

Desarrollo de energías renovables a pequeña escala en los sectores rurales de la provincia de Loja

Jorge Maldonado ^a, Orlando Álvarez ^b, Thuesman Montaña ^a y Juan Solano ^a

^a Área de la Energía, Universidad Nacional de Loja, Ciudadela Universitaria Guillermo Falconí Espinosa. Loja, Ecuador.

jorge.maldonado@unl.edu.ec, thuesmon@yahoo.es, jcsolanoj@gmail.com

^b Universidad Nacional de Loja, Proyecto “Prometeo, Viejos Sabios”, SENESCYT. Ciudadela Universitaria Guillermo Falconí Espinosa. Loja, Ecuador.

orlando21alvarez@gmail.com

Resumen. En la actualidad en el Ecuador se ha emprendido por una parte, en una revalorización y cambio de la matriz energética, en la que se procura hasta el 2020 disminuir la dependencia del país de la generación térmica y paulatinamente incorporar centrales que utilicen fuentes renovables de energía; y además, ampliar la cobertura eléctrica a los sectores rurales marginales que carecen de este recurso, y es así como se han promovido programas y proyectos de electrificación rural utilizando energías renovables. El presente trabajo de investigación se desarrolló en tres momentos, el primero con el objetivo de identificar los sectores rurales estadísticamente representativos de la provincia de Loja, que carecen de energía eléctrica, para esto se recopiló información en la Empresa Eléctrica Regional de Sur y el Consejo Nacional de Electricidad CONELEC. Posteriormente la investigación se focalizó en los sectores de Miyugo y La Bucana ubicados en los cantones Loja y Célica respectivamente, y con la ayuda de la escala de Beaufort y el modelo matemático de extrapolación espacio temporal se evalúa el recurso eólico en estos sectores, mientras que la radiación solar se determina por mediciones in-situ e información disponible en el atlas solar de Ecuador. Finalmente, se utiliza la información obtenida en los programas IDRISI e IntiGIS para determinar las áreas de alto potencial para el aprovechamiento de las energías renovables en la región y se realiza la elección del sistema de electrificación a través del cálculo y comparación del costo de electrificación equivalente.

Palabras claves: Energías renovables, electrificación rural, IntiGIS.

1 Introducción.

La energía es un sector estratégico para el gobierno ecuatoriano, y así lo demuestran los diferentes planes y programas que el gobierno ecuatoriano ha puesto en marcha. Es el Estado, a través del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), el actor principal del sector, encargándose de la rectoría, planificación, control y desarrollo del sector. Para ello el MEER ha establecido un sistema permanente de planificación energética, el cual comenzó en el año 2006 con la realización del estudio “Políticas y Estrategias para el Cambio de la Matriz Energética del Ecuador”, que procura el cambio de la actual producción hidroeléctrica del 43 % hasta alcanzar el 80% el año 2020.[8]

En el Ecuador la cobertura de electrificación es de aproximadamente 91% a nivel nacional, en el sector rural es 85%. En las zonas fronterizas y orientales, el servicio

eléctrico es todavía muy precario, las metas del gobierno nacional del Ecuador son alcanzar una cobertura de electrificación rural del 90% en todas las provincias del país, en un plazo de 10 años, a partir del 2006.[9]

La Provincia de Loja, geográficamente está dividida en 16 cantones: Calvas, Catamayo, Celica, Chaguarpamba, Espíndola, Gonzanamá, Loja, Macará, Olmedo, Paltas, Pindal, Puyango, Quilanga, Saraguro, Sozoranga, Zapotillo, cada uno de estos cantones cuenta con su cabecera cantonal y está subdividido en parroquias y caseríos, algunos de estos pueblos carecen de electricidad.[3]

La empresa que distribuye la electricidad en la provincia de Loja es la Empresa Eléctrica Regional de Sur EERSSA y tiene un área de concesión de alrededor del 8,9% del territorio ecuatoriano que corresponde a 22.721 Km². Comprende las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y Morona Santiago (Gualaquiza). En junio del 2008, para un número de viviendas proyectadas por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos INEC de 157.640, se alcanzó a totalizar 121.656 viviendas electrificadas que equivale al 77.17% de cobertura; valor inferior al registrado en diciembre del 2006 que tuvo una cobertura de electrificación del 84,50%. Los clientes atendidos en el 2009 sumaron 149.358, esto señala que en la actualidad aproximadamente un 20% de las viviendas no disponen del servicio de energía eléctrica y algunas de ellas están concentradas en los pueblos, generalmente habitadas por gente de bajos recursos económicos. [3]

De este modo, el objetivo de este trabajo es disponer de información sobre el potencial a pequeña escala, de las energías renovables (solar y eólica) en los sectores rurales de la provincia de Loja que no cuentan con electrificación y de referentes sobre las tecnologías aplicables para su utilización, en perspectiva de incidir en el desarrollo energético regional y nacional.

2 Metodología

En este apartado se describen tanto las fuentes de datos como el procedimiento desarrollado para su tratamiento, exponiendo finalmente los métodos para determinar el potencial eólico en la zona de estudio.

En la figura 1 se muestran las “Políticas y Estrategias para el Cambio de la Matriz Energética del Ecuador”, mientras en la figura 2 las metas del gobierno nacional del Ecuador de alcanzar una cobertura de electrificación rural del 90% en todas las provincias del país, en un plazo de 10 años, a partir del 2006.[5]

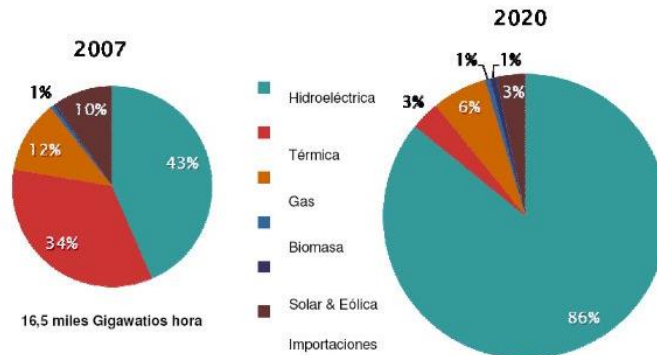


Fig. 1. Objetivo de cambio de la matriz energética al 2020
Fuente: www.meer.gob.ec

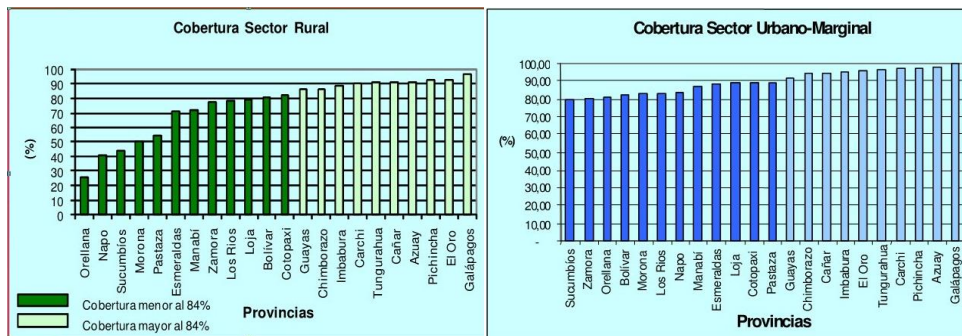


Fig. 2. Cobertura de electrificación en el Ecuador
Fuente: www.conelec.gob.ec

2.1 Fuente de datos.

En la realización de este trabajo se han utilizado diferentes fuentes de información cartográfica y alfanumérica, en este sentido se puede mencionar:

Mapa de cobertura eléctrica de la EERSSA elaborado para la ejecución de proyectos FERUM (Fondos de Electrificación Rural y Urbano Marginal), en donde se presenta información general de la red eléctrica, y se identifican los sectores de la provincia de Loja que no cuenta con electrificación.

Atlas solar elaborado por la CIE, que presenta información cartográfica de insolación difusa, directa y global del Ecuador correspondiente al periodo de 1985 a 1991. El atlas solar fue desarrollado a partir de datos del laboratorio nacional de Energías Renovables de Estados Unidos (NREL). El modelo numérico, mediante un SIG, fue procesado, hasta obtener celdas con una resolución de un 1km². [11].

Bases de datos proporcionadas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) existen de las estaciones M033 La Argelia y MB87 Pózul

durante el periodo 1982-2009. Estas bases de datos contienen información relacionada con el potencial eólico, solar, e hídrico.

Aplicando el método sistemático se recolectó información de imágenes satelitales de altitudes presentadas por la Misión Topo de Radar Shuttle (SRTM), que presenta datos a escala global, las imágenes permiten tener una perspectiva del relieve existente en los sectores de estudio.

2.2 Evaluación del recurso eólico.

La escala de Beaufort es una clasificación de los efectos del viento que permite conocer, en forma aproximada, la velocidad del viento en un lugar sin necesidad de utilizar aparatos de medición.[6]. Para utilizar la escala de Beaufort, solo necesitan efectuarse algunas observaciones del efecto que produce el viento sobre el medio ambiente.

Para lograr una buena aproximación del viento en un lugar, es necesario efectuar observaciones parecidas a las señaladas anteriormente, varias veces al día, cuando menos durante cuatro semanas. Es muy importante que las observaciones se hagan todos los días a las mismas horas, para que el resultado sea más exacto.[3]

Para estimar la variación de la velocidad del viento con la altura, se utiliza una ecuación de tipo estadístico, conocida como Ley Exponencial de Hellmann, que se expresa como:

$$V = V_0 \cdot \left(\frac{Z}{Z_0}\right)^\alpha \quad (1)$$

Dónde:

V: es la velocidad del viento en el sitio a la altura Z.

V_0 : es la velocidad en el sitio a la altura Z_0 .

Z: es la altura a extrapolar.

Z_0 : es la altura de medición

α : es el coeficiente de la función exponencial, una buena aproximación para α está dada por la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{1}{\ln\left(\frac{15,25}{Z_1}\right)} \quad (2)$$

Z_1 : es el parámetro de rugosidad, está expresado en metros

2.3 Herramientas informáticas.

Se utilizó el software IDRISI para la presentación georreferenciada de la zona de estudio, IDRISI es una de las mejores herramientas analíticas y de modelaje en el mercado actual. La base de datos es central para el sistema, una colección de mapas e información relacionada en formato digital en tablas de Excel, Access o archivos de

texto. [2]

IntiGIS: Es una herramienta informática desarrollado sobre ARCGIS para evaluar alternativas y dar respuestas a problemas de electrificación rural y generación descentralizada. [1] Los datos obtenidos por diferentes medios referentes al potencial eólico y solar en Miyugo y La Bucana fueron ingresados a IntiGIS para evaluar las diversas tecnologías a utilizarse contemplando los costes asociados a la instalación, operación y mantenimiento.

3 Resultados

3.1 Recurso solar.

Con IDRISI y la base de datos de insolación global, se determinó la insolación global anual en la zona de estudio. En la figura 3 se puede observar un modelo georreferenciado de visualización para el sector de Miyugo en donde se obtiene un promedio anual de irradiación solar de 4.9 kWh/m².día, en el periodo comprendido entre 1985 a1991. [2]

En la figura 4 se observa el resultado de la modelación para el sector La Bucana, en donde se obtuvo como resultado un valor de insolación global promedio de 5.43 kWh/m².día para periodo comprendido entre 1985 a1991.[2]

En la figura 5 se observa el modelo de la insolación directa en Ecuador para cielo despejado, el mismo fue desarrollado en IDRISI y se puede evidenciar que la potencia solar tiene un máximo en el sur de Ecuador en la Provincia de Loja.

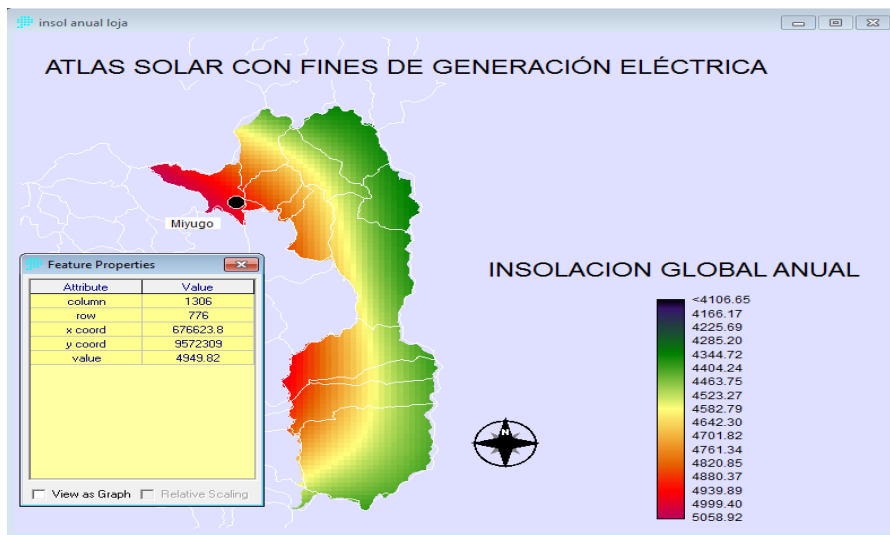


Fig. 3. Modelo de visualización de insolación global del sector Miyugo.

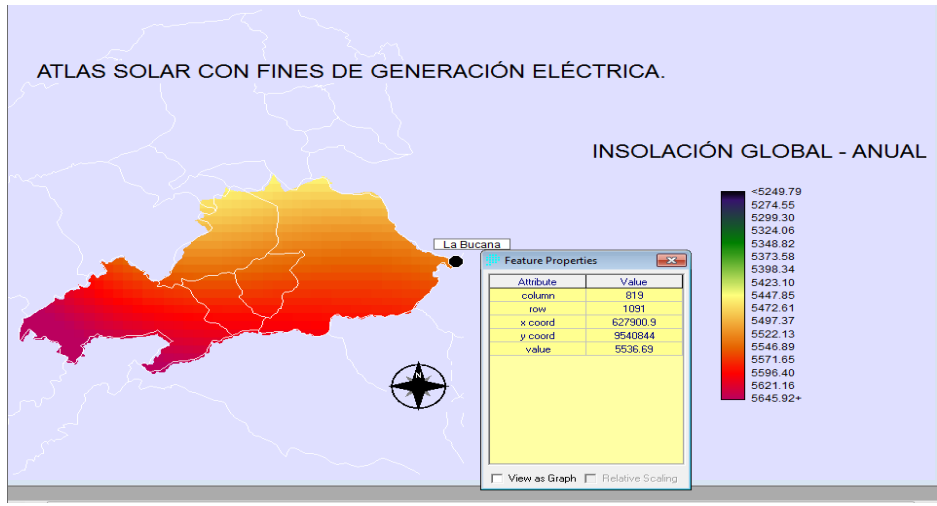


Fig. 4. Modelo de visualización de insulación global del sector La Bucana.

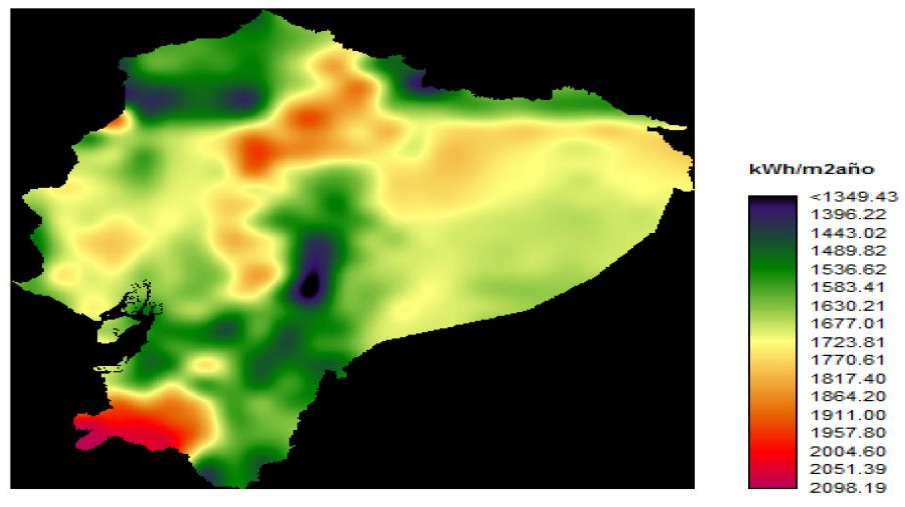


Fig. 5. Insolación directa en Ecuador

3.2 Recurso eólico.

El modelo de representación del potencial eólico existente en los sectores de investigación se indica en la figura 6, para este objetivo se utilizó la base de datos de estaciones meteorológicas referidas anteriormente, y los valores de velocidad media anual obtenidos con el método de Beaufort y la extrapolación. Este modelo de visualización del potencial eólico contiene la geo ubicación y valores de velocidad

media anual. Para el sector Miyugo se obtuvo un valor de velocidad de viento de 4 m/s y La Bucana de 2,4 m/s.

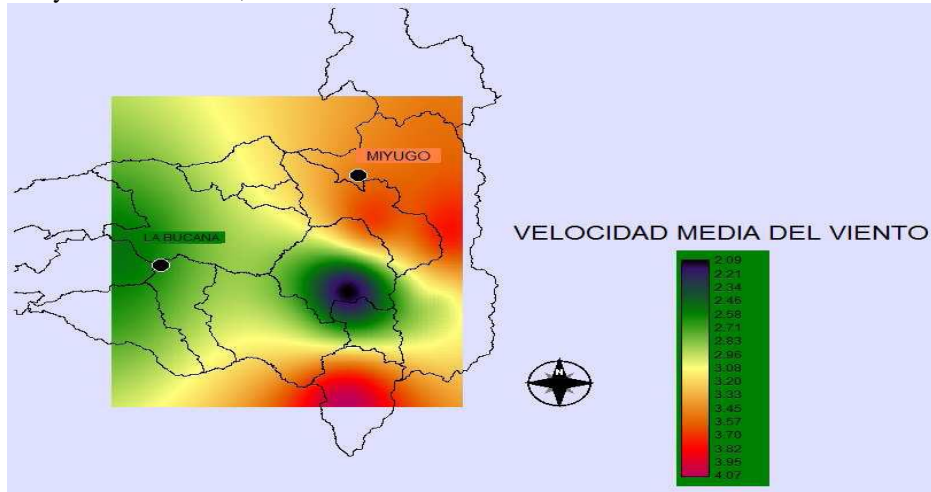


Fig. 6. Modelo de visualización de velocidad de viento en las zonas de estudio.

3.3 Alternativas de electrificación

La aplicación IntiGIS requiere de dos tipos de datos de entrada para su correcto funcionamiento: geográficos y numéricos. La información ingresada al programa es la siguiente: mapa del área de estudio, densidad de demanda, recurso solar y eólico, distancia a las redes de distribución. [1]

La figura 7 muestra los cálculos de costo de electrificación individual utilizando tecnología fotovoltaica en La Bucana, para satisfacer una demanda de 10 familias aproximadamente, donde se establece un costo aproximado de 42,27 cts.USD/kWh.

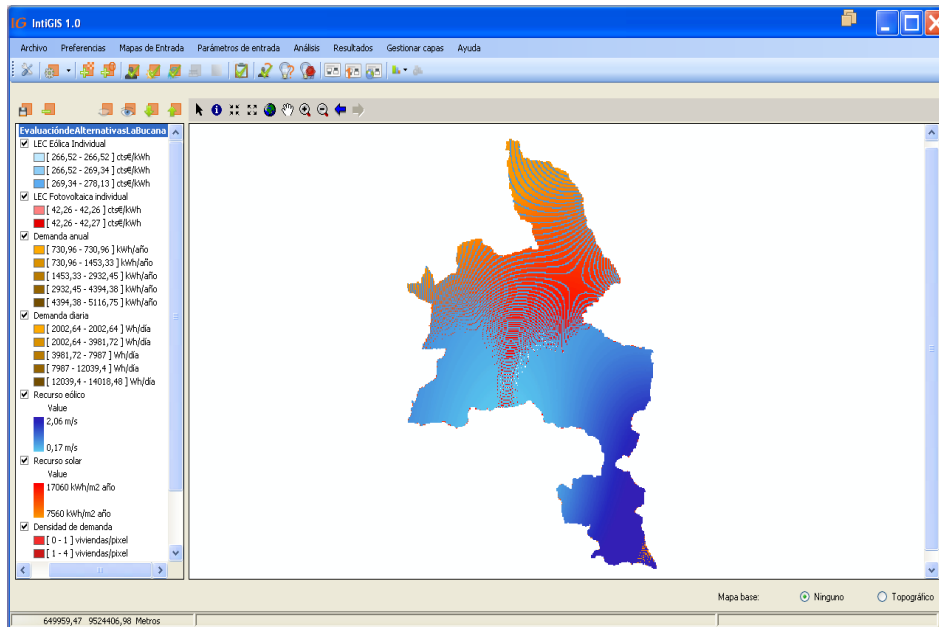


Fig. 7. Evaluación fotovoltaica individual en La Bucana en IntiGIS.

Los resultados de la evaluación de la tecnología fotovoltaica para Miyugo, para una demanda de 10 familias se muestran en la figura 8, obteniendo un costo aproximado de 43,45 cts.USD/kWh.

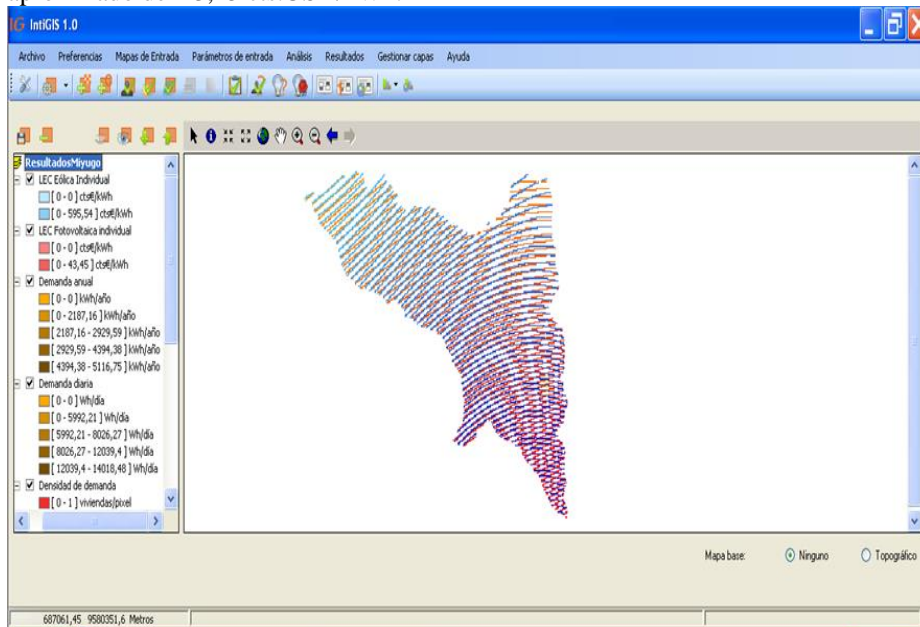


Fig. 8. Evaluación fotovoltaica individual en Miyugo en IntiGIS.

El modelo de visualización del potencial solar desarrollado con una base de datos del atlas solar, se caracteriza por tener una precisión del 90%. [11] Este modelo contiene datos de insolación global y de posiciones geográficas mediante celdas, lo cual se constituye en una buena aproximación para determinar el potencial solar en los sectores de investigación, y para corroborar estos datos se utilizaron imágenes del sensor Modis que dispone información de temperatura ambiente, conociendo que las temperaturas de un territorio están en relación directa con varios factores pero especialmente con la radiación solar que recibe.[14] Al comparar los datos del atlas solar con los resultados de este trabajo se puede asegurar que los resultados de insolación en el sector Miyugo y la Bucana son confiables para emplear cualquier tipo de tecnología de electrificación a pequeña escala que aproveche la energía solar.

El atlas eólico del Ecuador presenta las condiciones anuales de viento para todo el territorio Ecuatoriano con una resolución de 200m x 200m. [12], se lo realizó con información mesoescalar y sus fines son para la explotación de la energía eólica a gran escala, en este sentido se justifican estudios como este para satisfacer necesidades energéticas a pequeña escala. En [4] se presenta el mapa eólico de la Provincia de Loja con una resolución horizontal de 1 km, diseñado en WASP con datos de estaciones meteorológicas automáticas pertenecientes al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). En [7] se presentan resultados del modelamiento del recurso eólico a 20m en La Palmira, existiendo coincidencia en la metodología utilizada en el presente trabajo debido a que las condiciones eológicas de la Palmira son similares a la zona de estudio.

La diferencia obtenida en los valores de la velocidad media anual del viento, se deben fundamentalmente a la orografía y/o rugosidad del sitio de estudio. Es decir, para la metodología que utiliza la escala de Beaufort, el valor de la rugosidad del sitio es un parámetro que no se toma en cuenta. En la metodología de la extrapolación espacial y temporal, se necesita introducir el valor de la rugosidad del terreno en un contexto general, lo que sin dudas afecta al estimar la velocidad media de viento.

En [15] se explica lo complejo de disponer de datos de las estaciones meteorológicas, debido a que existen huecos en la serie de datos o inexistencia de algunas series temporales.

4 Conclusiones

La cobertura de electrificación en el sector rural de la provincia de Loja es aproximadamente del 80%, situación que se da principalmente por la extensión geográfica de la provincia, por lo diseminado que se encuentran las viviendas y la lejanía de las redes de distribución; ante esta realidad resulta muy difícil mejorar este porcentaje, sin embargo la EERSSA lleva adelante proyectos de electrificación fotovoltaica para satisfacer la demanda energética en estos sectores.

En Miyugo la aplicación de la escala de Griggs-Putnam permitió estimar la velocidad media del viento en 2.37 m/s, mientras que con la metodología de Beaufort se estimó un promedio de velocidad media de viento de 4.9 m/s.

Mediante los modelos de visualización en el software IDRISI, se determinó que en

Miyugo existe una velocidad media anual del viento de 4 m/s, y un valor aproximado de insolación global de 4.9 Kwh/m².dia, mientras que en La Bucana una velocidad media anual del viento de 2.4 m/s y un potencial solar aproximado de insolación global de 5.5 Kwh/m².dia.

Con el software IntiGIS se determinó que la generación fotovoltaica resulta la más adecuada técnica y económicamente si comparamos con otras tecnologías en los sectores de estudio, la utilización de aerogeneradores se descarta porque no se dispone de recurso eólico; y la generación a diesel se descarta debido a las altas emisiones de CO₂ anuales y por las necesidades de mantenimiento frecuente y de personas entrenadas para la atención permanente de este equipo.

La provincia de Loja es una zona un total de 448.966 habitantes y una superficie de 11.026 km² que representa el 4% del país, es un área particularmente beneficiada por la naturaleza en recursos naturales renovables que constituyen fuentes alternativas de energía. En base a estudios se puede mencionar su potencial eólico con zonas microlocalizadas de vientos sostenidos superiores a los 10 m/s como Villonaco, y las potencialidades de radiación solar con promedios superiores a 4 kWh/m² al día, en el cantón Zapotillo, por citar dos ejemplos como se muestra en el modelo obtenido en la presente investigación.

La presente metodología de estudio, es posible utilizarla en otras regiones del Ecuador, para esto es necesario disponer de información meteorológica como velocidad y dirección de viento y radiación solar; además es necesario disponer información sobre redes eléctricas disponibles en la zona a electrificar. Esta información multicriterio se convierte en los principales parámetros de entrada al software.

Agradecimientos.

Nuestro agradecimiento al Ing. Marco Rojas, con quien identificamos la problemática y estructuramos el proyecto de investigación. A los ingenieros Lisa Venhues, Freddy Rojas, Henry Rodríguez y Miguel Erazo quienes hicieron los primeros aportes a la investigación. Al Dr. Conrado Moreno, docente del ISPJAE y al Dr. Francisco Javier Domínguez Bravo, Investigador del CIEMAT por su asesoría técnica. Al Ingeniero Jorge Muñoz, funcionario de la EERSSA por la información brindada. A los funcionarios del proyecto Binacional Catamayo-Chira, y a los directivos del INAMHI. Gracias a mi compañera de oficina Lic. Guadalupe Roa por el constante apoyo.

Referencias

1. Guerra, J: Análisis de los parámetros técnicos en la aplicación de los sistemas de información geográfica a la integración regional de las energías renovables en la producción descentralizada de electricidad. Tesis Doctoral. Ingeniería Industrial, Universidad Politécnica de Madrid. España. 270 p. (2000).

2. Rodríguez, H., F, Rojas.: Caracterización del recurso eólico, solar e hídrico de los sectores rurales de la provincia de Loja, que no disponen de electrificación. Tesis Ing. Electromecánica. Universidad Nacional de Loja, Ecuador. 94 p. (2011)
3. Maldonado, J.: Proyecto de electrificación de la comunidad rural la Palmira mediante un sistema de energía eólica empleando el software Wasp. Tesis de Master en Ingeniería Mecánica. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cuba. 90 p.(2011)
4. Solano, J.: Caracterización del recurso eólico en la provincia de Loja, utilizando modelos computacionales. Tesis de Master en Ingeniería Electromecánica. Universidad Nacional de Loja. 98 p.(2013)
5. Consejo Nacional de Electricidad CONELEC. Plan Maestro de Electrificación 2009 – 2020. Ecuador. 350 p. (2010)
6. Villarrubia, M.: Energía Eólica. Editorial CEAC. Barcelona España. 180 p. (2004)
7. Maldonado, J.: Metodología de Cálculo para un Aerogenerador Moderno de Eje Horizontal. Tesis Ing. Electromecánica. Universidad Nacional de Loja, Ecuador. 85 p. (2003)
8. Ministerio de Electricidad y Energías Renovables MEER. Políticas y estrategias para el cambio de la matriz energética del Ecuador. Ecuador. (2009)
9. Neira, M.: La Electrificación Rural en Ecuador. Dirección de Planificación, Consejo Nacional de Electrificación CONELEC. Disponible en: <http://www.tech4cdm.com/index.php/mod.pags/mem.detalle/recategoria.212/id.55> (consultado 2012).
10. Escobar, E.: Estudio de factibilidad de un sistema de electrificación autónomo eólico para sistemas de telecomunicación en zonas rurales del callejón interandino del Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Ejército ESPE. Ecuador. 6p. (2012)
11. Consejo Nacional de Electricidad. CONELEC. Atlas Solar de Ecuador con fines de generación eléctrica. Ecuador 51p.(2008)
12. Ministerio de Electricidad y Energías Renovables MEER. Atlas eólico del Ecuador. 56 p. (2013)
13. Energía eólica en Ecuador, “Contexto Energético Ecuatoriano” Disponible es: http://www.tech4cdm.com/uploads/documentos/documentos_LaEnergia_Eolica_en_Ecuador_fa0ef98a.pdf, 7 de Julio del 2011. (consultado 2012).
14. Bastidas, K. : Energías Renovables no Convencionales. El Comercio 2012.
15. Álvarez, O., Montaña, T., Quentín, E., Maldonado, J.: Homogeneización de series de velocidad del viento mensuales en las estaciones meteorológicas del INAMHI en Loja, Ecuador. Revista de Climatología.13: 35-44.(2013)