DISEÑO PRELIMINAR DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE SUMINISTRO DE ENERGÍA DOMÉSTICA PARA UNA COMUNIDAD AISLADA EN BASE AL MODELADO EN EL SOFTWARE HOMER

Pablo Tagle Salazar (1), Jorge Duque-Rivera (2)
Facultad en Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01.5863. Guayaquil-Ecuador
ptagle@espol.edu.ec (1), jduque@espol.edu.ec (2)

Resumen

El presente trabajo presenta un análisis de pre-factibilidad de un sistema de generación de energía para satisfacer la demanda residencial en una pequeña comunidad isleña ubicada en el golfo de Guayaquil, usando HOMER como una herramienta de optimización. La comunidad actualmente cuenta con un generador diesel que se encuentra fuera de servicio, el mismo que suministraba energía a los hogares y al alumbrado público. Dicha comunidad desea contar con un sistema de suministro de energía confiable y amigable con el medio ambiente con la intención de usar el eco-turismo como una fuente de ingresos. Los datos meteorológicos son carentes dentro de la comuna, y está basada en experiencia anecdótica de que el viento en el sitio es fuerte durante las noches de verano. Los datos de radiación solar y velocidad del viento fueron tomados de una estación meteorológica ubicada en Guayaquil, ciudad que se encuentra relativamente cercana a la localidad. La comunidad cuenta con una población de 650 personas y 85 viviendas. La demanda doméstica es categorizada en 2 tipos de casa modelo. HOMER fue usado para modelar los sistemas de generación para 5 tipos de demandas diferentes variando la proporción de casas modelo. La selección del sistema está basada en optimización de energía y costos junto a un bajo consumo de diesel y exceso de energía. Un análisis de sensibilidad de los recursos solares y eólicos es incluido por la falta de datos fiables de la velocidad del viento e irradiación solar. La expansión del sistema debido al crecimiento poblacional y de la demanda es considerada en el análisis con un proyecto de 25 años de duración.

Palabras clave: energía sustentable, paneles fotovoltaicos, turbinas eólicas, generadores diesel, optimización, HOMER

Abstract

Reliable energy provision to poor island communities is a challenging problem, particularly in developing countries. This paper presents a pre-feasibility analysis of a wind-solar-diesel electricity generation system to satisfy residential demand in a small, poor island community located in the Gulf of Guayaquil in Ecuador, using HOMER as an analysis tool. The community currently has unreliable diesel generated electricity that energizes homes and street lights, but wishes to replace it with renewable sources as they see that these sources are more aligned with their intention to move into sustainable tourism as a source of income. Relevant meteorological data is lacking and there is only anecdotal evidence that wind is strong in summer time nights at the site. Data for solar irradiance and wind speed were taken from a meteorological station located in Guayaquil, a city relatively close to the island. Wind speed was estimated during a field visit. The community is composed of 85 households for a total of 650 people. Domestic demand data was available and categorized into two types of households. HOMER was used to model four generation system types combining wind turbines, PV panels and Diesel generators to satisfy five different demand models with varying proportions of total households of each type. Selection of the best system is based in both energy and cost optimization, with low use of diesel and low excess of electricity. A sensitivity analysis of the wind and solar resources is included to account for the unavailability of reliable data for wind speed and solar irradiance. The expansion of the system due to population and ensuing demand growth is considered in the analysis using a 25 years project lifetime.

Keywords: sustainable energy, PV panels, Wind turbines, diesel generator, optimization, HOMER

1. Introducción

En la actualidad, suplir energía en comunidades aisladas es un problema complejo de resolver. La dificultad o imposibilidad de construir una línea de alimentación eléctrica, provisión de combustible a la comunidad o la falta de recursos energéticos son los mayores inconvenientes para hacer un estudio. Para resolver este problema, muchas comunidades isleñas alrededor del mundo han decidido instalar sistemas híbridos en los cuales los componentes usados son paneles fotovoltaicos, turbinas eólicas, generadores diesel, e incluso combustores de biomasa.

Como preludio a este documento, el proyecto AndEnergy 2006 realizó un estudio de 9 comunidades de Ecuador y Perú con opciones de uso de recursos renovables para alivio de pobreza, el caso escogido para el presente estudio es “Cerrito de los Morreños”, una isla localizada cerca de 60km de Guayaquil. Esta comunidad tiene 650 habitantes, divididos en aproximadamente 140 familias y 85 casas. Dentro de la isla hay un cerro que alcanza los 60msnm. Las mayores necesidades de la comunidad son suministro de energía doméstica y alumbrado público.

En el sitio hay un generador Diesel de fabricación alemana de 100HP, el cual está fuera de uso. El generador proveía de electricidad a la comunidad por alrededor de 4 a 6 horas al día, con un consume mensual de 360 gal [1]. También cuentan con un sistema fotovoltaico de 3 paneles de 100Wp cada uno, un controlador de carga, 3 baterías de 206Ah cada una y un inversor de 2.5Kw, el sistema es usado para energizar 3 focos para alumbrado y la computadora de la escuela. Este sistema fue instalado por el antiguo Ministerio de Energía y Minas.

Andenergy sugirió la posibilidad de usar el viento para generar electricidad, pues según los expertos del Ministerio de Energía y Minas y los lugareños “durante ciertas noches del año el viento es fuerte” [1]. Para el recurso solar, el estudio menciona que el sitio tiene “una incidencia solar media-alta con cielos poco nublados, ideal para aplicaciones fotovoltaicas y termales” [1], pero el estudio no menciona problemas debido a las sombras, ni de las condiciones del suelo para instalar la torre de la turbine eólica.

En el diseño de sistemas híbridos de electrificación, uno de los métodos más usados es el modelado mediante software computacional. Como una herramienta en el diseño, modelado y optimización de sistemas híbridos, HOMER [2] ha sido usado en diferentes partes del mundo para analizar la factibilidad de un sistema híbrido. En la comunidad ecuatoriana ha sido usado para evaluar el sistema instalado en las Islas Galápagos [3-6], pero no se registran documentos de la zona continental.

El principal objetivo es diseñar un sistema híbrido para suministro de energía doméstica con recursos eólicos y solares como principales fuentes de energía, y diesel como suministro alterno. Además de proponer una metodología para la selección de equipos y dimensionado del sistema, el análisis de expansión física y económica del sistema en conjunto con el crecimiento poblacional de la comunidad durante 25 años, y de proporcionar experiencia en el manejo del software HOMER en la comunidad ecuatoriana.

2. Metodología

2.1 Modelo de Demanda de Energía

La demanda de energía es modelada en base a mediciones hechas en el sitio con un resultado de 2 casas modelo, estas demandas son mostradas en las tablas 1 y 2 [8].

Tabla 1. Casa Modelo 1 (Bajo Consumo)

Descripción	No.	P (W)	t. op. (hrs/d)
Bombillo	3	25	6
Radio	1	200	5
TV	1	200	4

Tabla 2. Casa Modelo 0 (Alto Consumo)

Descripción	No.	P (W)	t. op. (hrs/d)
Bombillo	3	25	10
Radio	1	250	8
TV	1	250	5

Los modelos de demanda son definidos variando la proporción de cada casa modelo en 100, 75, 50, 25 y 0% en toda la comunidad, con el rótulo de: “porcentaje de casas modelo 0 – porcentaje de casas modelo 1”; por ejemplo, si hubieran 100 casas, un modelo de demanda “75–25” tiene 75 casas modelo 0 y 25 casas modelo 1. La Figura 1 muestra cómo varía la demanda energética en cada modelo de demanda para las 85 casas existentes.

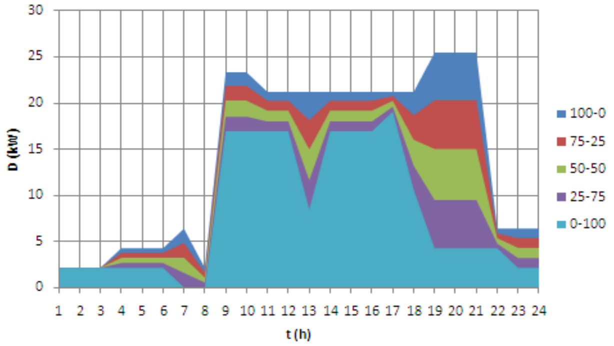

Figura 1. Modelos de Demanda Energética

Para el modelo de crecimiento poblacional, la proporción de casas modelo en la comunidad se asumen constantes para cada modelo de demanda, en otras palabras, un incremento del número de casas se hace en la misma proporción. Tomando el ejemplo anterior (con 100 casas), si se añaden 4 casas más, 3 de ellas son casas modelo 0 y una modelo 1, en total habrán 78 casas modelo 0 y 26 casas modelo 1 (75% de casas modelo 0 y 25% de casas modelo 1 de un total de 104 casas). Un incremento de casas refleja un incremento en la demanda de energía y en la potencia pico del sistema.

2.2. Recurso Energético

Debido a la falta de datos meteorológicos del sitio, los datos de radiación solar, velocidad del viento y temperatura ambiental fueron tomados durante un año por una estación climatológica de Guayaquil [7]. Analizando estos datos, las medias anuales y mensuales de radiación, velocidad y temperatura se muestran en las tablas 3 y 4 respectivamente.

Tabla 3. Medias Anuales

Ir (kWh/m^2d)	3.75
v (m/s)	2.3
k	1.28
T (ºC)	24.8

Tabla 4. Medias Mensuales

Mes	Ir (kWh/m^2d)	v (m/s)	T (ºC)
Enero	3.23	1.54	25.5
Febrero	3.62	1.25	25.3
Marzo	4.35	1.41	26
Abril	4.6	1.73	26.6
Mayo	3.85	2.22	24.9
Junio	3.34	2.51	24.2
Julio	3.18	2.89	24
Agosto	3.22	2.75	23.8
Septiembre	3.62	3.09	23.9
Octubre	3.97	3.05	23.7
Noviembre	4.61	3.07	24.1
Diciembre	3.49	2.49	25.4

Por la falta de datos del sitio se evalúa el sistema con un análisis de sensibilidad con rangos de velocidad del viento de entre 2.3 y 4.5m/s y de radiación solar de 3.75 a 4.75kWh/ m^2d, ambos parámetros como medias anuales. Para el análisis económico, el interés anual varía entre el 5 y 12%.

2.3 Sistema de Generación

El sistema de generación consiste en paneles fotovoltaicos conectados en cada casa, turbinas eólicas conectadas a varias casas (por sectores), y un solo generador diesel para la comunidad entera, todas las casas tendrán la misma cantidad de paneles, como el mostrado en la Fig. 2. Las líneas rojas son de CA y las líneas negras son de CD.

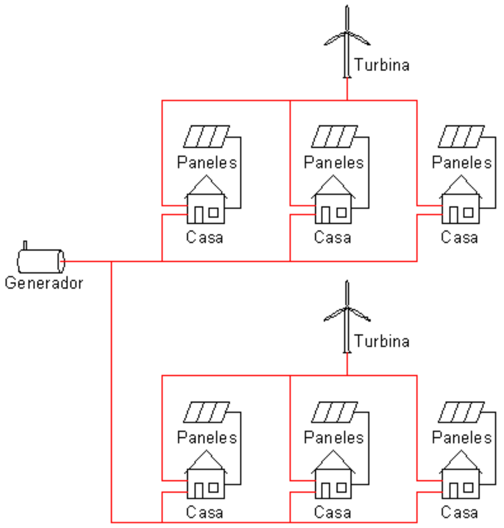

Figura 2. Conexión del Sistema (Exterior)

Esta configuración del sistema tiene una ventaja: le permite a un usuario extender su consumo incrementando el número de paneles de su arreglo. Si una casa incrementa su demanda, tiene la opción de colocar más paneles, o de cambiar su arreglo por paneles más potentes. En el diseño del sistema, la extensión de los paneles es considerada únicamente si el número de casas modeladas es mayor que las construidas según su proyección. El cambio por paneles más potentes no entra dentro de este estudio.

Cada casa cuenta con su banco de baterías, controlador e inversor. Las conexiones son mostradas en la Fig. 3.

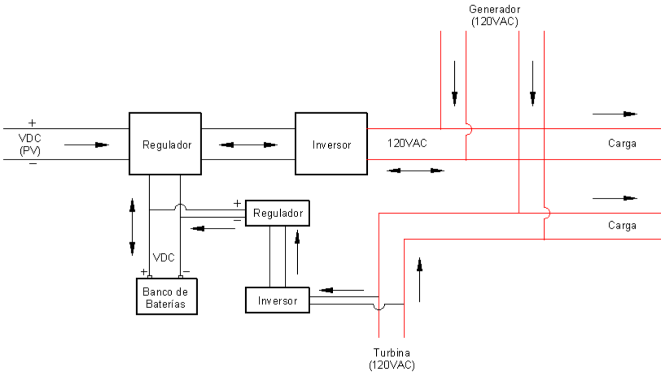

Figura 3. Conexión del Sistema (Interior)

2.4. Selección de Equipos

2.4.1. Paneles Fotovoltaicos

Las características de los paneles seleccionados se describen en la Tabla 5 [8].

Tabla 5. Paneles

Panel	Zytech 100S
P (Wp)	100
V (V)	24
Longitud (cm)	108
Ancho (cm)	81
Alto (cm)	4
Peso (kg)	10.5

Estos paneles fueron seleccionados según la máxima proporción entre potencia nominal, área y peso en comparación con otros paneles. Esta relación es definida en la Ec. (1). Todos los paneles se estiman con una vida útil de 25 años.

$$PSC = max\left(\frac{P}{W \cdot A}\right) \qquad (1)$$

2.4.2. Turbinas Eólicas

Tres tipos de turbinas fueron seleccionados para este proyecto. Las características de cada una se muestran en la Tabla 6. Todas las turbinas se estiman con una vida útil de 20 años [9-11].

Tabla 6. Turbinas Eólicas

Fabricante	Southwest WindPower	Bergey Windpower	Wind Turbine Industries
Modelo (Abr)	Whisper 500 (W500)	Excel-R (XLR)	Jacobs 31-20 (J31)
P (kW)	3.3	7.5	20
Diam. (m)	4.5	7	9.4
V (V)	24VDC	24VDC	120VAC
f (Hz)	-	-	60
Inversor	Si	Si	No

Las turbinas W500 y XLR entregan corriente directa, así que necesitan un inversor para proveer corriente alterna a la carga. Este inversor es conectado junto a la turbina para evitar pérdidas de carga. Se asume que las turbinas son colocadas en la cima del cerro.

2.4.3. Banco de Baterías

El banco de baterías es instalado en cada casa, y cada banco posee 4 baterías. Las propiedades de las baterías seleccionadas se muestran en la Tabla 7. Se estiman con una vida útil de 10 años [12].

Tabla 7. Baterías

Fabricante	Trojan
Modelo	T-105
C (Ah)	225
V (V)	6
Longitud (cm)	26.4
Ancho (cm)	18.1
Alto (cm)	29.9
Corr. Carg. (A)	11
Peso (kg)	30

2.4.4. Inversor

En la instalación, cada casa tendrá su inversor dependiendo de su consumo. Las características operacionales de los inversores seleccionados son mostradas en la Tabla 8 [13, 14].

Tabla 8. Inversores

	Bajo Consumo	Alto Consumo
Fabricante	Studer	Studer
Modelo	AJ 1300-24	AJ 2400-24
P (W)	700	1400
Vent. (VDC)	1960	3640
Vsal. (VAC)	24	24
f (Hz)	120	120
ef (%)	60	60
W (kg)	8.5	19

2.4.5. Controlador

El controlador de carga se encarga de regular la carga de baterías y de energizar la carga. Las características del controlador seleccionado se muestran en la Tabla 9 [15].

Tabla 9. Controlador

Fabricante	Isofotón
Modelo	Isoler 20/24
V (V)	24VDC
I (A)	20
Longitud (cm)	15.6
Ancho (cm)	15.7
Alto (cm)	2.69
Peso (kg)	0.54

2.5. Costos

Los costos de equipos, reparación, operación y mantenimiento (O&M) se muestran en la Tabla 10 [16-21]. Estos costos son usados en HOMER para el análisis económico. En costo inicial incluye instalación asumida en un 5% del costo capital [22].

El costo inicial de las turbinas incluye su torre y costos de instalación. En la XLR y W500 se incluye el costo del inversor, del cual fue explicado anteriormente.

Tabla 10. Costos

	P (kW)	CI ($)	CR ($)	O&M ($/año)
PV	0.15	735	700	2
Inv.	1	1,260	1,200	18
	No.	CI ($)	CR ($)	O&M ($/año)
XLR	1	35,440	24,750	67
W500	1	11,820	7,900	28
J31	1	52,730	37,700	167
Bat	1	180	170	12
	P (kW)	CI ($)	CR ($)	O&M ($/hr)
Gen	10	10,500	10,000	2.2

2.6. Crecimiento Poblacional

El crecimiento poblacional se asume como un modelo exponencial, usando datos de los 2 últimos censos realizados en el sitio [1], se obtiene como resultado la Ec. (2).

Tabla 11. Población

Año	Población	Casas
2001	519	65
2010	650	85

$$P(t) = 519e^{0.028(t-2001)} \tag{2}$$

Donde t representa el tiempo en años y P(t) la población en el año t. Asumiendo una proporción constante de 7 a 8 personas por casa (tal como ha pasado durante los últimos años), el modelo de crecimiento habitacional es la Ec. (3).

$$H(t) = 68e^{0.028(t-2001)} \tag{3}$$

Donde H(t) es el número de casas en el año t. Esta última ecuación es usada para modelar el consumo energético y la potencia pico de demanda para los diferentes escenarios durante los 25 años del proyecto.

2.7. Expansión del Sistema

Para la expansión del sistema se toman las siguientes consideraciones:

a. Por cada casa nueva se incrementa en la misma proporción el banco de baterías, inversores, reguladores y los paneles. Todas las casas tendrán el mismo número de paneles.
b. La expansión de turbinas se realiza en períodos de 5 a 10 años, cambiando y/o reemplazando las instaladas en el primer año.
c. El generador se extiende cada 5 años.
d. Al final del proyecto, el sistema instalado seguirá en funcionamiento (no es desmantelado).

Esta última consideración permite proveer energía a la comunidad después del fin del proyecto. Significa que en el año 2035 la expansión se detiene, como se muestra en la Fig. 4.

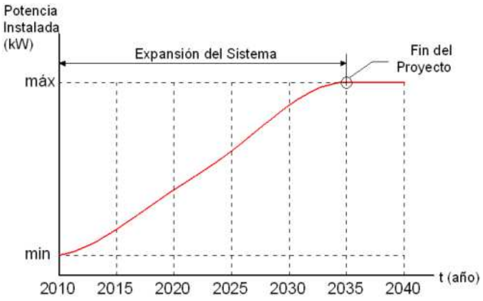

Figura 4. Potencia Instalada durante el proyecto

La proyección de la expansión de turbinas y generadores se sigue según muestra la Tabla 12.

Tabla 12. Proyección de Expansión

		2010	2015	2020	2025	2030
Turbinas Eólicas (no.)	XLR	2	0	0	-2	0
	W500	1	0	1	-1	1
	J31	0	0	0	1	0
Generador (kW)	0-100	29	33	37.5	42.5	48
	25-75	25	28	32	36	41
	50-50	23	26	30	33.5	38
	75-25	22.5	25.5	29	32.5	37
	100-0	21.5	24.5	28	32	36

Los números negativos en la proyección de turbinas significan que será desmantelada en el año especificado. Las turbinas desmanteladas son las que se instalan en el primer año, pues su vida útil es hasta el 2025.

La expansión del generador varía según el modelo de demanda estudiado (por su potencia pico de demanda).

2.8. Análisis de Datos

HOMER no realiza análisis económico ni energético con un sistema en expansión como fue explicado en la sección 2.7, separamos el análisis en 2 secciones.

2.8.1. Análisis Energético

El análisis energético es simulado en el software HOMER año a año, asumiendo el incremento de sistema cada 1 de Enero. El incremento de componentes fue descrito en la sección 2.7, y el incremento de la demanda en las secciones 2.1 y 2.6.

Los datos relevantes tomados de las simulaciones son la “Fracción Renovable”, “Porcentaje de Exceso de Energía” y “Horas anuales de Operación del Generador”. La fracción renovable es la relación entre la energía producida por Fuentes de energía renovable versus la energía total producida por el sistema. Este factor es representativo de la reducción del uso de diesel. Estos datos se asumen constantes durante el proyecto.

Estos datos son clasificados en 4 tipos de sistemas: eólico-solar-diesel, eólico-diesel, solar diesel y diesel solo; con un sistema eólico-solar-diesel como objetivo.

2.8.2. Análisis Económico

El análisis económico se realizó en una hoja de cálculo con un análisis similar al que HOMER realiza. Ésta fue editada para evaluar sistemas en expansión, combinado con los resultados del análisis energético.

Los datos principales del análisis económico son el Valor Neto Presente (VNP) y el Costo de la Energía (CE). El sistema óptimo es evaluado según la Ec. 4.

$$FEE = máx\left(\frac{FR}{VPN \times CE}\right) \qquad (4)$$

Donde FR es la fracción renovable.

Como se explicó en la sección 2.7, el sistema instalado al finas del proyecto no será desmantelado, económicamente esto significa que no habrá valores por desmontaje del sistema, a excepción de las 3 turbinas desmanteladas en el año 2035.

3. Resultados

Los resultados muestran que con una irradiación solar superior a los 4.75kWh/m^{2}d y una velocidad del viento superior a los 4m/s es posible instalar un sistema híbrido de energía, para condiciones menores es posible instalar sólo el generador diesel. Las Figuras 5 y 6 muestran el sistema óptimo evaluado según la Ec. 4. La Figura 5 representa la demanda de bajo consumo, y la Figura 6 representa la demanda de alto consumo. Para las demandas intermedias se obtienen gráficas similares. Para la variación del interés anual, los gráficos según el modelo de demanda son similares.

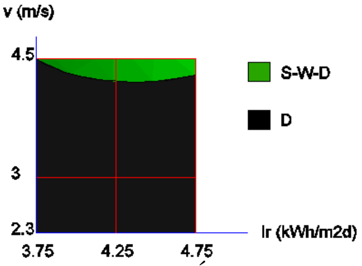

Figura 5. Tipo de Sistema Óptimo (Bajo Consumo)

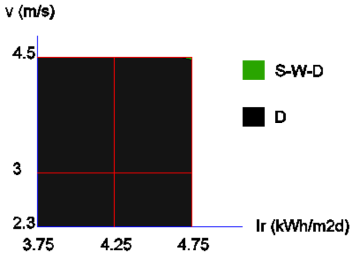

Figura 6. Tipo de Sistema Óptimo (Alto Consumo)

El sistema híbrido eólico-solar-diesel y solar-diesel para modelos de demanda de alto y bajo consumo poseen una expansión de 7 y 3 paneles por casa respectivamente. Los resultados de fracción renovable y exceso de energía obtenidos en este análisis se muestran en las tablas 13 y 14 respectivamente.

Tabla 13. Fracción Renovable

		Ir (kWh/m2d)		
	v (m/s)	3.75	4.25	4.75
Bajo Consumo	2.3	-	-	-
	3	-	-	-
	4.5	-	0.768	0.794
Alto Consumo	2.3	-	-	-
	3	-	-	-
	4.5	-	-	0.753

Los resultados obtenidos muestran que la fracción renovable y el exceso de energía presentan una variación de entre 5.5% al 11% anual, esto muestra la tendencia cuasi-constante de los valores de exceso de energía y fracción renovable asumidos anteriormente en la sección 2.8.1.

Tabla 14. Exceso de Energía (%)

		Ir (kWh/m2d)		
	v (m/s)	3.75	4.25	4.75
Bajo Consumo	2.3	-	-	-
	3	-	-	-
	4.5	-	0.86	1.28
Alto Consumo	2.3	-	-	-
	3	-	-	-
	4.5	-	-	1.41

Los rangos de valores de VPN, y CE del sistema óptimo entre el 5 y 12% de interés anual se muestran en las tablas 15 y 16 respectivamente. El costo de la energía no incluye el exceso.

Tabla 15. Rango de VPN ($)

		Ir (kWh/m2d)		
	v (m/s)	3.75	4.25	4.75
Bajo consumo	2.3	1,568,525	1,568,525	1,568,525
		1,408,952.	1,408,952.	1,408,952.
	3	1,568,525	1,568,525	1,568,525
		1,408,952.	1,408,952.	1,408,952.
	4.5	1,568,525	2,594,321	2,389,728
		1,408,952.	2,174,301	2,131,388
Alto Consumo	2.3	2,377,429	2,377,429	2,377,429
		2,151,575	2,151,575	2,151,575
	3	2,377,429	2,377,429	2,377,429
		2,151,575	2,151,575	2,151,575
	4.5	2,377,429	2,377,429	3,772,265
		2,151,575	2,151,575	3,432,968

Tabla 16. Rango de CE ($/kWh)

		Ir (kWh/m2d)		
	v (m/s)	3.75	4.25	4.75
Bajo consumo	2.3	0.70	0.70	0.70
		0.72	0.72	0.72
	3	0.70	0.70	0.70
		0.72	0.72	0.72
	4.5	0.70	0.44	0.4
		0.72	0.42	0.42
Alto Consumo	2.3	0.59	0.59	0.59
		0.61	0.61	0.61
	3	0.59	0.59	0.59
		0.61	0.61	0.61
	4.5	0.59	0.59	0.38
		0.61	0.61	0.3

4. Conclusiones y Recomendaciones

La instalación de un sistema híbrido de energía solar-eólico-diesel es óptimo en condiciones de irradiación solar y velocidad de viento media-altas, aproximadamente condiciones iguales o superiores a los 4.75kWh/m^{2}d y 4m/s respectivamente como valores referenciales, con excesos de energía menores al 1.5% y una reducción de hasta el 80% en el uso del diesel, con costo de energía menores de $0,45/kWh y un valor neto presente máximo de $2.5 millones durante los 25 años del proyecto.

Los métodos de diseño y evaluación propuestos en este estudio obtuvieron resultados similares con resultados del software HOMER, además de la expansión del sistema en los cálculos, cambios de modelos de demanda, tipos de sistemas, condiciones climáticas y económicas.

Las principales recomendaciones de este estudio es saber educar y concientizar a la comunidad en cuanto al uso de las energías renovables, tanto en la operación y manejo de los equipos, su mantenimiento, y mayormente del uso racional de la energía que este tipo de sistemas produce; además de las implicaciones, ventajas y desventajas que representan en el aspecto socio-económico de la comunidad.

En cuanto al estudio de los recursos, se recomienda también estudiar las condiciones geográficas del sector, específicamente en cuanto al estudio de sombras y de las condiciones del suelo para la instalación de turbinas eólicas, aspectos que no se mencionan dentro del Proyecto AndEnergy.

5. Nomenclatura

A	Área [m^2]
Abr.	Abreviatura
C	Capacidad Nominal de la Batería [Ah]
CE	Costo de la Energía [$/kWh]
CI	Costo Inicial [$]
CR	Costo de Reemplazo [$]
Corr. Carg.	Máxima corriente de Carga [A]
ef	Eficiencia [%]
f	Frequencia [Hz]
H(t)	Número de casas al año t [casas]
I	Corriente Nominal [A]
Ir	Irradiación Solar [kWh/m^{2}d]
I	Interés anual [%]
J31	Abreviatura de la turbina Jacobs 31-20
k	Factor de Forma de la distribución de Weibull [adimensional]

No.	Número de componentes
O&M	Costo de Operación y Mantenimiento [$/año, $/hr para el generador diesel]
P	Potencia Nominal [kW, W]
PSC	Criterio de Selección de Paneles [Wp/m^{2}kg]
P(t)	Población al año t [hab.]
T	Temperatura [ºC]
t	Año de Simulación
V	Voltaje Nominal [V]
Vent	Voltaje Nominal de entrada [V]
Vsal	Voltaje Nominal de Salida [V]
VPN	Valor Presente Neto [$]
v	Velocidad del Viento [m/s]
t. op.	Tiempo de Operación [h/día]
W	Peso [kg]
W500	Abreviatura de turbina Whisper 500.
Wp	Potencia Nominal pico de Paneles [W]
XLR	Abreviatura de turbina Excel-R.

6. Referencias

[1] Gualberti, G., 2007, “Documentación detallada de los casos de estudio”, EIE/05/141/SI2.420262, AndEnergy.
[2] https://www.nrel.gov/homer
[3] Jargstorf B., 2008, “Technical Review of the Feasibility Study for the Wind Energy Project in the Galápagos Islands”, ERGAL, Ecuador.
[4] Baring-Gould E. and Corbus D., 2006, “Modeling Results of Wind-Diesel Retrofits Options for Santa Cruz, Galápagos”, NREL, Ecuador.
[5] Kornbluth, K., Hinokuma, R., Johnson, E., McCaffrey, Z., “Optimizing Wind Energy for a Small Hybrid Wind/Diesel Grid in the Galápagos Islands”.
[6] Ley, D., “An Assessment of Energy and Water in the Galápagos Islands”, Master´s Project Report, University of Colorado.
[7] Weather Station LAB-FREE, ESPOL, Guayaquil, Ecuador.
[8] http://www.zytech.com
[9] http://www.windenergy.com/documents/spec_sheets/3-CMLT-1346-01_Whisper_spec.pdf
[10] http://www.bergey.com/Products/Excel.Spec.Frt.pdf
[11] http://www.windturbine.net/products.htm
[12] http://www.trojanbattery.com/pdf/productspecsguide.pdf
[13] http://www.sumsol.es/pdf/103_convertidores_aislada/103-12_convertidores_isoverter.pdf
[14] http://www.renova-energia.com/pdf/inversores/Datos%20Inversores%20Isofoton.pdf
[15] http://www.isofoton.com/technical/material/pdf/productos/fotovoltaica/reguladores/F_T_regulador_domestico_isoler_isolerd_esp.pdf
[16] http://www.windturbine.net/prices.htm
[17] http://www.bergey.com/Products/Prices1.htm
[18] http://www.bergey.com/Products/Prices2.htm
[19] http://www.solardyne.com/whish3ratat3.html
[20] http://www.solardyne.com/trojdeepcycb.html
[21] Boonbumroong, U., Prtainthong, N., Thepa, S., Suwannakum, T., Pongchawee, D., Jivacate, C., Pridasawas, W., and Tia, S., 2009, “Model-Based Optimization of Stand Alone Hybrid Power System”, Proc. 3rd International Conference on “Sustainable Energy and Environment (SEE 2009)”, Bangkok, Thailand, pp.514.
[22] Barley, C. D., Flowers, L. T., Benavidez, P. J., Abergas, R. L., Barruela, R. B., 1999, “Feasibility of Hybrid Retrofits to Off-Grid Diesel Power Plants in the Phillippines”, NREL, USA.