

ESTADO DEL ARTE EN EL DESARROLLO DE PEQUEÑOS GENERADORES EÓLICOS.

I. Arraña, E. Marino, P. Bertinat, J. Salerno, J. Chemes, M. Barone, J. Saenz.
Observatorio de Energía y Sustentabilidad
Departamento Ingeniería Eléctrica, Facultad Regional Rosario, Universidad Tecnológica Nacional.
Zeballos 1341 CP 2000 – Rosario, Pcia. de Santa Fe - Tel. 0341-4484909
e-mail: emarino0@live.com

Recibido: 06/08/12; Aceptado: 25/09/12

RESUMEN: El trabajo presenta un estudio sobre el estado del arte del desarrollo de pequeños aerogeneradores. El relevamiento consistió en la búsqueda de fabricantes de pequeños aerogeneradores a nivel mundial. El medio de exploración se remitió a internet y el contacto directo con los proveedores. El objeto de la búsqueda fue recopilar la mayor cantidad de datos sobre las características técnicas constructivas de los equipos, analizando cuestiones como: tipo de generador y rotor utilizados, mecanismos de orientación, de acoplamiento entre generador y rotor, etcétera. Se relevaron también los precios. Si bien existe una dispersión en las características se observa una tendencia general a adoptar un modelo tipo. Se observa también una dispersión importante de precios por unidad de potencia. También puede observarse una dificultad a la hora de presentar la información técnica de los mismos debido a la falta de criterios comunes.

Palabras clave: pequeños aerogeneradores, energía eólica, industria, desarrollo.

INTRODUCCIÓN

La generación mundial de energía eléctrica, tan importante para el desarrollo humano, se ha incrementado durante los últimos cincuenta años a un ritmo varias veces superior al del crecimiento de la población.

El consumo promedio de electricidad correspondiente a cada habitante del planeta, en todas sus aplicaciones, domésticas, industriales y de transporte, ronda hoy los 239,5 kWh mensuales (Grupo del Banco Mundial, 2011), aunque su distribución es sumamente desigual.

Más de 65% de este consumo lo satisfacen plantas termoeléctricas que queman carbón, gas o petróleo (International Energy Agency, 2010).

La demanda creciente de estos combustibles, junto a la disminución de sus reservas, han desatado un continuo aumento de los precios que afecta a la economía mundial. Además, el uso de combustibles fósiles produce gases, como el dióxido de carbono (CO₂), cuyo efecto invernadero provoca el incremento de la temperatura de la superficie del planeta

Para enfrentar estos problemas, la humanidad necesita desarrollar y aplicar tecnologías generadoras de electricidad basadas en fuentes renovables de energía que no emanen a la atmósfera gases de efecto invernadero.

Entre las fuentes renovables de energía, la del viento se destaca en varios aspectos decisivos. La energía eólica —en referencia a Eolo, el dios de los vientos en la mitología griega— es renovable, abunda en muchas regiones del planeta, la tecnología para su aprovechamiento está disponible y tiene un impacto global mucho menor al de otras fuentes energéticas. Como se observa en la Fig. 1, cada vez más países del globo optan por la producción masiva de electricidad a partir del viento.

En el informe de la Asociación Mundial de Energía Eólica (WWEA, 2011), sobre el comportamiento de esta industria a nivel mundial, se destaca que aunque la tendencia de crecimiento en el 2010 sigue en ascenso, se registró la tasa más baja (23,6%) desde el año 2004 y la segunda más baja de la década anterior. La extrapolación de los datos indica que la capacidad instalada a nivel mundial alcanzaría los 240000 MW a finales del 2011.

Todas las turbinas instaladas en el mundo durante el año 2010 pueden generar 430 TW-h por año, más que la demanda eléctrica del Reino Unido, la sexta economía más grande del mundo, alcanzando el 2,5 % del consumo eléctrico a nivel mundial. El sector eólico tuvo una facturación en 2010 de 40 billones de Euros y empleó a 670.000 personas en el planeta (Ibidem, p. 5, 2011).

China se convirtió en el país con mayor capacidad instalada a nivel mundial y el centro de la industria eólica a nivel internacional. Añadió 18.928 MW durante el año indicado, contabilizando más del 50 % de la capacidad instalada a nivel mundial durante el 2010 (Ibidem, p. 5, 2011).

América del Norte registró la disminución más importante de la tasa de crecimiento a nivel mundial. Estados Unidos perdió el primer lugar en la lista de países con mayor capacidad instalada. (Ibidem, p. 5, 2011)

Muchos países de Europa Occidental muestran estancamiento, mientras que hay un fuerte crecimiento en varios países de Europa del Este. Alemania mantiene la primera posición en Europa, con 27.215 MW, seguido por España con 20.676 MW. (Ibidem, p. 5, 2011)

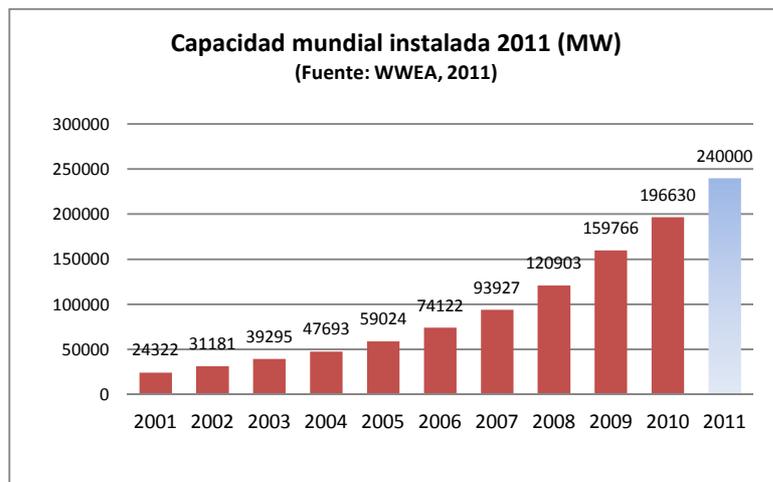


Figura 1: Capacidad de energía eólica instalada a nivel mundial (Fuente WWEA, 2011).

Asia contabilizó el 54,6 % del total de la capacidad instalada durante el 2010, seguido por Europa (27,0 %) y América del Norte (16,7 %). Latinoamérica y el Caribe junto a África son actualmente las regiones del mundo con menor crecimiento en la energía eólica y con la menor capacidad instalada, Latinoamérica con 1,2 % y África 0,4 % (Ibidem, p. 5, 2011).

Se estima que la capacidad instalada global llegue a 1.900.000 MW para el 2020, teniendo como premisas un desarrollo acelerado y mejoras en las políticas aplicadas.

En los últimos años se han producido avances importantes en el campo de la energía eólica de baja potencia. El líder mundial en este mercado es Estados Unidos. Según el informe de la Asociación Americana de Energía Eólica (AWEA,.) en este país, durante 2006, se totalizaron 8565 kW y se vendieron 8329 aerogeneradores de baja potencia, de los cuales el 98% se fabricaron en el país (Cuesta Santianes y ot., 2008). En la actualidad, se estima que hay una capacidad instalada de cerca de 60 MW, aunque la industria mini-eólica estima que para el año 2020 podría suministrar 50.000 MW en todo el planeta.

El mercado mundial de los pequeños generadores eólicos presenta un desarrollo prometedor. Existe un número creciente de fabricantes de pequeños aerogeneradores y, actualmente, los fabricantes de grandes aerogeneradores empiezan a realizar incursiones en este sector, atraídos por las posibilidades del nuevo mercado.

En nuestro país un grupo de once fabricantes de pequeños aerogeneradores comenzaron un camino de “fortalecimiento y mejora” convocados por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). Sus molinos eólicos serán estudiados en la reciente plataforma de ensayo de pequeños aerogeneradores del INTI, construida en un terreno cedido por la Municipalidad de la localidad de Cutral Có, Neuquén. En síntesis, la intención es fabricar más y mejores productos y al mismo tiempo beneficiar la demanda de este tipo de sistemas energéticos. Esta iniciativa recibió el apoyo de relevantes instituciones del sector como la Asociación Argentina de Energía Eólica y del Centro Regional de Energía Eólica de Chubut, cuyos representantes participan de la convocatoria.

El presente trabajo, considerado una herramienta, puede ser útil a la hora de tomar decisiones respecto a las tecnologías a desarrollar o utilizar localmente.

METODOLOGÍA

En este trabajo se presenta un relevamiento del estado del arte en el desarrollo de pequeños aerogeneradores. En principio se comienza con un estudio enfocado en la descripción de pequeños aerogeneradores eólicos, su clasificación y la descripción de sus subsistemas. Finalmente y como principal tarea, se presenta un resumen en el que se redactan las conclusiones del relevamiento. Las mismas se basan en el estudio sobre una muestra de la población de pequeños aerogeneradores del mercado. Se adoptó para la búsqueda una potencia máxima 5 KW. Todas las conclusiones fueron verificadas con bibliografía existente. La metodología utilizada es la de una muestra aleatoria simple sobre la cual se realiza un análisis descriptivo según frecuencias absolutas expresada con distribución de porcentajes.

El trabajo de relevamiento consistió en la búsqueda de empresas fabricantes de pequeños aerogeneradores eólicos a nivel mundial. El medio de exploración principal fue internet y luego el contacto con las empresas. El objeto de la búsqueda fue recopilar la mayor cantidad de datos sobre las características técnicas constructivas de los equipos. Se analizaron cuestiones como tipo de generador utilizado, tipos de rotores, mecanismo de orientación, mecanismos de acoplamiento entre generador y rotor, etcétera. Para tal fin, se descargaron catálogos y se analizaron sus distintas secciones en busca de información relevante referida a características de diseño que pueda ayudar a la toma de decisiones.

A partir de la información relevada, se realizó una sistematización en tres ejes. En primer lugar se generó una base de datos de las empresas fabricantes y distribuidoras de pequeños generadores eólicos. En un segundo aspecto se sistematizó la

información de 71 equipos fabricados a nivel mundial en donde se incluye información relevante asociada a los datos técnicos entre los cuales se encuentran: potencias disponibles, velocidades de trabajo, sistemas de frenado, orientación y regulación de velocidad, peso, tipo de generadores utilizados, vida útil y los mecanismos para acceder a los catálogos. En tercer lugar se consignan los presupuestos recibidos ante las consultas realizadas a los distintos fabricantes. Respondieron a este requerimiento 17 de las 26 empresas relevadas. A partir de esto se realizó un análisis de los costos.

RESULTADOS DEL RELEVAMIENTO

Se relevaron 26 empresas fabricantes a nivel mundial que totalizaron un total de 71 equipos identificados. En el caso de fabricantes internacionales, se pidieron presupuestos a firmas locales distribuidoras de sus correspondientes equipos. A continuación se detallan los resultados más relevantes obtenidos de la información recopilada.

Tipo de eje:

Las mejoras tecnológicas que se han aplicado sobre los aerogeneradores de eje horizontal y las consecuentes mejoras en las prestaciones técnicas y económicas han dejado en segundo plano el desarrollo de los aerogeneradores de eje vertical. De 71 equipos relevados en la web el resultado determinó que el 86 % de los mismos se fabrican con eje horizontal mientras que el 14 % restante lo hace con eje vertical.

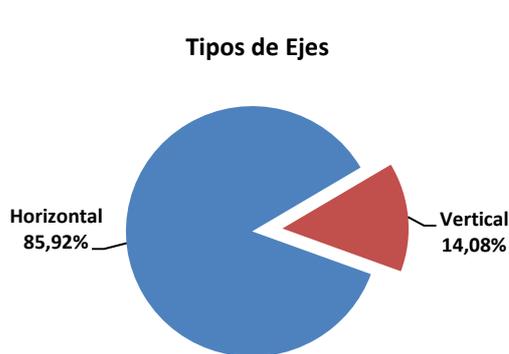


Figura 2: Tipo de eje utilizado en los pequeños aerogeneradores eólicos relevados.

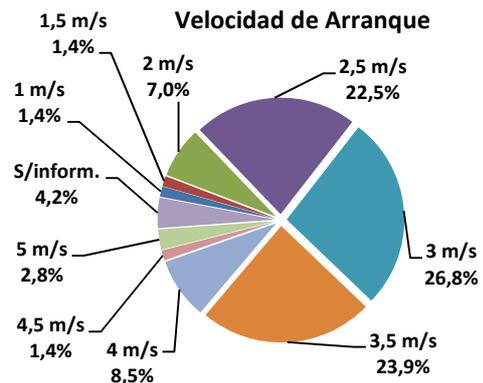


Figura 3: velocidad de arranque en los pequeños aerogeneradores eólicos relevados.

Velocidad de arranque y nominal:

De la Figura 3 se concluye que el 73,2 % de los equipos arranca para velocidades comprendidas entre 2,5 y 3,5 m/s. Los equipos que presentan las velocidades de arranque mínimas son de la Empresa Eólica Argentina S.R.L., con sus modelos ELI-206 de 500 W en 1 m/s y el ELI-206 AR de 750 W en 1,5 m/s. En el otro extremo aparecen dos equipos que comienzan a girar a los 5 m/s, ambos son de la firma Helix Wind, uno es el S322 de 2000 W y el otro es el S594 de 4500 W. Con respecto a la velocidad nominal de diseño hay un amplio entorno que varía desde los 5 a los 15 m/s, la moda es de 12 m/s el segundo pico que se observa en la Figura 4, se da para 10 m/s. Hubo nueve casos sin información al respecto.

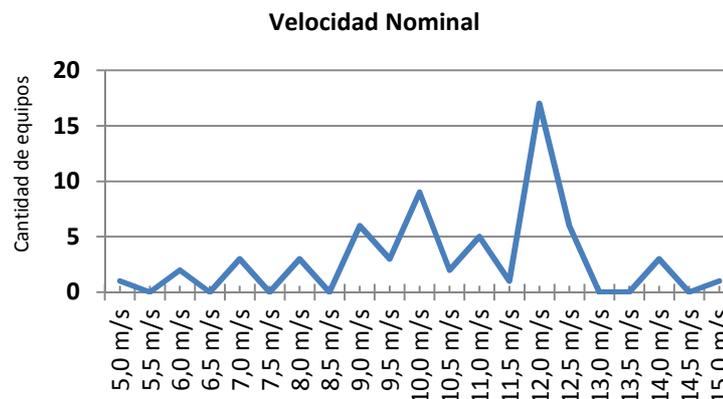


Figura 4: velocidad nominal sobre una base de 62 equipos (nueve no brindaron información).

Tipo de rotor y número de palas:

En la mayoría de los casos el rotor se encuentra situado a barlovento con el objeto de reducir las cargas cíclicas sobre las aspas. Si bien esta información no fue tan clara en los catálogos de los fabricantes, es lo que los autores de bibliografías diversas expresaron en sus escritos. Para nuestro estudio, de los 71 equipos sólo se encontraron cuatro equipos orientados a

sotavento, uno marca Bornay modelo Bee 800, un equipo SkyStream 3.7 de la firma Southwest Windpower y dos equipos Windy West, el WW 24 y el WW 36. El rotor común es de tipo hélice. En la tecnología actual el más frecuente es el tripala, aunque se relevaron hasta de seis palas con soluciones intermedias de dos, cuatro y cinco. En la Figura 5 se observan los resultados obtenidos. Téngase en cuenta que para la confección del gráfico no se tuvieron en cuenta los diez equipos de eje vertical.

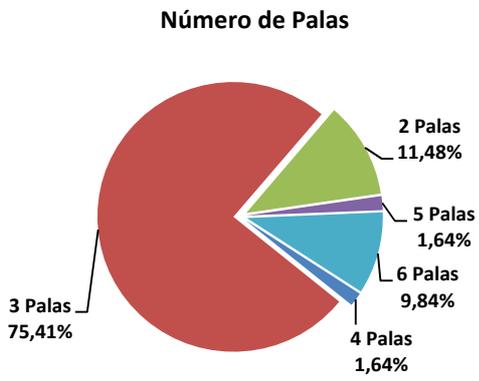


Figura 5: Cantidad de palas utilizadas en los pequeños aerogeneradores relevados.

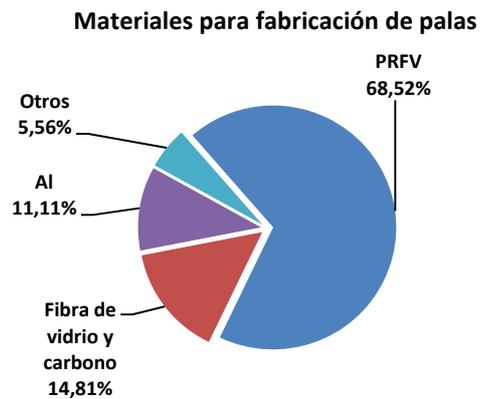


Figura 6: Materiales utilizados para la fabricación de aspas sobre 54 equipos analizados.

Con respecto a los materiales de fabricación de las aspas, encontramos que 17 de los 71 equipos estudiados no brindaron información al respecto. Es por ello que el gráfico de la Figura 6 que se observa a continuación, tiene como base el análisis de 54 equipos, que sí brindaron el tipo de materiales utilizados para sus palas.

El estudio muestra que para la mayoría de los pequeños aerogeneradores se emplean materiales compuestos para la fabricación de las aspas. El material más utilizado resultó ser la fibra de vidrio reforzada (PRFV). Existe una última tendencia en el uso de la fibra de carbono, de hecho el segundo material más utilizado resulta de la combinación de ésta con la fibra de vidrio. Debido a su alto costo no se observaron modelos diseñados exclusivamente de fibra de carbono. Con respecto al uso de maderas sólo se observó su uso en modelos anteriores del equipo marca Montaraz. El aluminio, actualmente, se está dejando de utilizar ya que es un metal propenso a la fatiga.

Características de generador eléctrico:

En la mayoría de los casos relevados se usa una conexión directa entre rotor y generador. De la información disponible se observa que sólo 2 modelos utilizan caja multiplicadora., En ésta situación encontramos el aerogenerador de 5 kW de eje horizontal correspondiente a la empresa Johannes Hubner y el modelo WW 24 de la empresa Windy West.

La tendencia más generalizada en los pequeños aerogeneradores es la utilización de generadores síncronos de imanes permanentes (PMG) en todo el rango de potencias estudiado. Existe una notable tendencia al uso de imanes de neodimio (NdFeB), que técnicamente duplican la potencia de sus antecesores.

En la Figura siguiente se gráfica lo antedicho, aunque debemos aclarar que de los 71 equipos hubo 11 sin información al respecto.



Figura 7: Tipo de generador eléctrico utilizado.

El generador síncrono es el más simple, eficiente y más robusto, suelen tener 4, 6, 8 o 10 polos. Sin embargo se encontraron equipos de hasta 20 pares, como el caso del Windspot de 3,5 kW y 22 pares de polos, en el equipo WW 36, de la empresa Windy West. La totalidad produce corriente alterna trifásica para hacer un mejor uso del espacio dentro de la carcasa del generador. Según la bibliografía también se puede encontrar el uso del diseño invertido, o sea con rotor exterior.

Existen sólo 3 modelos que emplean generadores de inducción, presentes generalmente en los grandes aerogeneradores conectados a la red. Uno de ellos es el Aerogenerador ST de la empresa ST Charger y los otros dos corresponden a la empresa Windy West.

Sistema de orientación:

Salvo los aerogeneradores de eje vertical y excluyendo los orientados a sotavento de eje horizontal, todos los modelos relevados se orientan por medio de un veleta de cola.

Sistema de frenado y regulación de velocidad de giro

Con respecto al sistema de frenado los resultados fueron variados, desde equipos sin sistemas de protección o con frenado manual hasta aerogeneradores con frenado por cortocircuito del generador, freno eléctrico, sistemas de control electrónico con microprocesadores y dispositivos de frenado mecánico y dinámico.

El sistema de regulación de velocidad más común relevado, es por cabeceo de la turbina eólica. Sin embargo también se observó el sistema de regulación por cambio de paso pasivo. Por ejemplo, en el caso del equipo Ingeza SILFOS 800 de la empresa Windearth, el paso es variable en toda su longitud contando con un ángulo de arranque de 20° y en los dos modelos Windspot de 1,5 kW y 3,5 kW, el sistema de cambio de paso es accionado centrífugamente.

Según el CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas de España) alrededor de las dos terceras partes de los aerogeneradores que actualmente se están instalando en todo el mundo son máquinas de regulación por pérdida aerodinámica (Cuesta Santianes y ot., 2008). Esto no pudo ser observado en este relevamiento, sin embargo hubo muchos modelos en los que los sistemas de regulación de velocidad, si bien estaban explicitados, no definían certeramente que tipo de tecnología utilizaban.

Tipo de torre:

Generalmente los fabricantes ofrecen diferentes tipos de alturas y torres para su selección de acuerdo con las características de la zona de instalación. Las torres más frecuentemente utilizadas son las auto portantes y las atirantadas o con tensores.

Para el caso de las torres es muy importante asesorarse sobre las normativas locales a la hora de seleccionar una alternativa de torre para el aerogenerador ya que pueden existir restricciones de altura o tipología estructural.

Estudio de costos:

Para este punto del estudio se optó por analizar equipos de una potencia estándar que rondaran los 1,5 kW. Como no todas las empresas respondieron los pedidos de cotización sumado a la diversidad de potencias de los equipos relevados, sólo se realizó la comparación para el caso de diez modelos de pequeños aerogeneradores.

Los costos consideran el valor del aerogenerador, la torre y los equipos electrónicos de control, como regulador de carga e inversor. Se han excluido los costos de banco de baterías, flete y mano de obra para la instalación.

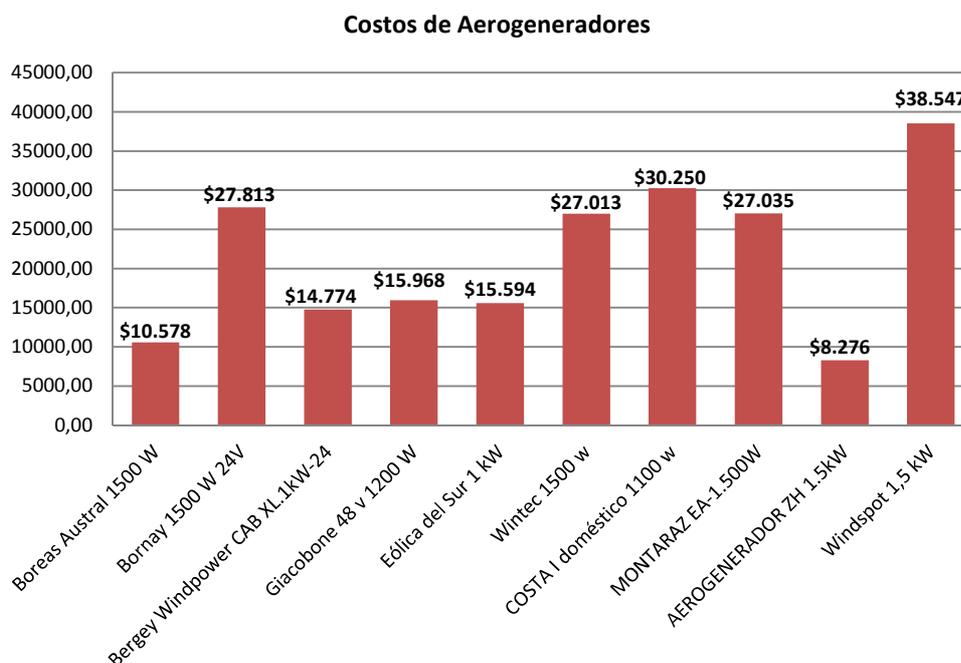


Figura 8: Comparación de costos de pequeños aerogeneradores.

El equipo más costoso es el *Windspot de 1,5 kW* con un valor de \$38.547, el más barato es un equipo de la firma *Exmork, AEROGENERADOR ZH 1,5 kW* con un costo de \$8.276. Lo anterior representa una diferencia de costos de \$30.271.

Ante esta gran variación de precios se deben realizar las siguientes aclaraciones:

- El precio del equipo Exmork es el que provee la empresa Proviento, la cual es distribuidora de la primera. Esto implica que el precio del equipo se verá aumentado con respecto al de fábrica, en la ganancia que Proviento pretenda obtener en la venta del molino. En cambio, el precio del equipo Windspot, es el precio directo de fábrica.

- La empresa Exmork es de origen Chino, frente a Windspot de origen español.

- Se destaca que tecnológicamente los equipos son muy similares. Por ejemplo, ambos son tripalas y usan PRFV como material para el diseño de las mismas, ambos usan generadores síncronos con imanes permanentes de neodimio. La única diferencia tecnológica entre ambos aerogeneradores está relacionada con el sistema de regulación de velocidad. El equipo chino no cuenta con sistema de regulación de velocidad, sólo cuenta con un sistema de frenado por *side furling*¹. El equipo Windspot tiene patentado un sistema pasivo de regulación de velocidad por paso variable, centrífugo y amortiguado. Adicionalmente el diseño total de este equipo se encuentra bajo norma IEC 61400-2 el catálogo de Exmork no indica referencias al respecto.

- El precio del equipo español incluye un inversor cuyo costo es \$12.160 que parece no incluirse en el precio del equipo chino. Si no tuviésemos en cuenta dicho costo, el Windspot tomaría un nuevo valor de \$26.387 y dejaría de ser el equipo más costoso del estudio.

Con este escenario, el equipo más caro, de \$30.250, pasaría a ser el Generador COSTA I doméstico 1100 W del GRUPO ALP. Es de hacer notar que su potencia se encuentra por debajo de los 1,5 kW considerados como referencia en el estudio. Se destaca que el fabricante del equipo es argentino, y como explica su catálogo, su fabricación y ensamblado es enteramente nacional. Si bien la empresa no hace explícita información técnica relevante, se identifica como sobresaliente un sistema de velocidad de giro de aspas controlada y constante. El mismo debe tenerse en cuenta pues esta característica no se ha visto en la mayoría de los equipos relevados. Otro punto importante que eleva el costo del equipo, es el inversor que viene incluido con el mismo. Como indicamos en muchos presupuestos, como el caso del equipo Exmork, no se incluye este equipamiento.

Analizando los dos aerogeneradores siguientes desde el punto de vista de costo destacamos el Bornay 1500 W 24V con un valor de \$27.813 y el MONTARAZ EA-1.500 W de unos \$27.035. Este último equipo es de fabricación nacional. Y se utilizó para hacer una comparación nacional junto al equipo Generador COSTA I del GRUPO ALP.

El equipo MONTARAZ EA-1.500 W es más barato frente al COSTA I pues por ejemplo, no tiene un sistema de control de velocidad, sino que sólo se pliega cuando alcanza su velocidad de autoprotección, sistema *side furling*. Sin embargo, tiene seis palas, lo cual estaría representando el doble de costo en materiales para la fabricación del rotor. Otra diferencia sustancial, es que en su cotización no se ha incluido el inversor. Si adicionamos el valor de este equipo (detallado en el presupuesto recibido de la empresa) llegamos a un costo final de \$29.855, es decir, muy próximo al equipo del GRUPO ALP que era de \$30.250, con el inversor incluido. Sin bien se emparejan los costos de ambos equipos, no olvidemos que el último es de 1100 W.

Finalmente de las diez empresas comparadas se han seleccionado las cinco nacionales y ejecutado la siguiente comparación que se muestra en la siguiente tabla.

Empresa	Modelo y características	Precio [\$]	Costo por vatio [\$/W]
Giacobone División Energía	Generador eólico 48 v 1200 W (Reg. de carga+Inversor+Torre)	15967,5	13,31
Eólica del Sur	Generador 1 kW (Reg. de carga+Inversor+Torre)	15594,33	15,59
Electromecánica Bottino Hnos.	Wintec 1500 W (Reg. de carga+Inversor+torre)	27012,5	18,01
GRUPO ALP	COSTA I doméstico 1100 W (Reg. de carga+Inversor+Torre)	30250	27,50
EOLICA ARGENTINA S.R.L.	MONTARAZ EA-1500W (Reg. de carga+Inversor+Torre)	29855,00	19,90
Promedio:			18,86

Tabla 1: Resumen de aerogeneradores nacionales.

¹ Sistema de regulación de la velocidad de giro con ángulo de paso fijo en las aspas y variación del área de captación del rotor.

En la tabla se ha agregado una columna en la cual se compara el costo del vatio para cada modelo. El promedio calculado determina un costo de 18,86 \$/W. Si multiplicamos este valor por 1500, obtendremos el precio promedio de un equipo nacional de 1,5 kW. Costo que puede ser considerado al proyectar una instalación de baja potencia.

CONCLUSIONES

Los pequeños aerogeneradores se caracterizan por su gran variedad, con diferentes formas y tamaños. Sin embargo, en los últimos tiempos han ido cambiando hacia una configuración común.

Aerogenerador típico

Luego de analizar todas las variantes de aerogeneradores que actualmente se ofrecen en el mercado, se llega a la conclusión de que el aerogenerador de pequeña potencia más común es una máquina eólica con las características siguientes:

Aerogenerador para instalaciones off-grid

- Rotor de tipo hélice de eje horizontal con tres palas de frente al viento (a barlovento).
- Unido directamente (sin caja multiplicadora) a un generador trifásico síncrono de imanes permanentes de neodimio.
- Se orienta con respecto a la dirección del viento por una veleta de cola.
- Regulación de la velocidad de giro por cabeceo o cambio de paso pasivo.
- Dos sistemas de frenado, uno de ellos de tipo mecánico.
- Podría tener cualquier tipo de torre soportante, con diferentes alturas.

Aerogenerador para instalaciones on-grid

El aerogenerador típico concebido para conectarse a la red eléctrica es de eje horizontal, tripala con viento de frente (a barlovento), torre tubular, con un generador asincrónico con caja multiplicadora de tres etapas, regulación por pérdida y/o cambio de paso y sistema de orientación activa.

Aerogenerador para ámbitos urbanos

Los vientos de ciudad no son los mejores para conseguir una gran eficiencia energética con aerogeneradores clásicos de eje horizontal, la velocidad media del viento en la ciudad es menor que en las áreas rurales y esa velocidad no es constante, sino que cambia rápida y frecuentemente, del mismo modo que lo hace la dirección; las corrientes tienen un componente vertical y se producen efectos de concentración al lado de los edificios más altos. Por otro lado, hay que tener en cuenta las turbulencias, que obligan a la turbina a girar a velocidades variables y a modificar frecuentemente su orientación para seguir la dirección del viento.

Parece ser que los aerogeneradores de eje vertical son los más adecuados para las aplicaciones en el entorno urbano, ya que tienen como ventaja la capacidad para funcionar con vientos turbulentos cerca de la tierra, lo que los hace adecuados para la instalación cerca de los edificios o en los tejados. Además, la velocidad de rotación en este tipo de aerogeneradores es relativamente lenta, lo que hace que sean más silenciosos.

REFERENCIAS

- Cuesta Santianes, M. J., Pérez Martínez, M., & Cabrera Jiménez, J. A. (2008). Aerogeneradores de potencia inferior a 100 kW. CIEMAT. Madrid.
- Grupo del Banco Mundial (2011). Consumo de energía eléctrica (kWh per cápita). URL http://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.ELEC.KH.PC?order=wbapi_data_value_2008+wbapi_data_value+wbapi_data_value-last&sort=asc.html. (Visitado 2011, Octubre 11).
- International Energy Agency. (2010). Key World Energy Statistics. Paris: Soregraph.
- WWEA (2011). Reporte Anual de la Energía Eólica en el Mundo 2010. World Wind Energy Association. Bonn

SITIOS WEB SOBRE ENERGÍA EÓLICA

- <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia39/HTML/articulo03.htm>: Cuba Solar
- <http://www.ciemat.es>: Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas España
- <http://www.inti.gob.ar>: Instituto Nacional de tecnología Industrial Argentina
- <http://www.wwindea.org/home/index.php>: World Wind Energy Association
- <http://www.argentinaeolica.org.ar>: Asociación Argentina de Energía Eólica
- <http://www.sepen-montplaisir.fr>: Sitio experimental de la pequeña eólica en Francia
- <http://www.allsmallwindturbines.com>: Home of the small wind turbines
- <http://www.sigeolico.com.ar>: Mapa Eólico Nacional
- <http://www.eolica.com.ar/leyes.html>: Ley Eólica Argentina
- <http://www.dsireusa.org>: Base de Datos de Incentivos Estatales para Renovables y Eficiencia en USA
- <http://www.ecoptima.com/es/energias-renovables/energia-eolica/aerogeneradores>: Ecoptima recursos sostenibles y eficientes
- http://www.watteo.fr/index-n-E_licas_terrestres-cp-354_462.html: Watteo energía nómada
- http://www.appa.es/12minieolica/12que_es.php: Asociación de Productores de Energía Renovables
- <http://www.awea.org/>: American Wind Energy Association
- <http://www.solaryeolica.com.ar/solaryeolica/>: Soluciones integrales en energía Solar y Eólica

SITIOS WEB FABRICANTES DE PEQUEÑOS AEROGENERADORES

<http://www.windturbinestar.com/los-tipos-de-torre.html>: Turbinas de Viento Aeolos
<http://www.boreasaustral.com>: Empresa Boreas Austral
<http://www.urbangreenenergy.com/es>: Empresa Urban Green Energy
<http://www.invap.com.ar/es/area-industrial/productos-y-servicios/energia-eolica.html>: Empresa Invap
http://www.bornay.com/index_es.html: Empresa Bornay
<http://www.bergey.com/pages/home>: Empresa Bergey Windpower
<http://www.windenergy.com/products>: Empresa Southwest Windpower
<http://www.giacobone.com/empresa.php>: Empresa Giacobone
<http://www.eolicadelsur.com.ar>: Empresa Eólica del Sur
<http://www.heliplast.cl/empresa.htm>: Empresa Heliplast Christof Horn y Cia. Ltda.
<http://windspireenergy.com/windspire>: Empresa Wind Spire Energy
<http://www.helixwind.com>: Empresa Helix Wind
<http://www.marlec.co.uk/products>: Equipos Rutland
<http://www.ebhsa.com.ar>: Empresa Electromecánica Bottino Hnos. S.A.
<http://www.sistemasenergeticos.com.ar/productos.htm>: Empresa Sistemas Energéticos
<http://www.eolicasalez.blogspot.com>: Empresa Eólica Salez
<http://www.fiasa.com.ar>: Empresa Fiasa
<http://www.giafa.com.ar/home>: Empresa Giafa
<http://www.windspot.es>: Empresa Windspot
<http://www.alpgroup.com.ar>: Grupo ALP
<http://www.stcharger.com/STCharger.html>: Empresa ST Charger
<http://www.windearth.com.ar/>: Empresa Windearth
<http://www.necocheanet.com.ar/WindyWest/>: Empresa Windy West
<http://www.energialternativas.blogspot.com/>: Empresa Windy West
<http://www.energianueva.com/quienes.htm>: Equipos King Ship Solar
<http://eolicaargentinasrl.com.ar/>: Empresa Eólica Argentina S.R.L.
<http://www.huebner-giessen.com/es/campo-de-actividades/sistema-de-energia/productos.html>: Empresa Johannes Hübner Giessen
<http://www.proviento.com.pe/index.html>: Venta de Equipos Exmork

ABSTRACT: This work presents a study about the state of the art development of small wind turbines. The survey was to search for manufacturers of small wind turbines worldwide. The research was made via internet and also via direct contact with the suppliers. The object of the search was to gather as much data as possible on the equipment's construction techniques, analyzing issues such as: type of generator and rotor used, mechanisms of orientation, of coupling between generator and rotor, and so on. The scope of the research also includes the prices. While there is a dispersion in the characteristics, we can observed a general tendency to adopt a model type, an important dispersion of prices per unit of power, and also we could observed that there is a difficulty in presenting the technical information of them due to the lack of common criteria.

Keywords: small wind turbine, wind power, industry, development