.ro/wp-content/uploads/2013/11/Guide-to-Hydropower.pdf>--consultado el 10 de septiembre de 2021
12. Research Gate, Conceptual Design of Solar-micro Hydro Power to Increase Conversion Efficiency for Supporting Remote Tribal Community of Bangladesh: https://www.researchgate.net/publication/290394115_Conceptual_Design_of_Solar-micro_Hydro_Power_Plant_to_Increase_Conversion_Efficiency_for_Supporting_Remote_Tribal_Community_of_Bangladesh ---consultado el 12 de septiembre de 2021
13. Extend, Professional simulation tools, Version 5 User's Guide, Imagine That, Inc. • 6830 Via Del Oro, Suite 230 • San Jose, CA 95119 USA
14. Dimensionamiento de Sistemas Híbridos de Generacion de Energia: https://www.researchgate.net/publication/321170485_Dimensionamiento_de_Sistemas_Hibridos_de_Generacion_de_Energia---consultado el 17 de septiembre de 2021
15. Validacion de modelos de simulación, Metodologia de simulacion: https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/1557/03.METODOLOGIA_SIMULACION.pdf?sequence=4---consultado el 22 de octubre de 2021.

ROL DE CONTRIBUCION	AUTOR (ES)
Conceptualización	Hugo Francisco López Herrera
Curación de datos	Hugo Francisco López Herrera Arturo Wookay Prieto <<igual>> Mirella Parada González <<apoya>>
Metodología	Hugo Francisco López Herrera <<principal>> Arturo Wookay Prieto <<igual>>
Administración del proyecto	Arturo Wookay Prieto <<principal>> Mirella Parada González <<apoya>>
Recursos	Hugo Francisco López Herrera <<principal>> Mirella Parada González <<apoya>>
Software	Hugo Francisco López Herrera <<principal>> Arturo Wookay Prieto <<apoya>>
Supervisión	Mirella Parada González Arturo Wookay Prieto <<apoya>>
Validación	Hugo Francisco López Herrera Mirella Parada González <<apoya>>
Visualización	Hugo Francisco López Herrera Mirella Parada González <<apoya>>
Redacción	Mirella Parada González <<principal>> Arturo Wookay Prieto <<apoya>>
Redacción	Hugo Francisco López Herrera <<principal>> Mirella Parada González <<igual>> Arturo Wookay Prieto <<apoya>>



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.