

Evaluación del potencial eólico en el Consejo Popular de Cojimar

Evaluation of the wind potential in the Popular Council of Cojimar



<http://opn.to/a/t10P7>

Armando Torres-Durán¹✉, Conrado Moreno-Figueroa²

¹Asesor en el Gobierno Habana del Este. Calle 162 No. 415 Zona 6 Alamar, Habana del Este, La Habana, Cuba

²Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables (CETER), del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE), Calle 114 No. 11901, Marianao, La Habana, Cuba

RESUMEN: Dada la crisis general energética que hemos tenido que enfrentar, agudizada en La Habana como capital del país, el objetivo de este artículo es evaluar la existencia de potencial eólico en áreas correspondientes al Consejo Popular de Cojimar como una de las energías limpias para el desarrollo comunitario sostenible. El enfoque que se utilizó es cognoscitivo e histórico-interpretativo; se utilizan fórmulas y métodos de correlación publicados y referenciados, aplicando método de correlación y predicción. La investigación permite concluir que existe potencial eólico en Cojimar con energía promisoría para hacer funcionar las pequeñas y medianas tecnologías eólicas urbanas, incluidas menores áreas con potencial donde pueden gestionarse mayores aerogeneradores; se puede innovar y crear sistemas híbridos con otras fuentes de energía renovables y/o convencionales, combinaciones que ahorran electricidad generada con fuentes convencionales y así mitigar la contaminación del medio ambiente con CO₂;

Palabras clave: Energía eólica, tecnología, investigaciones tecnológicas, desarrollo comunitario.

ABSTRACT: Considering the world crisis that we have been confronted, intensified in Havana as the capital of the country, the objective of this article is to evaluate the utility of the energy wind potential in Cojimar, which belongs to the clean developmental communal sustainable energy. The utilized method was cognoscitive and historic interpretative, it uses formulas and methods of correlation published, allocated method of measurement correlation and prediction. The research allows to realize that there exists in Cojimar necessary energy for making work small and medium wind urbane technologies, including lesser areas with potential to bigger aero generators, innovating and creating combinations that save electricity obtained by conventional sources and at the same time, to palliate pollution by CO₂.

Key words: wind energy, technology, technology investment, community.

✉ Autor para correspondencia: Armando Torres-Durán. E-mail: armando@pphe.ch.gob.cu, armandotorres@nauta.cu

Recibido: 14/3/2018

Aceptado: 20/6/2018

INTRODUCCIÓN

Mediante las noticias diarias y los fórums científicos apreciamos las afectaciones al medio ambiente (MA), previsto desde el principio de nuestra revolución y pronosticado internacionalmente por Fidel Castro Ruz desde 1992 en Rio de Janeiro y ha quedado claro lo que ha sido declarado posteriormente, el cambio climático como la máxima expresión de la continua contaminación ambiental y la afectación de la capa de ozono, entre otros factores. El cambio climático motivador de las sequías e inundaciones en nuestros países. Entre las afectaciones de mayor gravedad natural en nuestra área geográfica podemos mencionar la penetración del mar, causante del aumento de los índices de sal (salación) de los acuíferos y principales recursos naturales.

Los estudios actuales señalan, entre las causas principales que afectan el (MA) y contribuyen al cambio climático, está el incremento de los gases de efecto invernaderos (GEI), provenientes del empleo de los combustibles fósiles. Expresiones poco entendidas por muchos decisores aislados de la comunidad social, científica y menos aceptada por los neoliberales, mayoría de los dominantes de estos recursos fósiles en el planeta.

En la capital del país se agudizan los problemas de necesidades de consumo eléctrico por la complejidad y diversificación de tareas productivas e industriales, la alta densidad de población y por tanto, grandes consumos, que ante la insuficiente generación eléctrica requiere de una mayor transferencia eléctrica desde la zona oriental del país ([Rodríguez, 2017](#))

Cojimar. Consejo Popular del municipio Habana del Este en la periferia este de Provincia Habana, Cojimar ubicado en las coordenadas geográficas 23°09'47"N y -82°17'38"O, altitud promedio 10 msnm, con 22 000 habitantes. La cuenca del río Cojimar tiene un área de 59 km² aproximadamente, ubicada al noreste de la Bahía de La Habana, alterada por contaminación de sus aguas. Los afluentes

principales son el río Cambute y Dionisia, así como los ochos consejos popular del municipio se alimentan eléctricamente con líneas de 110 kv derivadas desde el sistema eléctrico nacional (SEN), líneas de 220 kv en el municipio del Cotorro, más de 27 km de recorrido en 110 y más de 37km en líneas de 33 y 0.44 kv, implicando grandes pérdidas en transmisión y distribución de aproximadamente 14.6 % promedio nacional en el año 2015, ([Bérriz, 2016](#)) a pesar de varias medidas tomadas hasta la fecha como, construcción de subestación en Alamar, montaje de plantas diésel y fotovoltaica en Campo Florido, montaje planta diésel en Camilo Cienfuegos ([Torres et al., 2017](#)).

Basado en las políticas, estrategias y programas estatales para mitigar el cambio climático se desarrolla esta investigación dentro del Municipio Habana del Este, en específico, la localidad de Cojimar donde se propone presentar la oportunidad de emplear la energía eólica como fuente renovable de energía (FRE).

A partir de mediciones anteriores, análisis y consulta de mapas, de huellas ecológicas, se identifica el recurso eólico y se compatibilizan los resultados con las exigencias contemporáneas, en cuanto a infraestructuras y obras civiles, entre otras. Se calculan los tiempos de recuperación de las propuestas.

Los Sistemas de Conversión de Energía Eólica (SCEE) son utilizados desde ANE. Los Pequeños aerogeneradores (PAG) en producción de electricidad no han sido utilizados en toda su potencialidad, no obstante, alrededor de 8 000 aerobombas abastecen de agua a la ganadería y la agricultura, la potencia instalada asciende a más de 130 kW

En 1999, se monta la primera máquina eólica en Cabo Cruz, construida en Cuba, conocida como Tornado T7-10kw y conectada al SEN.

La fabricación del aerogenerador Tornado T7-10kw ha demostrado la factibilidad de la industria cubana de construir aerogeneradores similares a los que se fabrican actualmente con mayores capacidades. Este aerogenerador se caracteriza por poseer todos los elementos que

tienen equipos de potencias mucho mayores (varios centenares de kilowatts). Lo más importante es que tanto los fabricantes como los técnicos, ingenieros e investigadores que han participado en el proyecto son cubanos que han logrado la primera experiencia en este tipo de construcción, lo que permitirá escalar hacia potencias mayores ([Moreno et al.2017](#)).

Afortunadamente, entre muchas voluntades políticas, actualmente se gestiona el Decreto Ley 327/2014 para el sistema de inversiones, paquete complementado con 14 resoluciones de los Órganos de la Administración Central del Estado, entre la que se encuentra, la Resolución No. 74/2014 del Instituto de Planificación Física, y en su artículo No. 65, indica: *“Incorporar en todas las inversiones, los requerimientos que procedan, que propicien aumentar al máximo la participación de las fuentes renovables de Energía; disminuir los consumos netos de Agua mediante su reúso y otras soluciones tecnológicas; reducir las emisiones de CO₂ y otros gases contaminantes a la atmosfera y en general luchar contra el Cambio Climático Antropogénico”* Gaceta Oficial, 2015 ([GO, 2015](#)),

El Decreto Ley 345 / marzo 2017 expresa: *“Elevar la participación de las Fuentes Renovables de Energía (FRE) en la matriz de generación de energía eléctrica hasta alcanzar una proporción no menor al 24 % en el año 2030 y aplanamiento de la curva de carga del SEN y la utilización de las tecnologías de acumulación de energía, aprobada su primer resolución 345/2017 del Ministerio de Finanzas y Precios aportando ventajas económicas con precios para la compra del SEN que disminuyen desde 0.27 \$/kW (Costo de producción ([Bérriz, 2016](#)) a 0.06 \$/kW a partir de la generación con FRE no residencial. También en el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social (PNDES) se incluye como objetivo estratégico a largo plazo la modificación de las matrices de generación y consumo de energía eléctrica”* Consejo de Estado, 2017, directrices resumidas dentro la estrategia de La Tarea Vida ([CE, 2017](#))

Durante las investigaciones se encuentran importantes velocidades del viento en la costa norte de La Habana y en específico, en Cojimar, objeto del estudio, mostrado en la [Figura 1](#) y contrastado durante los resultados y desarrollo, lo que nos permite aproximarnos a la siguiente hipótesis:

“¿El potencial eólico en Cojimar puede apoyar un desarrollo local comunitario del socialismo próspero y sostenible?”

El potencial eólico apreciado durante la evaluación aquí realizada se sintetiza como conclusión fundamental en una posible dinámica de desarrollo sustentable.

Se propone como objetivo general: Evaluar preliminar del potencial eólico en la zona de Cojimar en apoyo a la problemática anterior para buscar la posibilidad de generar electricidad enlazada a la red nacional y futuros desarrollos de generación distribuida (GD) fomentar, además, estudios superiores comunitarios y la necesaria creatividad, tal como se demanda en los momentos actuales para el desarrollo local.

El presidente de Cubasolar ([L. Bérriz, 2016](#)) declara como los problemas fundamentales de la energía en Cuba: 1. Alta dependencia de combustibles importados para la generación de electricidad. (62%). 2. Alto costo de la energía entregada. (21USD/kW +6.5MN/kW). 3. Alta contaminación ambiental, equivalente a 1127 gramos de CO₂ por kilowatt-hora producido y entre las causas fundamentales de los problemas identificados señala: a) Baja utilización de las fuentes renovables de energía (10.4%) y b) Altas pérdidas en las redes de distribución (14.6%)

MATERIALES Y MÉTODOS

Basándonos en método de la Medición de referencias – Correlación – Predicción (MCP)

1. Primera edición del Mapa de Potencial Eólico de Cuba ([Soltura et al., 2007](#)).
2. Proyecto Atlas Eólico de Cuba (programa WEST). ([Roque et al., 2014](#)). Se registra comportamiento del viento correspondiente a las coordenadas geográficas (-82.4°O y

23.2°N) del INSMET en Casablanca, situado a 3-5 km aproximadamente de del noreste de Cojimar (área objeto de evaluación en esta investigación)

3. Conferencias de la maestría Fuentes Renovables de Energía, 2016. Energía Eólica. “Cálculo del Potencial eólico disponible en un sitio” (Moreno, 2016)
4. Se utiliza el Método de la curva de potencia de tres aerogeneradores seleccionados de 30 kW, 330 kW y 2000 kW y se realiza el cálculo de las producciones mediante sus curvas de generación contra velocidad del viento integrando las diferentes velocidades resultantes de la extrapolación espacial hacia los desplazamientos con sus probabilidades de “Distribución de Rayleigh para diferentes velocidades medias anuales del viento”

Razonamientos y análisis realizados con profesionales de la energía renovable, así como bajo el acuerdo de algunos términos y condiciones diversas en criterios como el índice de rugosidad en los alrededores del INSMET en Casa Blanca, por tanto, se considera utilizar

0.18 m (Índice calculado) y utilizado por los expertos con evaluación de los 360 grados en sus alrededores. En el caso de Cojimar, (0,22 m para el lado este y para el oeste, 0,16m. Ambos índices fueron aproximados desde el estudio de rugosidad (Propuesta de una metodología para la descripción de la rugosidad en Cuba. (Soltura & Roque, 2009)

Para la valoración económica realizada, se utiliza el costo nivelado de generación durante la vida útil del proyecto (CONE), también conocido como LEC (*levelized electricity cost*, costo nivelado del kWh o costo promedio por vida del kWh de electricidad), por ser la medida más generalizada para comparar los sistemas energéticos a partir de fuentes renovables (SEFRE). (Moreno, 2017)

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

En la [Figura 1](#), a continuación, se muestra en toda la costa norte una velocidad media anual (V_{ma}) y potencia del viento hasta de 6,8 m/s y 600 w/m^2 , respectivamente, también se muestran ejemplos de fotos tomadas en Cojimar que muestran inclinación de las arboles hacia el

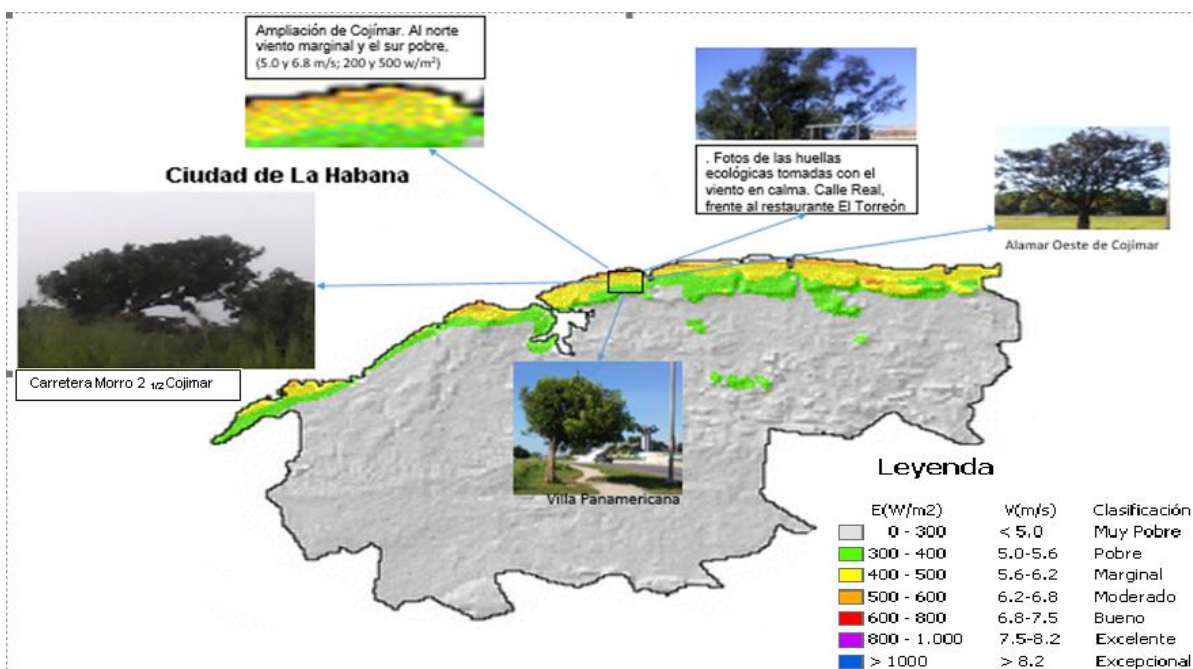


Figura 1. Mapa ciudad de La Habana con su potencial eólico (Incluido Cojimar). Tomado del Potencial Eólico de Cuba. Provincia Ciudad de La Habana. Eco Solar No. 21, (Soltura et al., 2007).

suroeste, estas constituyen huellas ecológicas forestales de la energía del viento.

Para el análisis como se muestra en la [Figura 2](#) del mapa general de uso de suelo, de la Dirección Provincial de Planificación Física de La Habana. ([DPPF, 2013](#)), Se muestra el Consejo Popular de Cojímar, limitado por la línea de color rosa, dividido imaginariamente sobre el eje del paseo de La Villa Panamericana, formando dos zonas: (oeste y este). La primera, con elevación pareja y suave hacia el sur hasta alcanzar los 50 msnm, a una distancia de 3-5 km aproximadamente antes del Instituto de Meteorología de Casablanca (Punto de mediciones climatológicas de referencia en esta investigación) en dirección suroeste y coincide con el sentido de la dirección dominante del viento. Al este, el poblado de Cojímar y al extremo este, el paso de su río con el mismo nombre (línea de color azul). El relieve del terreno también se eleva hacia el sur, pero con irregularidad y complejidad por los acantilados del río, formando túneles ventosos naturales mesetas o terrazas y pequeñas elevaciones que alcanzan los 60 msnm, en los alrededores del extremo sureste.

Extrapolada la V_{ma} del viento medido en Casablanca (como referencias) ($V_{zr}=3.91$, y $6,6$ m/s a 10 y 50 m de altura, respectivamente

publicado en el Atlas Eólico de Cuba ([Roque, 2014](#))

$$V_{ma, Cojímar} = V_r * (Z/Z_r)^\alpha \quad (1)$$

$$\square(x) = [0,75 - 0,03 \ln(Z_{01}/Z_0)] * X^{0,8} * (Z_{01})^{0,2} \quad (2)$$

donde:

V_r , Z y Z_r - son los valores de referencia obtenidos en mediciones y cálculos de Casablanca a 10 y 50 m de altura respectivamente.

$V_{ma(50m)}$ - Velocidad media a 50 m de altura en Cojímar = 6.90 m/s.

$$V_{m90m} = V_{m50m} * [90 \text{ m}/50 \text{ m}]^\alpha, \text{ donde } \alpha = 1/7 \quad (3)$$

$$P = 1/2 * \rho * FC * A * V_{ma}^3 \quad (4)$$

Extrapolando la V_{ma} a 50 m obtenida en Cojímar hacia una altura de 90 m según [formula \(3\)](#), se obtuvo una $V_{ma} = 7.5$ m/s.

Calculado el potencial eólico en puntos área del oeste de Cojímar según [formula \(4\)](#)

(Considerando una distribución de Rayleigh, para la cual el factor cúbico es $FC = 1,91$) y densidad del aire $= 1,2 \text{ kg/m}^3$

Se obtuvo una V_{ma} a la altura del rotor (90 m) de 7.5 m/s; (V_{ma} a 90 m de altura Los resultados obtenidos se muestran en la [Tabla 1](#).

Considerando una distribución de frecuencias de velocidades de Rayleigh (característico de la distribución del viento y utilizada por los fabricantes para certificar las



Figura 2. Representación de Cojímar. Tomado del mapa general de uso de suelo, La Habana. Dividido en dos zonas (oeste y este).

Tabla 1. Resultados de las extrapolaciones espacial del viento.

| No. | Posiciones o emplazamientos evaluados | Velocidad del viento (m/s) | Potencia eólica (w/m ²) |
|-----|--|----------------------------|-------------------------------------|
| 1 | V _{ma} en Casablanca desde el Atlas eólico. | 6.6 | 329.5 |
| 2 | V _{ma} en Cojímar (oeste a 50m altura, $\alpha:0.22$) | 6.9 | 376.1 |
| 3 | V _{ma} en Cojímar (oeste a 90m de altura, $\alpha:0.14$) | 7.5 | 481.5 |

curvas de potencia contra velocidad), se calculó las energías anuales producidas (EAP) para los dos tipos de aerogeneradores que se proponen en la [Tabla 2](#), a partir de las tablas o curvas de potencias de los aerogeneradores seleccionados en la base datos del programa Homer versión 2.0.

La evaluación del recurso eólico es el aspecto más importante para establecer cualquier desarrollo eólico. Además de proveer información acerca de las intensidades de la velocidad del viento y la energía contenida, es posible seleccionar el tipo más apropiado de turbina eólica para instalarla en un determinado sitio o región.

La brisa suave provoca la generación de una moderada cantidad de electricidad, no mayor de 10 % del valor nominal. Una brisa moderada genera cantidades importantes de electricidad, y con una brisa fresca o fuerte el aerogenerador alcanza su potencia nominal ([Moreno et al. 2017](#))

[Tabla 2.](#) Principales resultados de los cálculos con un aerogenerador de 30 KW, 330 KW y 2 000 KW, 90 m de altura y rotor de 80 m de diámetro, calculado con la probabilidad de ocurrencia de velocidad media del viento para V_{ma} de 5, 6 y 7 m/s, respectivamente, en una probabilidad de velocidad del viento de distribución típica de Rayleigh. sus precios de 1 050 USD/KW, multiplicado por 1.5 dado el riesgo de huracanes u otros fenómenos meteorológicos similares en el occidente del país, gestionados para los de 30 y 330 KW diseñados que sean abatibles y el de 2 MW por su gran peso que lo hace prácticamente

imposible de ser abatible, pero sí diseñado para grandes riesgos como los mencionados anteriormente. (Norma IEC:61400-1, clase IA). ([Moreno et al; 2017](#))

Independiente que la inestabilidad del viento en el tiempo (desde las calmas, variaciones dentro del día y estaciones hasta las ráfagas ciclónicas) a diferencia de la relativa estabilidad en la potencia y voltaje eléctrico demandado es una de las dificultades inherentes de la energía eólica, manejables con las tecnologías existentes como generadores de energía híbridos y acumuladores de energía o habitabilidad y de clases especiales (Clase 1A) para soportar grandes rachas de vientos ciclónicos que ya en Cuba estamos sumando interesantes experiencias de las resiliencias en instalaciones eólicas.

Los valores más altos del viento se reportan en los meses meteorológicamente conocidos como de la temporada invernal, coincidiendo con el periodo característico del paso de sistemas frontales. Por el bajo valor se destacan mayo y junio desde el punto de vista sinóptico, debiendo aprovecharse para mantenimientos y otras interrupciones imprescindibles.

[Novo \(2005\).](#) “En realidad, el empleo de la energía eólica está concebido acorde con los patrones de vientos reales diarios y estacionales esperados; o sea, a un ya conocido comportamiento regional del régimen de vientos, formaciones del relieve (pasos, cañones, corredores, pasadizos, abras, etc.) provocan el efecto canal e incrementan notablemente la velocidad del viento. Una vez

Tabla 2. Análisis tecnológico de inversión de los Aerogeneradores seleccionados.

| ZONA ESTE 1 AEG de 30 y otro GEV MP 330 KW (H:50m,vm:6m/s) | | ZONA OESTE. | | |
|--|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Potencia de AEG (Kw) | 30kw | 330kw | 2000kw | |
| Costo de AEG (\$USD/KW) | 1050 | 1575 | 1575 | |
| Cantidad de AEG | 1 | 1 | 3 | |
| PAE: GENERACIÓN MWh/año | 67,24 | 823,82 | 15.792,98 | |
| ÁREA (m ²) | 360,0 | 780,0 | 5.100,0 | |
| | Costo Absoluto | C.R. (%)¹ | Costo Absoluto | Costo Absoluto |
| Costo de AEG (\$USD/kW) | 31.530,0 | 74,67 | 519.750,0 | 9.450.000,00 |
| Obra Civil (USD) | 2.577,54 | 6,11 | 42.529,4 | 773.262,35 |
| Infra estructura eléctrica (USD) | 3.800,92 | 9,01 | 62.715,2 | 1.140.277,22 |
| Ingeniería, licencias y permisos. (USD) | 1.771,80 | 4,20 | 29.234,6 | 531.538,77 |
| Evaluación del recurso eolio (USD) | 337,48 | 0,80 | 5.568,5 | 101.245,48 |
| Línea de evacuación (USD) | 2.197,87 | 5,21 | 36.264,9 | 659.361,19 |
| C. de OP& M. (3%, USD) | 1.265,57 | | 20.881,88 | 379.670,55 |
| C. Inversión. T. Planta Eólica. (USD) | 43.451,19 | | 716.945 | 13.035.355,56 |
| TRI: Tiempo Rec. Inv. = (CI / A) | 3,8 | | 5,1 | 5,2 |
| 1. Costo Relativo (%) | | | | |

salvado el obstáculo, a determinada distancia el viento de nuevo se reorganiza”

Sustituir los consumos energéticos desde fuentes fósiles que en nuestro país (el 80% es petróleo), equivale a rectificar muchos afectaciones graves al entorno como la contaminación al MA, consumo de agua y hasta la propia vida humana con sus valores hasta el momento no evaluados económicamente durante los estudios de factibilidad técnica económica dentro ninguna de las normas reconocidas internacionalmente, a pesar de las quejas y noticias que se multiplican a diario como el corte del agua que amenazan grandes ciudades que no hace mucho tiempo disfrutaron de cierta prosperidad como Cabo en Sudáfrica y Ciudad México en nuestras Américas.).

La evaluación del recurso eólico se realiza cuando se cuenta con mediciones de al menos un año en los emplazamientos, (lo más recomendado siempre ha sido el uso de las mediciones provenientes de estaciones meteorológicas de superficie, motivado principalmente, por la longitud de las series y por el control de calidad a que están sujetas, sin embargo, no dejan de tener limitaciones para las aplicaciones eólicas, tales como, que generalmente están dispersas y/o lejos de los sitios de prospección, o en áreas con marcados efectos locales, además de los posibles cambios de uso de la tierra en los alrededores de la estación, la no calibración de los anemómetros o el cambio en la instrumentación. Generalmente este tipo de medición se combina con las de las estaciones meteorológicas de

larga data para estimar el comportamiento a largo plazo del viento en el lugar del emplazamiento, pero requiere que ambas estaciones no estén muy distanciadas una de otra y que tengan principalmente una buena semejanza climática, lo cual no siempre es posible de obtener (Roque, 2014).

Cojimar con sus grandes pérdidas en transmisión ya comentadas (14.6% promedio del consumo en el país).

Dado lo caro y difícil de estas mediciones, se han desarrollado modelos y métodos de extrapolaciones, que, aunque no tienen toda la precisión y seguridad, sus resultados pueden identificar y juzgar lo promisorio de los posibles emplazamientos que hemos utilizado en este trabajo. Así en la Figura 1, se observó en la mayoría del área de Cojimar una velocidad del viento entre 5,0 y 6,2 m/s, con un potencial eólico entre 200 y hasta 600 w/m², valorado como pobre, marginal y moderado, no satisfactorio para grandes parques eólicos, pero de suma importancia para los SCEE en el este. También en la zona oeste se obtienen pequeñas áreas con velocidad entre 6,2 a 6,8 m/s y potencial eólico de 500 a 600 w/m² a 50 m de altura, clasificada como moderada (Tabla 3).

Las dos fuentes de información con los métodos utilizados guardan importantes coincidencias mostrando velocidad del viento y potencia apreciable. A pesar de enfrentar varias necesidades de algunos recursos no logrados hasta el momento, como sigue: Necesidad de profundizar estudios de rugosidad de terrenos complejos intentando confeccionar las rosas del viento mediante programas profesionales como

el WASP (Wind Atlas Analysis and Application Program)). En áreas que las complejidades y sus índices de Rix no excedan al 15% (Soler, 2017).

Necesidad de verificar resultados obtenidos realizando las campañas de medición climática en los puntos seleccionados.

Independiente que los costos y su estructura real de los AGs están condicionado por las características del local de instalación incluida su infraestructura que puede ser en nuestro caso ventajoso por los recursos ya existentes como viales y líneas eléctricas de evacuación la prevención de riesgos, los cálculos se estimaron 1575 \$USD/kW por AGs, a pesar registrarse costos hasta de 676 4usd/kW reportado en China en el año 2015, aproximadamente 120% superior a los 1050 \$/kW promedio utilizado académicamente, compensando mayores costos por sus categorías (Clase Ia y especial) para aerogeneradores requeridos según su velocidad extrema reportadas para la zona occidental (racha de 3 segundos con velocidad extrema de 70 m/s a la altura de 50 m con recurrencia de 50 años) (Leiva, 2010) costeadando medidas preventivas requeridas por las estadísticas ciclónicas, proponiendo equipos abatibles para las menores potencias.

Dando seguimiento a nuevas soluciones tecnológicas altas soluciones como: alabes o palas plegables, e incluso AG sin aspas evitando la mayoría de sus inconvenientes incluido afectación a la fauna, superconductores que reducen pesos de generadores hasta 75% y volumen hasta 50% (Moreno, 2017), ya que para los de mayor

Tabla 3. Resumen de los datos aportados por los mapas revisados para el litoral de Cojimar.

| Mapas de Cuba | Altura de análisis (m) | Velocidad (m/s) | Potencial (kW/m ²) |
|------------------------------|------------------------|-----------------|--------------------------------|
| Atlas Eólico-(Cojimar este) | 50 | 6,6 | 329,470 |
| Atlas Eólico-(Cojimar oeste) | 90 | 7,2 | 427,742 |
| Mapa eólico de Cuba, 2006 | 50 | 5,0 – 6,8 | 200 - 500 |
| Atlas Eólico, 2013 | 100 | 7,0 - 8,0 | 500 - 600 |

potencia (2000 kW), que por sus pesos no se había logrado sus construcciones abatibles, paleando de esta forma estos riesgos.

Complementando el entorno jurídico y voluntad política destacado en el documento, se suma la adquisición de izaje adecuados para montaje y de parques eólicos realizándose en el país.

Marrero, 2017. Expresó, “Todos los que de una u otra forma trabajan el tema en Cuba coinciden en que existen condiciones para reducir los costos de inversión de los parques eólicos cubanos” lo anterior incluye la fabricación de torres que representan el 20% del costo total, ensambles, chasis, bastidor lo anterior también disminuye los fletes y seguros que son tan costosos.

Como se planteó el análisis económico para la recuperación de la inversión se realizó de forma preliminar basado en método (cone), arrojando tiempos de recuperación del costo de inversión de 3.8, 5.1 y 5.2 años para capacidades de 30, 330 y 2000 kW respectivamente, mientras las inversiones actualmente se intentan recuperar en no más de cinco años, en caso de las eólicas por sus ventajas medio ambiental algunos autores plantean hasta 7 años.

La producción de electricidad con un aerogenerador es más económica que las plantas diésel o la extensión de la red eléctrica o las instalaciones fotovoltaicas cuando las velocidades del viento son mayores de 4 m/s a la altura del eje del rotor. Estas velocidades del viento están presentes en muchos sitios. Para cargas mayores, las ventajas de las instalaciones eólicas con pequeños aerogeneradores son mayores ([Moreno, 2016](#)).

Consultas y planes de desarrollo de la provincia pronostican el desarrollo de nuevos asentamientos enfrentando los riesgos climáticos a partir de 1 km de las líneas costeras formando corredores hacia los nuevos centros comunitarios, caracterizados por sostenibilidad, entornos innovadores basados en la tecnología. Zonas con alta concentración de instalaciones

político administrativas con espacios abiertos de alta relevancia formal y simbólica.

Lo anterior se beneficia y complementa con sistemas eólicos costeros donde los vientos medidos sobrepasan los 4 m/s que moreno 2016 hace referencia en párrafo anterior.

Como expresó [Filgueiras \(2013\)](#), la mayoría de las innovaciones son más el resultado de la obtención, transformación y aplicación de conocimientos que de la invención, términos de la Gestión del Conocimiento que aspiramos superar con este proceso de las FRE en las comunidades y en virtud de los Decretos Ley 327/2014, 345/2017 y Resolución 435/2017 ya aprobadas e iniciadas sus prácticas. Apoyando los programas integrales para los desarrollos local y comunitario que se desarrollan actualmente en los diferentes municipios.

Todo lo anterior nos brinda una oportunidad de alcanzar una vez más el lugar digno ya conquistados y ahora por la gestión de las tecnologías eólicas en nuestro país y apoyo tecnológico a nuestros hermanos de la América Latina y el Caribe (ALC), Pacífico, África y Medio Oriente quienes corremos condiciones y necesidades energéticas similares, mostrado en la [Figura 3](#) a continuación, encontrando aquí vía de revertir en una poderosa tecnología de complementación a tan importante meta de los momentos actuales. entender ese cambio hacia las FRE, de lo que tenemos condiciones para convertirnos en una potencia similar al logro alcanzado en la medicina y educación y continuar apoyando a los demás como una de las bases más sólidas en las que descansa el desarrollo sostenible, aumentando nuestra eficiencia y resiliencia mediante la GD. Comenzando a gestionar nuestras propias fuentes de energía para liberar al Estado de sus pesadas y costosas gestiones de importación fletes y demás gastos en importaciones de los combustibles convencionales.

El desarrollo socialista, requiere prever e integrar coherentemente en planes y programas de desarrollo, políticas, métodos, instrumentos y la participación activa de los miembros de la sociedad. Creatividad, lo que supone la

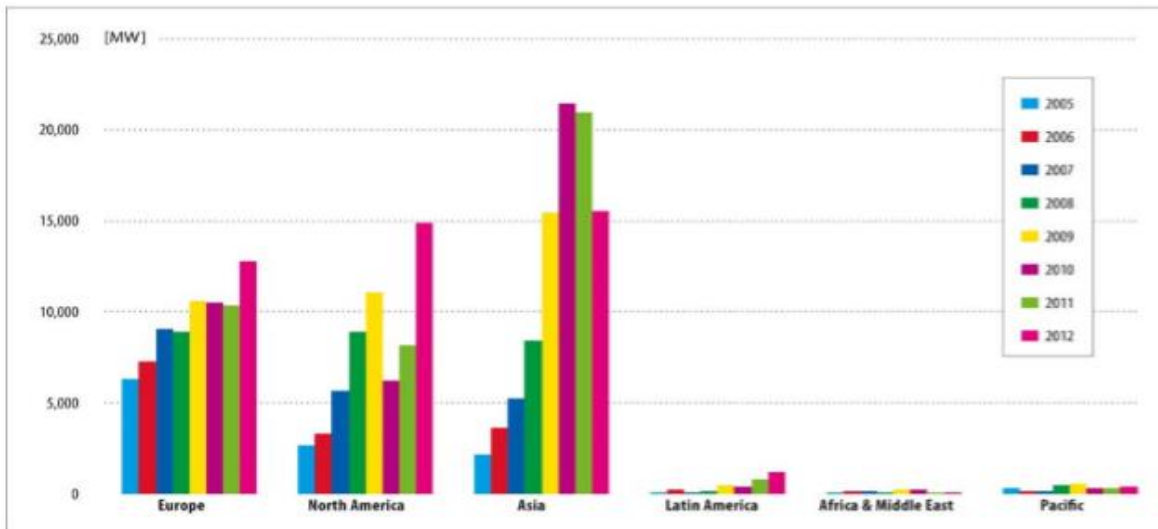


Figura 3. Capacidad anual instalada por región en el periodo 2005-2012 (Fuente de origen Gwec, en [Roque, 2014](#))

transformación de la estructura económica hacia niveles superiores de competitividad y justicia social. El desarrollo sostenible es el que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las generaciones futuras. Se refiere a que la sociedad puede mantenerse por sí misma desde todo punto de vista, en especial, ambiental, económico, social y cultural. Esta condición ha de configurarse en el marco de las exigencias, posibilidades y retos de nuestra economía y del contexto global y regional. El mejoramiento de la calidad de vida de las personas no debe incrementar la utilización de los recursos naturales más allá de sus posibilidades de sostenimiento y renovación.

CONCLUSIONES

1. La evaluación mediante las correlaciones y cálculos realizados confirman la existencia de potencial eólico promisorio en las áreas evaluadas en Cojimar (La zona oeste caracterizada por zonas de baja rugosidad y suaves pendientes).
2. La zona de estudio muestra valores de velocidad del viento que pudieran apoyar el desarrollo local comunitario con el uso adecuado de la energía eólica.

3. La zona este por sus irregularidades y complejidad del terreno se hace imprescindible microlocalizar mediante mediciones con anemómetros u otros medios los posibles túneles y cajones de viento que conforman los acantilados del río.

RECOMENDACIONES

Complementar los análisis a partir de la evaluación de otras FRE, conformando sistema híbrido con sistemas Fotovoltaicos (12) en Microred inteligente de generación distribuida.

1. Realizar mediciones de la velocidad del viento cada hora mediante anemómetros y *datalogger* adecuados en las áreas con menos afectaciones urbanísticas, por no menos de tres meses de duración, según recomendaciones de C. Moreno y otros, 2017.
2. Confirmar los resultados alcanzados con el apoyo del Programa WASP, con la elaboración de rosas y mapas de rugosidad de las áreas tratadas y datos actualizados de mediciones del viento en Casablanca.
3. Extender resultados a otros consejos populares del municipio y provincia. Priorizar Guanabo que tiene producciones de arcillas y barros con potencial de hasta un millón anual de ladrillos, además de estar

ubicado próximo al municipio Santa Cruz del Norte cuyas áreas también tienen una alta velocidad del viento.

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento y plegarias a tantos compañeros con sus seres queridos que de alguna forma nos apoyan y se mantienen por causa tan noble para la humanidad comenzando por los profesores de la maestría de FRE: como Ceter, INEL, Insmet, Instec, Labet, Uclv, Ismm de Moa, Cubaenergía, Cubasolar, Ama, mi propia familia. Alfredo Roque con sus continuas tutorías, gracias.

REFERENCIAS

- Bérriz L. 2016. "La Política energética cubana". Revista científica popular de Cubasolar Energía y Tu No. 75, pp4-17. ISSN: 1028 9925.
- CE (Consejo de Estado). 2017. Decreto Ley 345 del 2017. "Regulaciones para el desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía".
- DPPF (Dirección Provincial Planificación Física). 2013. "Mapa General de uso de suelos". Escala: 1: 25 000. La Habana Cuba.
- Filgueiras L. 2013. Tesis "Creación y Desarrollo de Capacidad de Absorción de Tecnología en Organizaciones de Base Productiva de la Generación Distribuida Cubana". presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Instec. Universidad de La Habana. Available: <http://www.instec.cu>, [consulted: 19/9/2017].
- GO (Gaceta Oficial), No. 5 Extraordinaria de 2015. Decreto Ley 327/2014, para las Inversiones, y Resolución 74/2014 de I.P.F. ISSN 1682-7511. pp. 119 - 154 Editada Calle Zanja No. 352 esquina Escobar, Centro Habana Available: <http://www.gcetaoficial.cu>, [consulted: 3/2/2017].
- Leiva G.; A. Pérez. 2010. "Aspectos técnicos, climáticos, logísticos y de otros tipos que son relevantes para el desarrollo sostenible de los futuros parques eólicos en Cuba". Revista Científica Eco Solar. No. 34, pp. 17-35., Editorial Cubasolar, ISSN:1028-6004. RNPS:2220.
- Moreno C. 2016. Conferencia de la asignatura "Energía Eólica- Evaluación del Potencial Eólico"
- Moreno C., Roque A., Castro M., Santos A., Álvarez L., Mitrani I., Hidalgo A., Borrajero I., Limia M., Medrano A., Morales J., Pérez A., Pérez P. R., Pérez S. R., Rodríguez M., Salas I., Sarmiento A., Vega R., Díaz A., 2017. "Doce preguntas y respuestas sobre Energía Eólica". Lourdes Tagle Rodríguez & Madelaine Vázquez Gálvez 2da Edición., vol. # 1, de 2 vols. Editorial Cubasolar calle 20 No. 41113, esq. A47, Miramar, Playa La Habana, Cuba, 603 p., ISBN: 978-959-7113-51-5. Available: <http://www.cubasolar.cu>
- Novo R. 2005. "El viento en Cuba". Revista científica popular de Cubasolar Energía y Tu No. 32, pp4-17. ISSN: 1028 9925.
- Rodríguez A. 2017. "Caracterización y evaluación del potencial eólico del litoral de Santa Cruz del Norte con fines energéticos". En Congreso Internacional de Energía Renovables 2017, celebrado del 31/5/2017 al 2/6/2017, en el Hotel Habana Libre Trip, calle L y 23 Vedado Plaza La Habana Cuba.
- Roque A., W. Yu, Y. Alonso, Y. Martínez, I. Borrajero, A. Bezanilla (2014): Atlas Eólico de Cuba, Informe Científico – Técnico del Instituto de Meteorología, 47pp.
- Soltura R., Roque A. Rivero I., Llerena A., Báez R., Ransés R., Ayala L., Rodríguez G., Carrasco H., Curbelo A., González A., Herrera O. Martín G., Díaz JC., Hernández G. (2007). "Primera edición del Mapa eólico de Cuba". Revista Científica Eco Solar. No. 21, pp. 55-78., Editorial Cubasolar, ISSN:1028-6004.

Soltura R. & Roque A. (2009): "Propuesta de una metodología para la descripción de la rugosidad en Cuba". Revista Científica Eco Solar. No. 27, pp. 12-68., Editorial Cubasolar, ISSN:1028-6004.

Sarmiento A. 2013. *Energía solar fotovoltaica*". 2^da Edición. vol. # 1, de 1 vols. Editorial Cubasolar calle 20 No. 41113, esq. A47, Miramar, Playa La Habana, Cuba, 103PP. ISBN: 978-959-270-278-3. Available: <http://www.cubasolar.cu>.

Soler E., 2017. "Evaluación del recurso eólico con el método Wasp". Curso impartido en el Insmet de Casablanca los días 5/6/2017 al 7/6/2017

Torres A.; Keeling M.; Cartaya A.; Moreno C. 2017: "Oportunidad del potencial eólico en Cojímar", Informe Técnico del XVI Fórum de Ciencia y Técnica Municipio, y Provincia celebrado en el Instituto de Artes y Letras esquina Zapata y Paseo Vedado La Habana Cuba el 14/10/2017.

NOTA: Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo de se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)