

ANÁLISIS DE LA ENERGÍA MICROEÓLICA E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEDICIÓN.

MICRO WIND POWER AND ITS POTENTIALITY, POTENTIAL MEASUREMENT PROJECT IN
THE CHEMICAL, ENGINEERING FACULTY.

Lcdo. Lorenzo Ricardo Fernández Argüelles, MBA
I.S.P. "Enrique José Varona" La Habana, Cuba.

Ing. Roberto Sánchez Companioni.
Academia Naval Granma, La Habana, Cuba

RESUMEN

Se hace un análisis de la situación actual de la energía eólica y en especial la micro eólica en el mundo y en el Ecuador. Se describe la preparación y montaje de una estación meteorológica por parte del Centro de Estudios de Energías Renovables de la Facultad de Ingeniería Química (CEER-FIQ) de la Universidad de Guayaquil, como primer paso para la implementación de un proyecto para determinar y caracterizar el recurso eólico a bajas alturas en la Zona 8 de la provincia del Guayas. En el análisis se valora como hasta el momento la energía eólica se ha relacionado con máquinas generadoras de gran tamaño y alturas, que se instalan en lugares aislados y apartados de las urbanizaciones. Sin embargo en la actualidad ya se han diseñado turbinas eólicas pequeñas, las cuales no requieren de grandes caudales del recurso eólico para su funcionamiento. Estas máquinas se han usado principalmente para la autogeneración de energía y últimamente por los desarrollos tecnológicos implementados, se están montando para la inyección a red y al área doméstica. El estudio del recurso eólico tendrá una duración mínimo de un año, a partir del cual podremos recomendar que tipo de aerogenerador sugerir para la autogeneración de energía en el sector residencial.

PALABRAS CLAVES: Micro eólica, aerogenerador, estación meteorológica, variables meteorológicas, recurso eólico.

ABSTRACT

An analysis about the current situation of wind power especially the micro wind power in the world and in Ecuador was made. The set-up and installation of a weather station as part of the Center for the study of renewable energies of the Chemical Engineering Faculty (Centro de Estudios de Energías Renovables de la Facultad de Ingeniería Química- CEERFIQ) at the University of Guayaquil is described. This represents the first step in the development of a project to determine and characterize the wind power source at low altitudes in the eight zone of the Guayas province. In this analysis, the relationship between wind power and big installations, formed by powerful generators, which have been installed in remote places far from housing areas, was evaluated. More recently, small wind turbines have been designed which require less wind power to work properly. These machines have been used for power auto generation and domestic uses. Latest technological advances have allowed the connection of these machines to the network and domestic areas. The study of the wind resource will have a minimum duration of one year, from which we recommend that type of wind turbine suggest for self-generation of energy in the residential sector.

KEY WORDS: Micro wind, turbine, weather station, weather variables, wind energy.

Introducción

Se pretende como objetivos de este artículo, brindar una panorámica general del estado del arte de la energía eólica y la micro eólica, además de resaltar la implementación de una propuesta para una estación meteorológica, en las áreas de la Facultad de Ingeniería Química.

La energía eólica es el movimiento de las masas de aire alrededor de la superficie terrestre. Este movimiento se origina por las diferencias de presión que se distribuyen por todo el globo terráqueo, producto del calentamiento solar de la superficie terrestre (hay una diferencia del calentamiento de la superficie entre los polos y el ecuador terrestre).

El aprovechamiento eficiente de la energía del viento solo se puede realizar si se conoce su comportamiento y las potencialidades del mismo. Esas potencialidades se enmarcan en el conocimiento específico de determinadas zonas, donde este recurso tiene un potencial elevado con independencia de la rugosidad y de la forma del terreno. Nos estamos refiriendo a puntos específicos de las diferentes áreas geográficas en las cuales el viento se acelera, ejemplo de ello son las quebradas entre elevaciones, zonas costeras expuestas a la acción de los vientos, calles entre edificios altos en la dirección predominante de los vientos que "encajonan" a los mismos y los aceleran, azoteas de edificaciones, orillas de los ríos e incluso superficie de los lagos y corrientes de agua, etc.

El comportamiento del viento en una determinada zona depende de muchos factores, y el conocimiento de sus características, entre las que se destacan las velocidades promedio, la dirección predominante de los mismos (en pico o ráfagas) se hace imprescindible para cualquier proyecto de esta índole.

Se entiende por micro eólica a la generación de energía eléctrica a partir de las potencialidades del recurso del viento a bajas alturas, en una zona determinada, utilizando máquinas eléctricas que pueden estar conectadas a red o en sistemas aislados.

"Todavía no hay una definición global unificada de micro eólica. Originalmente, por micro eólica se definía la producción de pequeñas cantidades de electricidad para la casa y sus electrodomésticos o para cubrir la demanda de electricidad de diferentes hogares". (Gsänger, 2014)

Desarrollo

Panorama mundial de la energía micro eólica

"Los estudios y las evaluaciones que se han realizado, confirman que los recursos eólicos mundiales son inmensos y además bien distribuidos a través de casi todas las regiones y países. La carencia de viento es tan poco probable, que no puede considerarse como un factor limitante, para el desarrollo global de la energía eólica" (Global Wind Energy Council, 2006).

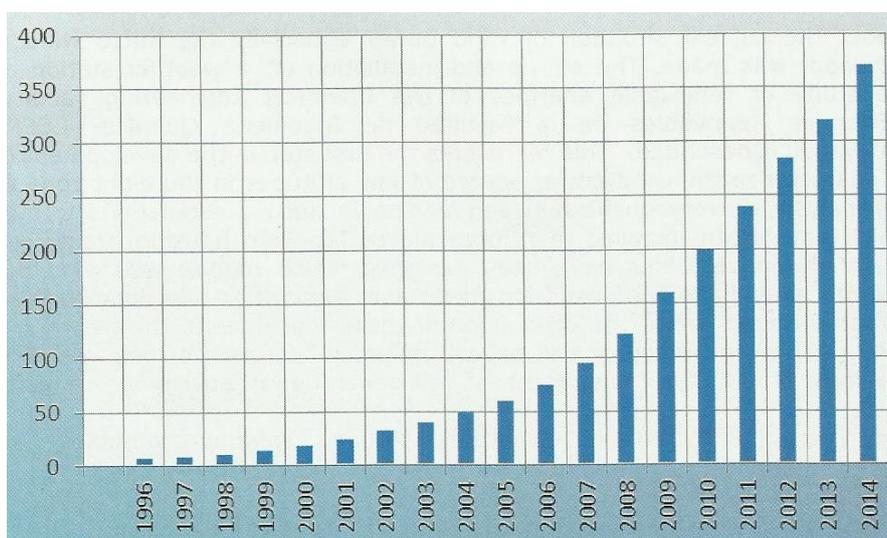


Figura 1. Capacidad total instalada de la energía eólica.

Fuente: Resumen año 2014 GWEC.

El crecimiento constante y sostenido de las subvenciones a la energía eólica y la reducción de los costes de los medios y dispositivos que conforman los aerogeneradores, (por cierto cada vez más eficientes y automatizados) ha permitido que este tipo de energía renovable se vaya imponiendo rápidamente en la matriz energética mundial.

"Globalmente, la energía eólica ostentará el mayor crecimiento en materia de generación a partir de fuentes renovables... la eólica alcanzará un 20% de la generación eléctrica total en la Unión Europea...". (Agencia Internacional de Energía, 2014).

Como puede observarse en la Figura No 1, el crecimiento de la capacidad total instalada de la energía eólica ha crecido en más de 18 veces desde el año 2000.

El mercado de micro eólica en el mundo ha ido en aumento constante: "... en el año 2010 el tamaño de los aerogeneradores instalados promedio fue 0,66 kW, en el 2011 ascendió a 0,77 kW, y en 2012, alcanzo 0,84 kW". (Gsänger, 2014).

Aun son pocos los estudios realizados sobre el potencial eólico de las diferentes regiones del mundo y menos estudios aún se han realizado sobre el potencial eólico a bajas alturas (menos de 30 metros). Los pocos estudios realizados demuestran que este recurso tiene potencialidades altas, incluso mayores de las pronosticadas. Según Neils Meyer, Michael Grubb "...los recursos eólicos del mundo, tienen la capacidad para generar anualmente 53.000 TWh de electricidad". (Meyer, 1994)

Recientemente, los investigadores del proyecto Clima Global y Energía de la Universidad de Stanford en California, estimaron que los recursos mundiales en viento, pueden generar más que la energía necesaria, para satisfacer la demanda energética global total. (Bao, Benson, Cui, & Dionne, 2014)

En el mercado de aerogeneradores de pequeña potencia se pudo constatar que en el año 2010 se instalaron más de medio millón de unidades en todo el mundo, superando los 443 MW instalados, equivalente a un 26% más respecto al año anterior. Sin embargo en el año 2013 disminuyó la potencia instalada de los aerogeneradores de micro eólica, en el 2012 se habían instalado

alrededor de 806 000 aerogeneradores (Hossain, 2014), 10 % más que en el 2011 y en el año 2013 la suma ascendió a 870 000 unidades, lo que representó sólo un 8 % respecto al 2012. La potencia total en este sector alcanzó los 755 MW. (Agencia Internacional de Energía, 2014)

Los aerogeneradores de eje horizontal (HAWT por sus siglas en inglés) tienen supremacía en el mercado (74 %), lo demuestra la adopción de los fabricantes ante la tecnología de eje vertical (VAWT por sus siglas en inglés) de sólo el 18 %. Únicamente han adoptado las dos tecnologías el 6 % de los fabricantes. (Gsänger, 2015), (Hossain, 2014)

En la actualidad la tendencia de los pequeños sistemas de micro eólica se dirigen hacia la variante de conexión a red, no obstante la variante de aislada sigue desempeñando un papel importante en las aplicaciones de proyectos en zonas aisladas y rurales: "Teniendo presente la baja de los costos de inversión en los sistemas de micro eólica, la variante aislada se perfila con un desarrollo acelerado en los próximos años, fundamentalmente en China, India y los EEUU" (Gsänger, 2015)

La anterior afirmación, fue ratificada por el mismo en vísperas de la celebración de la sexta Cumbre Mundial de la Energía Mini eólica 2015 que organizan la Asociación Mundial de la Energía Eólica (WWEA) y New Energy Husum, cuando planteó y cito: "Técnicamente y económicamente, la mini eólica tiene mucho que ofrecer....aparte de los mercados del mundo industrializado, el mayor potencial para la mini eólica se encuentra en la electrificación de las zonas rurales, en particular en los países en desarrollo". (Gsänger, 2015)

Análisis en Ecuador

Según los datos estadísticos suministrados por la Agencia de Regulación y Control de la Electricidad del Ecuador "del total de energía bruta a nivel nacional, el 47,54 % corresponde a energía producida por fuentes renovables, el 49,13 % a energía de fuentes no renovables y el 3,33 % a importación de energía". (ARCONEL, 2014).

Las especificaciones y detalles de cada tipo de energía se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1: Producción bruta por tipo de energía y fuente generadora.

Tipo de Energía	Tipo de Central	Energía Bruta	
		GWh	%
Renovables	Hidráulica	11457,90	45,57
	Biomasa (Bagazo)	399,47	1,58
	Eólica	79,74	0,32
	Fotovoltaica	16,48	0,07
Total Renovable		11953,59	47,54
No Renovable	Térmica MCI*	6343,86	25,23
	Térmica Turbo gas	3242,80	12,90
	Térmica Turvapor	2766,97	11,00
Total no Renovable		12353,63	49,13
Interconexión		836,74	3,33
Total Interconexión		836,74	3,33
Total producción bruta por tipo		25143,96	100,00

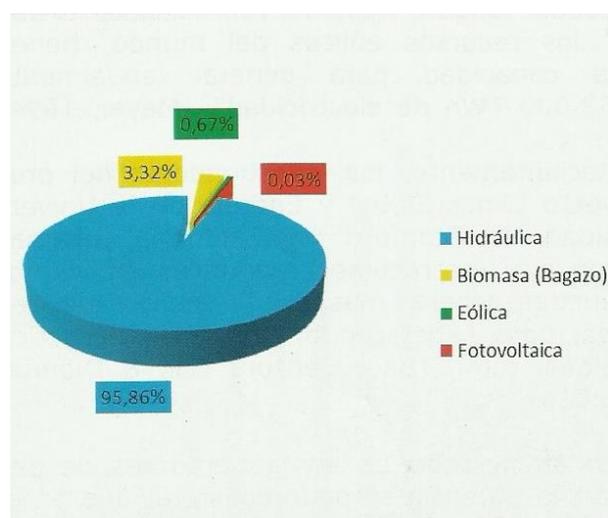
*MCI: Motor de Combustión Interna

Fuente: ARCONEL, 2014

Por su parte, la composición de la generación bruta de energía proveniente de las fuentes renovables presenta una asimetría muy amplia en el país y en el marco de la diversificación de la matriz energética se halla sobredimensionada la energía hidráulica; esto obedece a la rápida amortización de este tipo de energía y al fuerte apoyo del estado ecuatoriano y como bien se expresa en el análisis de las estadísticas del sector eléctrico ecuatoriano en que dice: "aspira pasar de un 43% de generación de electricidad de origen hidroeléctrico a 80% para el 2020, complementado por un 10% de otras fuentes renovables" (ARCONEL, 2014)

Son muchos los países de la región que tienen una ley donde se incentivan económicamente a las fuentes de energía renovable, siendo la región de América Latina y del Caribe una zona pionera en este tema, esto fue corroborado por Muñoz cuando planteó y citó: "pionera a la hora de diseñar e implementar mecanismos específicos de promoción de las energías renovables" (Muñoz, 2015). Vale expresar que en nuestro país, a pesar de estos incentivos económicos (costo del kWh, y exenciones en el SRI, entre otros), la materialización e implementación de proyectos de otras fuentes energéticas renovables diferentes de la hidráulica, no ha tenido un gran impacto en el sector eléctrico ecuatoriano.

Como puede apreciarse en la Figura No 2 existe una desigualdad muy pronunciada entre ellas y como lo expresa Argüelles y cito: "las energías fotovoltaicas y eólicas son simplemente nulas al lado de la energía hidroeléctrica...se está dejando ver que el concepto de diversificación de la matriz energética no se ha generalizado aun... Una consiente diversificación ocurre cuando los aportes del resto de los tipos de energía son al menos un tanto significativos en esta estructura" (Argüelles., 2013).

**Figura 2.** Producción (GWh) de las Energías Renovables en el Ecuador-2014.
Fuente: ARCONEL, 2014.

La evaluación del recurso eólico es el elemento primero y más importante a la hora de acometer un proyecto de energía eólica. Es digno destacar el ingente esfuerzo del Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, que lograron presentar a la sociedad la publicación "Atlas Eólico del Ecuador", donde se recogen los datos de este recurso a partir de los 50 metros de altura.

Para la determinación puntual del recurso eólico a bajas alturas (menos de 30 m), en las ciudades y otros lugares de la geografía ecuatoriana no se recogen los datos en dicho atlas, no se recogen con exactitud las velocidades del viento en ciudades y accidentes geográficos propensos a acelerar los mismos, que de por sí, son sitios útiles para implementar proyectos de generación micro eólica. Ejemplo de ello ha sido el estudio realizado por Crespo, para la determinación del recurso eólico en la ciudad de Quito donde expreso "... 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". (Crespo, 2014).

En las condiciones específicas del Ecuador, podemos expresar que solo se ha experimentado en el sector de la micro eólica en contadas ocasiones, como por ejemplo en la ESPOL, en el Ingenio Valdéz, y algunos esfuerzos aislados de pequeños emprendedores, sin embargo hay potencialidades a desarrollar para abastecer diferentes aplicaciones. En este aspecto se coincide con Crespo, cuando lo planteó en su trabajo (Crespo, 2014).

Materiales y métodos.

Proyecto de Estación Meteorológica.

El Centro de Estudios de Energías Renovables de la Facultad de Ingeniería Química (CEER-FIQ) de la Universidad de Guayaquil ha instrumentado una propuesta de proyecto para la medición del recurso eólico a bajas alturas y en las azoteas de los edificios de la ciudad.

Esta propuesta de proyecto implementó el montaje de una estación meteorológica, en dicha facultad, con la cual se pretende realizar la medición de la velocidad media del viento, con respecto al tiempo y dirección de donde soplan los mismos, siendo este un elemento esencial a la hora de diseñar un sistema de aprovechamiento energético con aerogeneradores.

La estación meteorológica se halla a los 2° 10'54,7032 de latitud Sur y a los 79° 53'56,1444 de longitud Oeste. La altura del punto donde se ubica la misma es de 31 metros, que sumados a los 12 metros del mástil de la antena hacen un total de 43 metros sobre el nivel del mar. Los datos adquiridos con la medición de las variables meteorológicas durante un determinado período se procesan estadísticamente y entrega el potencial eólico del punto donde se halla ubicada la misma.

La propuesta de proyecto contempla el montaje de varias estaciones distribuidas en la zona 8 de la provincia del Guayas para la medición y recopilación de los parámetros durante un año como mínimo. De forma paralela el proyecto considera la elaboración de un software para la visualización de los variables y su procesamiento estadístico de forma automatizada. Se conformará la red de forma que se adquieran datos de una amplia zona y se comparten e intercambian con otras estaciones conectadas en diferentes partes del país.

La estación meteorológica usada es la WS-1090 de uso doméstico (Ver Figura No 3), fabricada por la empresa Ambient Weather, y entre sus características encontramos que transmite a una frecuencia de 915 MHz, la transmisión de los datos se realiza de forma inalámbrica hasta una distancia de 100 metros, cada 30 segundos. Entre las variables que mide se hallan: la temperatura (en grados Centígrados o grados Fahrenheit), la humedad relativa (%) interior de la habitación donde se encuentra el procesador y así mismo la temperatura y la humedad relativa exterior del punto donde está el resto del equipo de medición montado.

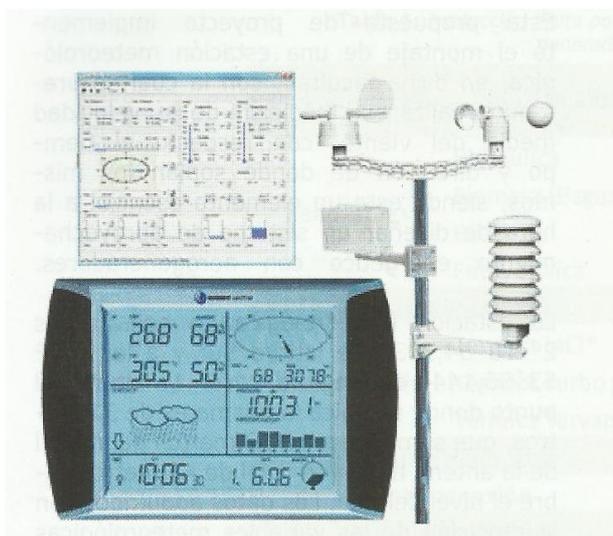


Figura 3. Composición de la WS-1090
Fuente: <http://www.ambientweather.com/amws1090.html>



Figura 4. Sensores exteriores de la WS-1090.
Fuente: Elaboración propia.

Mide además el rumbo o dirección del viento (en grados de desviación magnética) y la velocidad del viento (m/s, km/h etc.), nivel de precipitaciones, tendencia o pronóstico del estado del tiempo, presión barométrica (en mm de la columna de mercurio o milibar), histórico de presión, el tiempo, la fecha y la posibilidad de la medición de los mínimos, máximos y promedio de todas estas variables.

Su programación permite el uso de indicadores de alarma sonora para cualquiera de las variables descritas y la representación gráfica del llenado de la memoria interna. La pantalla permite la introducción de la configuración de forma táctil, posibilitando un intercambio dinámico y ágil. La extracción de los datos se realiza a través del puerto USB del procesador y el mismo se conecta a cualquier PC en la cual previamente se le haya instalado el software de usuario correspondiente.

En la parte externa se incluyen los sensores de rumbo y velocidad del viento, nivel de precipitaciones y temperatura exterior, la configuración de los sensores conformada en el mástil se puede ver en la Figura No 4.

El montaje de estos sensores se realizó en un mástil adaptado y reconstruido para sustentarla en lo alto, fue hecha fija a la estructura del edificio de la facultad, mediante tensores y cables, teniendo una altura desde el nivel del mar de 22 m.

Para que su funcionamiento se haga de forma ininterrumpida se diseñó y montó una fuente de alimentación la cual le envía la energía desde la base a lo alto del mástil (de esta forma se eliminan las baterías).

De igual forma para destacar su presencia en las noches se le instaló una baliza de señalización de color rojo que parpadea cada 10 segundos, esta baliza comienza a trabajar al caer la noche y se activa junto a la iluminación del mástil mediante una fotocelda, montada en su base. La iluminación del mástil se logra por medio de tres lámparas led colocadas a cierta distancia una de otra. (Ver Figura No 5).



Figura 5. Imagen nocturna de la estación meteorológica.
Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

La energía eólica es una de las fuentes de energías renovables más común en todo el globo terráqueo. Se ha caracterizado su recurso para alturas superiores a los 50 metros, pero no se ha explorado su potencialidad para pequeñas alturas, mucho menos en zonas de accidentes geográficos naturales y accidentes geográficos construidos por el hombre.

Se da a conocer una propuesta de proyecto de medición de las variables meteorológicas en una extensa área de la zona 8 de la provincia del Guayas, para caracterizar el recurso

eólico a bajas alturas y poder conocer su potencialidad para la generación eléctrica mediante aerogeneradores de pequeño tamaño para la microeólica.

Este estudio permitirá con los datos recolectados después de un año, medición, poder recomendar que tipo de aerogenerador de bajo caudal eólico utilizar para la autogeneración en el sector residencial, y de esa manera poder contribuir con el cambio de Matriz Energética que el Ecuador está implementando.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Internacional de Energía. (2014). Resumen Ejecutivo. París, Francia: OCDE/AIE.
- Alianza en Energía y Ambiente (AEA). (2012). Alianza en Energía y Ambiente con la Región Andina.
- ARCONEL. (2014). Atlas del sector eléctrico ecuatoriano 2014. Quito, Ecuador: Ministerio de Electricidad y Energías Renovables.
- ARCONEL. (2014). Estadísticas del sector eléctrico ecuatoriano. Quito, Ecuador: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.
- Argüelles., L. R. (2013). Análisis de las Fuentes de Energías Renovables en el marco de la diversificación de la matriz energética y su implementación en la pequeña y mediana empresa en el Ecuador, Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Bao, Z., Benson, S., Cui, y., & Dionne, J. (2014). En Busca de Energía limpia y accesible. California: Oilfield Review.
- Boshell, F. (2014). IRENA – Corredores Regionales de Energía Limpia. Montevideo, Uruguay: Taller: Acciones Nacionales Apropriadadas de Mitigación en el sector de las Energías Renovables.
- Carvajal, P. (2013). Balance Energético Nacional. Quito, Ecuador: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos.
- Crespo, A. A. (2014). Estudio exploratorio del potencial de generación de energía eólica y fotovoltaica en el distrito metropolitano de Quito. Quito, Ecuador: CIENCIA-MÉRICA, N° 3, diciembre 2014, pp (19-24), Universidad Tecnológica Indoamérica.
- Dávalos, V. O. (2012). Matriz Energética en América Latina y el Caribe, Situación Actual y Perspectivas de las Energías Renovables. La Habana, Cuba: OLADE.
- Global Wind Energy Council. (2006). Perspectivas globales de la energía eólica. Greenpeace.
- Gsänger, S. (2014). Bonn, Alemania: Published by ISEDC in cooperation with "IntelInform Vision", LLC.
- Gsänger, S. (2015). Bonn, Alemania: WWEA March 2015.
- Hossain, D. J. (2014). World Wind Resource Assessment Report. Alemania, Bonn: Nopenyo Dabla, WWEA Technical Paper Series (TP-01-14).

BIBLIOGRAFÍA

- Meyer, M. G. (1994). Fuentes de Energía Renovable para los Combustibles y la Electricidad. Bruselas. Bélgica: GWEC.
- Muñoz, M. (2015). Energías Renovables en América Latina, sumario de políticas. Abu Dhabi.: IRENA.
- Pablo Carvajal, A. O. (2013). Balance Energético Nacional. Quito, Ecuador: Ministerio Coordinador de sectores Estratégicos.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo - Senplades. (2013). Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017. Quito, Ecuador: Senplades.
- Stefan Gsänger, J. P. (2014). Small Wind World Report. Bonn, Alemania: WWEA Head Office, New Energy Husum.



Lcdo. Lorenzo Ricardo Fernández Argüelles, MBA

- *Licenciatura (Especialidad Química), I.S.P. "Enrique José Varona" La Habana, Cuba.*
- *Maestría en Administración de Empresas (MBA), mención Negocios Internacionales. (U. de Guayaquil – U. de Guadalajara, México)*
- *Docente de la Facultad de Ingeniería Química – Universidad de Guayaquil.*
Email: ricardo.fernandez@ug.edu.ec – ricardito04@hotmail.com

Ing. Roberto Sánchez Companioni

- *Investigador Auxiliar, Cuba.*
- *Ing. Militar Electromecánico, Academia Naval Granma, La Habana, Cuba.*
Email: roberto.sanchezcomp@ug.edu.ec – rscompa1959@gmail.com