

# INCORPORACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA RENOVABLE INTERMITENTE EN LA MATRIZ DE GENERACIÓN DEL SISTEMA AISLADO DE LA ISLA DE UTILA, HONDURAS

*Incorporation of intermittent renewable energy in to the stand alone Grid generation matrix of Utila island, Honduras*

**David Enrique Lagos Figueroa**

Mtr. en Gestión de Mercados Eléctricos Regulados  
davidlagosfigueroa@gmail.com

**Edwin Manolo Tock Amézquita**

Mtr. en Ingeniería Administrativa  
manolo\_tock@hotmail.com

Recibido: 23 de abril de 2023 | Revisado: 23 de mayo de 2024 | Aprobado: 8 de julio de 2024

## Resumen

Utila es una isla del caribe hondureño, su demanda de energía eléctrica es cubierta por generación a base de motores diésel. Esta situación provoca que el comportamiento del costo de la energía eléctrica sea tan volátil como el cambio de precio de los hidrocarburos. Esta investigación propone una matriz de generación de energía eléctrica con la incorporación de energías renovables para obtener un costo de kWh menos dependiente de la variación de precios de los hidrocarburos, sin comprometer la calidad del servicio.

Evaluando las fuentes renovables de la isla y con la ayuda del software Homer, se propone una matriz con el 70 % de participación de fuentes renovables solar y eólica, así como la utilización de almacenamiento que reduce a un tercio el consumo de diésel, mantiene un costo nivelado de la energía y la variación del costo del kWh y es menos susceptible al cambio del precio del diésel.

## Palabras clave

Energía renovable, sistema aislado, micro red, programa Homer, isla.

## Abstract

*Utila is an island in the Honduran Caribbean, its electrical energy demand is being covered by diesel engines. This causes the electrical energy cost fluctuation to be as volatile as the change in the price of hydrocarbons.*

*This research seeks to propose an electrical power generation matrix with the renewable energies incorporation to obtain a kWh cost less dependent on the variation in hydrocarbon prices, without compromising the service quality.*

*Evaluating the island renewable sources with the help of the Homer software, a matrix is proposed with 70% participation of renewable sources (solar and wind) and storage, which reduces diesel consumption to a third, maintains a leveled cost of energy and kWh cost variation is less susceptible to diesel price.*

## Keywords

*Renewable energy, micro grid, stand alone, HOMER software, island.*

## Introducción

Muchas comunidades aisladas satisfacen su demanda de energía eléctrica con motores de combustión interna por su versatilidad, confiabilidad y disponibilidad en toda época del año. La desventaja de estos sistemas es la volatilidad de los precios del combustible fósil que incide de manera directa en el costo del kWh (Bhandari, 2013).

Esta situación la afronta la isla de Utila, en el caribe hondureño, ya que, para mitigar esta incertidumbre de precios, planifica integrar energías renovables variables en su matriz de generación.

Como punto de partida se realiza el levantamiento de las fuentes renovables con potencial de aprovechamiento comercial, se estima su generación de energía anual y para finalizar se utiliza el programa Homer para desarrollar una matriz de generación con alta participación de energía renovable variable (Zhu, 2018).

La matriz resultante alcanza un 70 % de participación de energía renovable variable y reduce el consumo de combustible a un tercio, sin desmejorar la calidad de la energía suministrada.

## Desarrollo del estudio

El enfoque del estudio realizado es mixto, ya que parte de las variables relacionadas con los recursos existentes en la isla que se pueden expresar o medir con números; así como la dirección del viento que solo se expresa con orientaciones. Esta investigación tiene un alcance descriptivo, ya que se compara el comportamiento del sistema aislado con diferentes porcentajes de participación de las energías renovables variables.

Su diseño abarca en fases, primero la revisión de la literatura existente, después la determinación de las fuentes de energía renovable que hay en la isla con la evaluación de su potencial, pasando a la

tercera fase que corresponde al desarrollo de las posibles matrices de generación, y finaliza en la implementación de un programa digital para obtener la matriz de generación óptima para Utila.

Al finalizar todas las fases de la investigación se obtiene un escenario con un porcentaje de participación de energía renovable variable muy por arriba del 50 %, lo que permite un costo de generación que sea menos variable con el cambio de los precios del combustible (IEA 2022).

## Resultados obtenidos

Utila es una isla con una superficie de 44 km<sup>2</sup> y, las microcuencas son inexistentes por lo que no se puede utilizar tecnología para aprovechamientos hidráulicos; alrededor de la isla hay áreas protegidas por lo que no se permite la implementación de tecnología mareomotriz y no es bien visto por las autoridades la quema de desechos orgánicos.

Los datos para evaluar el recurso del viento se obtienen del monitoreo de doce meses, instalando un anemómetro en un mástil a 10 y 20 metros de altura, para registrar cada cinco minutos la velocidad y dirección del viento. La evaluación de estos datos se presenta en la sección de resultados.

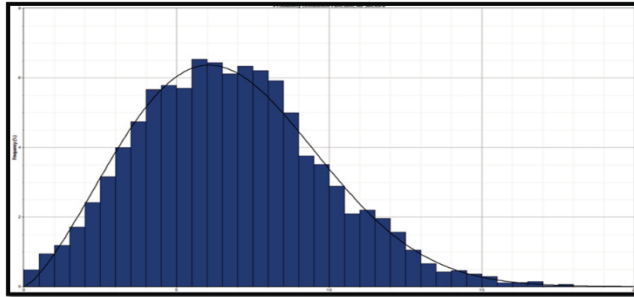
En el mismo período se registra el comportamiento de la demanda de potencia de la isla, estos resultados se muestran de manera condensada en la figura 2.

Con toda la información recopilada se plantean tres escenarios para ser evaluados:

1. Con un solo generador diésel existente.
2. El caso del costo más bajo, resulta en el costo actual neto más bajo.
3. El caso de mayor integración de energías renovables, con la incorporación de un sistema de almacenamiento de energía (Afzal, 2023).

**Figura 1.**

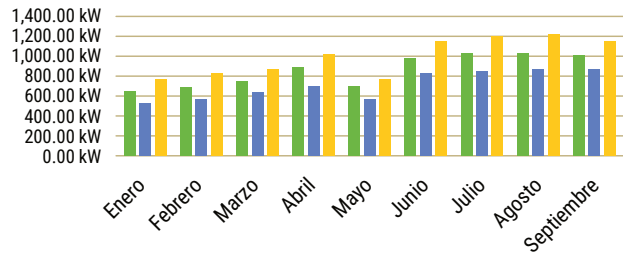
*Distribución de Weibull para las mediciones de viento en Utila*



*Nota.* La figura muestra la distribución de Weibull para las condiciones de Utila  $k=2.38$  y  $C=7.36$  m/s. Gráfico obtenido mediante Windographer.

**Figura 2.**

*Comportamiento de la demanda en Utila*



*Nota.* La figura muestra un resumen del comportamiento de la demanda de la isla de Utila. Elaboración propia.

La evaluación de los tres casos se puede observar en las tablas 1 y 2.

**Tabla 1.**

*Capacidad instalada y de generación por tecnología*

Escenario	Capacidad instalada				Producción anual		
	Solar (kW)	Eólica (kW)	Diesel (kW)	Batería (kW)	Solar (kW)	Eólica (kW)	Diesel (kW)
Escenario 1			1,280				4,854
Escenario 2	1,920	330	1,280		3,064	554	2,822
Escenario 3	1,750	660	1,280	4,759	2,553	2,214	1,417

*Nota.* La tabla muestra la capacidad instalada en cada escenario propuesto por cada una de las tecnologías y su energía generada al año. Elaboración propia.

**Tabla 2.**

*Inversiones necesarias por escenario propuesto*

	Demanda GWh/año	Costo del Diesel US\$/l	Inversión millones US\$	Diesel millones US\$	LCOE US\$/kWh
Escenario 1	4,854	1.1	2.15	20.38	0.3435
Escenario 2	4,854	1.1	2.15	12.23	0.3209
Escenario 3	4,854	1.1	5.5	6.13	0.3236

*Nota.* La tabla muestra la inversión necesaria para implementar cada escenario propuesto y el consumo de diésel que conlleva. Elaboración propia.

El caso de mayor penetración de energías renovables se logra al incrementar la capacidad de almacenamiento, lo que a su vez permite aumentar la capacidad de generación eólica.

La participación de potencia instalada, sin considerar el almacenaje, es 70 % y la energía renovable generada dividida por la energía total, es una medida de penetración relacionada con la energía generada, que se describe como la proporción de la carga de energía de un determinado período que se suministra a partir de energía renovable variable, sobre la totalidad de energía generada, en el caso con mayor penetración es de un 77 %.

Una comparación entre estas dos medidas muestra el impacto de agregar almacenamiento, lo que permite una mayor capacidad eólica y una sustitución de la generación diésel, reducción a un tercio de la generación actual, por energía suministrada por baterías en ciertos momentos en los que puede complementar las fuentes renovables, en particular la eólica en horas valle.

## Discusión de resultados

Tomando en consideración todas las condiciones técnicas, legales, geográficas, ambientales y sociales, se determina que en la isla de Utila las tecnologías para el aprovechamiento de las energías renovables de manera comercial son la solar fotovoltaica y la eólica, como se muestra en la tabla 1. Para calcular el potencial de los recursos renovables existentes en la isla se usan mediciones del viento por medio de

anemómetros, que luego se condensan para aplicar una distribución de Weibull como se muestra en la figura 1.

Con la ayuda del programa Homer, se estima la producción de cada tecnología y las entrelaza con la demanda para determinar la contribución idónea (Dykes, 2017).

Después de analizar los tres escenarios propuestos, se determina que la penetración de energía renovable variable puede llegar hasta un 77 % del total de la energía demandada por la isla, con una potencia instalada del 70 %, como muestran en las tablas 1 y 2, logrando un costo nivelado de energía menor al del escenario de solo utilizar diésel.

## Conclusiones

1. La disponibilidad de fuentes de energías renovables en Utila, al igual que muchas islas pequeñas alrededor del mundo, se ve limitada por condiciones legales, condiciones ambientales, escasos recursos hídricos y la topografía. Por tal motivo, las tecnologías solar y eólica pueden ser implementadas de manera comercial.
2. Desde la perspectiva técnica, es viable implementar las energías renovables variables en sistemas interconectados ya sean pequeños o grandes. También se pueden lograr precios estables y competitivos sin comprometer la calidad de la energía suministrada.
3. Implementar modelos de generación de energía eléctrica con alta participación de energías renovables variables, solo es posible por medio de la utilización de un sistema de almacenamiento de energía con respuesta inmediata y un controlador electrónico que administre el sistema. Toda la estructuración anterior se logra con la ayuda de programas que consideran todas las variables involucradas, desde las fuentes de energías renovables autóctonas, así como por los

costos de implementación, costos de operación y mantenimiento y características técnicas de los equipos considerados.

## Recomendaciones

1. A La Secretaría de Energía de Honduras se le recomienda realizar el levantamiento del potencial de las diferentes fuentes de energía renovable en los departamentos de Islas de la Bahía y Gracias a Dios.

## Referencias

- Bhandari, Y., Chalise, S., Sternhagen, J. & Tonkoski, R. (2013). Reducing fuel consumption in microgrids using PV, batteries, and generator cycling. *IEEE International Conference on Electro-Information Technology, EIT 2013*. 1-4.
- Afzal, A. B., Iqbal, F., & Rafat, Y. (2023). Design and Optimization of a Campus Microgrid using the HOMER Simulator. *International Conference on Recent Advances in Electrical, Electronics & Digital Healthcare Technologies (REEDCON)*, New Delhi, India, 577-582.
- Zhu, X., Xia, M. & Chiang, H. Coordinated sectional droop charging control for EV aggregator enhancing frequency stability of microgrid with high penetration of renewable energy sources. *Applied Energy*, 210, 936-943.
- Dykes, K., Hand, M., Stehly, T., Veers, P., Robinson, M. & Lantz, E. (2017). *Enabling the SMART wind power plant of the future through science-based innovation*. National Renewable Energy Laboratory. <https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/68123.pdf>
- IEA (2022), *Renewables*, IEA, Paris. <https://www.iea.org/reports/renewables>

### **Información de los autores**

Ingeniero Mecánico Industrial, David Enrique Lagos Figueroa, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras 1992.

Master en Administración de Empresas, Universidad Católica de Honduras 1999.

Maestro en Gestión de Mercados Eléctricos Regulados, Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala. 2023

Afiliación laboral: Compañía de Energías Renovables COERSA.

Ingeniero Mecánico, Manolo Tock Amezquita, Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala (2006). Master en Ingeniería Administrativa, Universidad Rafael Landívar (2013).