

Estudio Exploratorio del Potencial de Generación de Energía Eólica y Fotovoltaica en el Distrito Metropolitano de Quito

Antonio Alexander FRANCO CRESPO

Facultad de Ingeniería Industrial
Universidad Tecnológica Indoamérica
Av. Machala y Sabanilla, Quito, Ecuador
antoniofranco@ uti.edu.ec

Luis Puruncajas

Estudiante de la Facultad de Ingeniería Industrial
lfpo_hhn@hotmail.com

Marcelo Ortiz

Estudiante Facultad de Ingeniería Industrial
renemar35@hotmail.com

RESUMEN

La energía renovable es una alternativa a la generación de electricidad que utiliza combustibles fósiles y que aporta de forma importante a la disminución de la degradación ambiental, principalmente a la mitigación del cambio climático. Se presentan los principales resultados de una investigación exploratoria acerca del potencial de generación de energía a partir del recurso eólico y solar en el Distrito Metropolitano de Quito. Esto se hace con base en la información secundaria existente y en la primaria recolectada a través de piranómetros y anemómetros en diferentes lugares de la ciudad. Los resultados demuestran que es posible la generación fotovoltaica en el Distrito Metropolitano de Quito, ya sea a escala doméstica o a gran escala, y que la generación eólica es posible utilizando aerogeneradores de baja potencia.

PALABRAS CLAVE

Energía renovable, eólica, fotovoltaica, estudio experimental, Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador.

ABSTRACT

Renewable energy is an alternative to electricity generation that uses fossil fuels, which contributes significantly to control environmental degradation, especially the mitigation of climate change. This study presents the main results of an exploratory research on the potential of energy generation from wind and solar resources in the Distrito Metropolitano de Quito. Results are based on existing secondary and primary data collected through pyranometers and anemometers at different sites along the city. The results demonstrate the feasibility of generating photovoltaic energy in the Distrito Metropolitano de Quito, either for domestic or massive scale, and that wind energy generation is possible using turbines of low power.

KEYWORDS

Renewable energy, eolic, photovoltaic, experimental study, Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador.



Introducción

El Gobierno de Ecuador considera a las energías renovables como una prioridad dentro de sus políticas de Estado. Los objetivos estratégicos del Estado ecuatoriano están definidos en el Plan Nacional del Buen Vivir, para el periodo 2013–2017. De los 12 objetivos, dos de ellos hacen referencia a la generación de energía renovable.

El objetivo 7, “Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global” [1] establece, en su política 7, que se debe “Promover la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles como medida de prevención de la contaminación ambiental” [1]. Además, el objetivo 11, en su política primera, manda a “Reestructurar la matriz energética bajo criterios de transformación de la matriz productiva, inclusión, calidad, soberanía energética y sustentabilidad, con incremento de la participación de energía renovable” [1], con la meta de “Alcanzar el 60,0% de potencia instalada renovable” [1].

La generación de energía en el mundo depende principalmente del petróleo y sus derivados (32%), del carbón mineral y coque (27%), del gas natural (22%) y en menor grado de la energía nuclear (6%), biomasa (10%), hidroeléctrica (2%) y otras renovables en un porcentaje de aproximadamente el 1% [2]. En América Latina y el Caribe, la matriz energética depende en primer lugar del petróleo y sus derivados (41%), del gas natural (29%), mínimamente del carbón mineral y coque (4%), y en un porcentaje marginal de la energía nuclear (1%). La energía que proviene de fuentes renovables se genera en un 14% de biomasa, un 9% de la hidroeléctrica y un 2% de otras renovables [2]. Así, la participación de las energías renovables en la región alcanza el 25%, lo que duplica el valor a nivel global [2].

Más aun, el potencial de generación de energía eléctrica a partir de energía eólica en América Latina y el Caribe está estimado en 561.884 MW, aprovechándose actualmente apenas el 0,6% del total [2]. El potencial de generación de energía fotovoltaica no está estimado por la complejidad de su cálculo; sin embargo, no se prevé un importante aumento en su utilización, debido a los costos y eficiencia asociados [2].

La matriz energética del Ecuador tiene una mayor contribución de las fuentes renovables. El 58% proviene de la hidroeléctrica, 34% de la térmica y cerca de un 1% de otras fuentes renovables [3]. Se ha estimado un potencial teórico de generación hidroeléctrica de 73.390 MW, de los cuales 21.900 MW están definidos como de potencial viable [3]. La capacidad hidroeléctrica instalada en el Ecuador asciende a 2.273 MW [4], lo que equivale al 10,4% del potencial viable. Es decir queda por aprovechar cerca del 90% de la capacidad de generación hidroeléctrica.

El costo de la electricidad que proviene de centrales hidroeléctricas es menor que el de otras fuentes existentes en el país, es por ello que se ha venido desarrollando sostenidamente desde la década anterior. Actualmente, se encuentran en construcción 8 proyectos hidroeléctricos catalogados como grandes, de los cuales Coca Codo Sinclair con 1500 MW y Sopladora con 487 MW son los más importantes [3]. Esto permitirá que la participación de la energía hidroeléctrica en la generación de energía alcance el 90% en el 2016 [4]. Otras fuentes de energía renovable han sido estudiadas en los últimos años en el país. Una de ellas es la geotermia, cuyo potencial teórico se ha estimado en 6.500 MW, estando en la fase de pre factibilidad proyectos con una potencia de 400 MW [3]. Otra alternativa ha sido la generación de energía de biomasa, principalmente de raquis de palma africana y caña de azúcar [5].

En lo relacionado a la generación que utiliza el recurso eólico, el potencial factible a corto plazo en la región continental se ha estimado en 884MW, del cual, 18,9 MW están en operación, en construcción 2,25 MW y en estudio por 155 MW [3]. El potencial de generación a partir del recurso solar en el Ecuador es complejo de estimar ya que depende principalmente del área útil disponible y de su situación geográfica. Se conoce que la insolación media global en el país alcanza los 4.575 Wh/m²/día, lo cual supera el nivel de 4.000, considerado como técnica y económicamente rentable [3]. Se conoce que existen alrededor de 6.000 sistemas fotovoltaicos aislados instalados, equivalentes a 0,6 MWp [3]. Existen estudios por 634 MWp, de los cuales se espera estén instalados 200 MWp hasta finales de 2014 [3].

El Ecuador ha incentivado la generación de energía a partir del viento y el recurso solar de diferentes formas. Una de ellas, el desarrollo del Atlas Solar [6] y el Atlas Eólico [7], donde se pueden identificar los lugares potencialmente aprovechables. Otra estrategia ha sido la fijación de precios preferentes de compra de energía eléctrica. La regulación No. CONELEC-004/11, de abril de 2011, establece precios preferentes para la generación de electricidad no convencional, diferenciando entre el territorio continental y el insular de Galápagos. En la región continental, esta regulación fija un precio de 9,13 cUSD/kWh para las eólicas, de 40,03 cUSD/kWh para las provenientes de fotovoltaicas, de 31,02 cUSD/kWh para solar termoeléctrica, de 44,77 cUSD/kWh para la de corrientes marinas, 11,05 cUSD/kWh si proviene de biomasa y biogás; y 13,21 cUSD/kWh de las geotérmicas [8]. Adicionalmente se fijaron precios preferentes para centrales hidroeléctricas de hasta 50 MW.

Dicha resolución garantizaba los precios por 15 años a partir de la fecha de suscripción del título habilitante para aquellos contratos suscritos hasta diciembre del 2012. La respuesta del sector privado fue inmediata, registrándose 15 proyectos de generación de energía fotovoltaica mayores a 1MW por un total de 282 MW y 76 proyectos menores a 1MW por 73 MW [9]. De estos, el más grande es el de ISOFOTON, a construirse en el cantón Quito con una potencia de 50MW [9].

En mayo del 2013 el CONELEC emitió la regulación No. CONELEC-001/13, muy similar a su precedente, con la diferencia de que esta establece cupos por tecnología de generación [10]. El 13 de marzo de 2014 el Directorio del CONELEC aprobó la regulación codificada No. CONELEC-001/13 donde se eliminan los cupos y se fija precio preferencial para las centrales de biomasa y biogás a 9,67 cUSD/kWh y 7,32 cUSD/kWh respectivamente [11].

Este escenario demuestra que en Ecuador se están impulsando alternativas de generación de energía, diferentes a las que utilizan recursos fósiles. Como respuesta a la problemática ambiental, especialmente al cambio climático, se debe priorizar y hacer énfasis en lo local. Esta estrategia se sostiene en la disminución de recursos necesarios

en el transporte, el desarrollo de la producción local y su relación con la sostenibilidad, y en la necesidad de alcanzar la soberanía alimentaria y energética, entre tantos otros argumentos.

El objetivo de esta investigación exploratoria es comprender el potencial de generación de energía eólica y solar en el Distrito Metropolitano de Quito, a partir de los datos secundarios existentes y de la información primaria recolectada por el autor.

Metodología

El Distrito Metropolitano de Quito está ubicado en la serranía del Ecuador y está constituido por varios valles rodeados de altas montañas. La disponibilidad del recurso solar y eólico es muy diferente dependiendo del lugar analizado. La investigación exploratoria analizó la velocidad del viento a partir de la información secundaria existente y de datos primarios recolectados, pretendiendo contrastarlos y estimar a partir de esta información la dimensión del potencial de generación de energía.

La información secundaria de irradiación solar y velocidad del viento provino de los registros del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAHMI), desde 1982 al 2012 de los sitios de monitoreo Ñaquito (0° 10' S, 78° 29' O; 2789 m s.n.m.), Izobamba (0° 22' S, 78° 33' O; 3058 m s.n.m.) y La Tola de Tumbaco (0° 46' S, 78° 22' O; 2480 m s.n.m.). Adicionalmente, se obtuvieron datos de irradiación solar del Observatorio Astronómico de Quito, ubicado en el centro de la ciudad, muy cerca del parque Itchimbía. La información de velocidad de viento y de irradiación generada por el INAHMI, fue entregada en formato digital, con registros de valores promedios diarios. Los datos primarios fueron recogidos en Calderón (0° 6' S, 78° 25' O; 2680 m s.n.m.), Itchimbía (0° 13' S, 78° 29' O; 2929 m s.n.m.), a través de anemómetros Windmonitor (modelo RM Young), que poseen un rango desde 0 hasta 100 m/s, con una precisión de ± 0.3 m/s; y de piranómetros genéricos para Dataloger HOBO 430-NRC, los cuales fueron configurados para efectuar lecturas cada 30 segundos, durante tres meses. Los equipos de medición, destinados a la recolección de información primaria, fueron colocados en torres a 12 metros del nivel del suelo.

El procedimiento de análisis contempló la evaluación cuantitativa y cualitativa de los datos proporcionados por el INAHMI, más el procesamiento y discusión de los valores registrados por los equipos de medición de velocidad de viento e irradiación solar propios de proyecto. Estos análisis se complementaron revisando los Atlas Solares y Eólicos de Quito [6, 7] para determinar aquellos sitios con mayor potencial de generación.

Resultados

El análisis de la información histórica del monitoreo de la velocidad del viento del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador reconoce que las mayores velocidades del viento se producen en los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre, comparados con el resto de meses del año. Los datos existentes datan desde el año de 1981 hasta la actualidad.

De acuerdo a los datos del INAHMI, en el sector de Iñaquito las velocidades del viento están dentro del rango de los 3 m/s a 6 m/s mensualmente (Fig. 1), sin mayor diferencia para los meses de mayor viento. La diferencia de velocidad según la época del año coincide con las conclusiones obtenidas de los otros lugares estudiados.

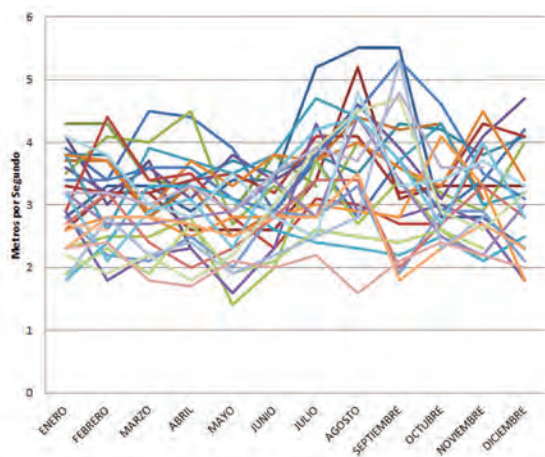


Figura 1. Velocidad del viento en Iñaquito desde 1982, por mes. Cada curva representa un año de mediciones.

En el sector de Izobamba, en el sur de la ciudad, se identifican velocidades del viento de 2 a 3 m/s en el análisis mensual. En el sector de La Tola de Tumbaco, se pueden observar valores superiores al resto de lugares monitoreados, en cifras promedio desde los 2 m/s alcanzando el máximo valor de los 8 m/s. En Iñaquito, Izobamba y La Tola no es posible determinar el comportamiento del viento según la hora del día, debido a que los datos se tabulan por promedios diarios y no existen registros más detallados de los mismos.

En cuanto a los datos primarios, el monitoreo en el sector de Calderón demuestra mayores velocidades en el horario entre las 11h00 y 16h00, en cuyo caso llega hasta las 5 m/s (Fig. 2). Fuera de este horario la velocidad del viento no llega a superar el 1 m/s. En el lapso de tiempo cuando existió mayor recurso, la velocidad promedio estuvo alrededor de 3 m/s.

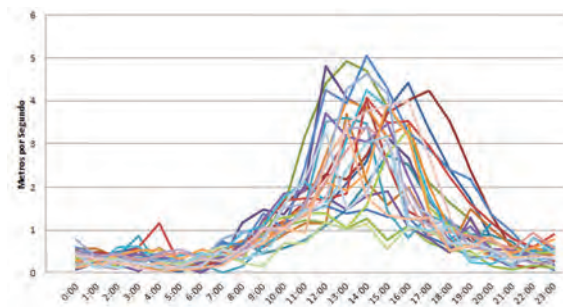


Figura 2. Velocidad del viento en Calderón. Cada curva representa un registro diario de velocidad.

En el sector del Itchimbía, cerro que se encuentra en la zona centro de la ciudad, la velocidad del viento alcanzó a 8 m/s en su valor máximo (Fig. 3). La velocidad promedio fue aproximadamente de 3 m/s, con la diferencia de que alcanzó estos valores en un horario entre las 9h00 y las 15h00, es decir mucho más amplio que en Calderón. La velocidad del viento en las noches estuvo en un rango de 0,5 m/s y 3 m/s para el 90% de las mediciones, encontrándose valores de hasta aproximadamente 6 m/s.

En lo referente a datos de irradiación solar, en el Observatorio Astronómico de Quito se registran valores promedio de 4.680 Wh/m²/día y en Izobamba de 4570 Wh/m²/día.

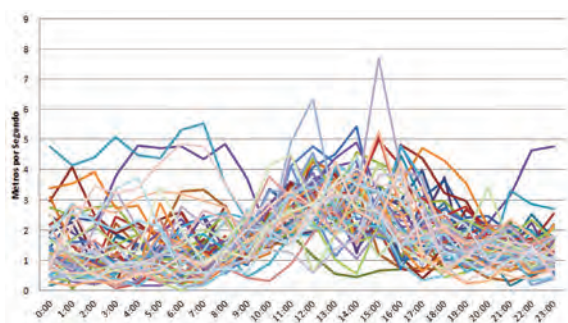


Figura 3. Velocidad del viento en Itchimbia. Cada curva representa un registro diario de velocidad.

Año	W/m ² día
2001	4090,016034
2002	4524,88825
2003	4345,555872
2004	4377,386308
2005	4265,272261
2009	4222,205194
P total	4304,220653

Tabla 1. Radiación solar en Iñaquito

Según los datos primarios, en el sector de Itchimbia se calculó un valor promedio de irradiación solar de 3850 Wh/m²/día y en Calderón superiores a 5000 Wh/m²/día. La Tabla 1 muestra el promedio anual de irradiación solar registrado entre el año 2001 y 2009 en Iñaquito, como ejemplo de la variabilidad por periodo.

Un análisis del Atlas Eólico en lo referente al Distrito Metropolitano de Quito, muestra que no se prevén velocidades del viento mayores a 3m/s, en prácticamente todos los lugares del Distrito Metropolitano. Es decir, en los lugares estudiados no existe recurso suficiente para generar electricidad a un nivel de alta potencia. Sin embargo, existen dos lugares que parecen tener más potencial de generación: las laderas occidentales del volcán Puntas y la ladera oriental del volcán Guagua Pichincha [7]. Un estudio exploratorio de los lugares mencionados permitió corroborar lo planteado en

el Atlas. Estos no solo cuentan con recurso eólico, sino que existen lugares topográficamente adecuados para la colocación de aerogeneradores. El análisis de los datos del Atlas solar permite concluir que la potencialidad de generar energía fotovoltaica es mayor en el norte de la ciudad de Quito, que en el sur, debido a que su irradiación promedio alcanza los 4.990 Wh/m²/día, versus los 4.680 Wh/m²/día en el sur.

Discusión

El análisis de la información permite concluir que en el Distrito Metropolitano de Quito la velocidad del viento disminuye en horas de la noche, llegando en algunos casos a prácticamente desaparecer, es decir, ser igual a 0 m/s. Los resultados demuestran que existen sitios dentro del Distrito Metropolitano de Quito, en los cuales se puede generar energía a partir del viento con velocidades promedio mayores a 3 m/s, lo cual permite el uso de generadores eólicos de baja potencia, es decir menores a 1500 W. En los lugares estudiados no se encontró evidencia de que pueda generarse energía eólica de mayor potencia, debido al limitado recurso eólico.

El análisis del Atlas eólico corrobora los datos recabados en esta investigación. En la mayor parte del territorio del Distrito Metropolitano de Quito no existe recurso eólico suficiente como para generar electricidad a un nivel de alta potencia. Sin embargo, se recomienda un estudio de prefactibilidad en el volcán Puntas y la ladera oriental del Guagua Pichincha, para conocer la verdadera dimensión del aprovechamiento del recurso eólico. El recurso solar que recibe el Distrito Metropolitano de Quito es el suficiente para superar los 4.000 Wh/m²/día [3], límite mínimo a partir del cual es considerado como técnica y económicamente factible para un proyecto fotovoltaico. Ninguno de los valores promedio de irradiación solar registrados son menores a este mínimo.

El Atlas Solar del Ecuador permite comprender a una escala muy grande, celdas de 40 km × 40 km [6], cuales son las provincias que permitirían un mejor aprovechamiento del recurso para generar energía eléctrica. Sin embargo, no es lo suficientemente fino para determinar ubicaciones privilegiadas.

En conclusión, la investigación exploratoria demuestra que es factible técnicamente, producir electricidad a partir de paneles fotovoltaicas a pequeña o gran escala, y de generadores eólicos de baja potencia. En el caso del aprovechamiento de la energía solar, los datos permiten concluir que es posible hacerlo en todos los lugares estudiados. Este potencial podría ser usado como abastecimiento para autoconsumo domiciliario o para la generación a gran escala a través de centrales solares fotovoltaicas. Así, la generación de energía eléctrica a partir de la radiación solar es técnicamente factible, los estudios económicos y financieros son los que deben determinar las mejores ubicaciones, dimensionamiento y tipos de inversiones.

Agradecimientos

La información expuesta en este artículo fue recopilada y analizada durante los proyectos "Estudio experimental de la generación de energía solar y eólica en el Distrito Metropolitano de Quito Fase I" y "Estudio experimental de la generación de energía solar y eólica en el Distrito Metropolitano de Quito Fase II" ambos financiados por la Universidad Tecnológica Indoamérica (Convocatorias 2011 y 2012, respectivamente).

Referencias

- [1] Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. 2013. Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, Quito.
- [2] OLADE. 2013. La matriz energética en ALyC en comparación con el mundo. Quito.
- [3] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. 2013. Políticas y estrategias en proyectos de energía renovable y uso eficiente de la energía en Ecuador. Quito.
- [4] CONELEC. 2013. Proyectos del Plan de Expansión de Generación Eléctrica. Quito, 2013.
- [5] Corporación para la Investigación Energética. 2013. Investigación y desarrollo de las energías renovables en el Ecuador. Quito.

[6] CONELEC y CIE. 2006. Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica. Quito.

[7] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. 2011. Atlas eólico del Ecuador con fines de generación eléctrica. Quito.

[8] CONELEC. 2011. Regulación No. CONELEC - 004/11. Quito.

[9] CONELEC. 2012 Consejo Nacional de Electricidad. [Online]. <http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=10167>.

[10] CONELEC. 2013. Regulación No. CONELEC - 001/13. Quito.

[11] CONELEC. 2014. Codificación Regulación No. CONELEC-001/13. Quito.

Recibido: 16 septiembre 2014

Aceptado: 13 noviembre 2014