

ESTUDIO COMPARATIVO INDICADORES DESARROLLO SOSTENIBLE EN LA GENERACIÓN ELÉCTRICA CON ENERGÍA EÓLICA: CASO DE ESTUDIO PARQUES EÓLICOS DE GIBARA

Por M. Sc. Prof. Aux, Ing. Ángel Eugenio Infante Haynes*

* Departamento de Mecánica, Universidad de Holguín, Ministerio de Educación Superior, MES.
E-mail: ehaynes@uho.edu.cu

Resumen

En este trabajo se describe una metodología que integra de forma sistémica el diseño de indicadores de desarrollo sostenible, categorías como los costos de producción a través de energía eólica y las externalidades, que a su vez son los costos sociales. Se hace un estudio comparativo de dos parques eólicos, situados en la región oriental de Cuba, Gibara; así como se dan a conocer los impactos medio ambientales que afectan todas las esferas de la vida de la sociedad, y nos brinda la posibilidad de trabajar para atenuar o mitigar sus efectos. Con esta investigación se beneficia el Ministerio de Energía y Minas, a través de la Empresa Eléctrica, al conocer la Factibilidad de la utilización de las diferentes Tecnologías de Generación Eólicas.

Palabras clave: Energía eólica, externalidades.

COMPARATIVE STUDY OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT INDICATORS IN WIND POWER GENERATION: CASE STUDY GIBARA WIND FARMS

Abstract

This paper describes a methodology that integrates in a systemic way, the design of sustainable development indicators, categories such as production costs through wind energy and externalities, which in turn are the social costs. It makes a comparative study of two wind farms, located in the Eastern region of Cuba, Gibara; as well as it makes known the environmental impacts that affect all spheres of life of society, and gives us the possibility of working to mitigate their effects. With this research, the Ministry of Energy and Mines, through the Electric Company, benefits from knowing the feasibility of the use of the different Wind Generation Technologies.

Keywords: Windenergy, externalities.

I. Introducción

En los últimos tiempos existe una preocupación creciente tanto por parte de la opinión pública como a nivel gubernamental, sobre las consecuencias medioambientales del desarrollo económico; si bien se reconoce la nece-

sidad de este desarrollo, también se cobra conciencia de los efectos precisos que tiene sobre el medio ambiente, y en última instancia sobre el bienestar de la sociedad.

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, en todas sus aplicaciones domésticas, industriales y de transporte correspondiente a cada habitante del planeta, ronda hoy los 3000 kWh anuales, es decir, 250 kWh mensuales, aunque su distribución es muy desigual [Moreno, 2017].

En Cuba a raíz de la crisis energética de 2004 y 2005, el gobierno cubano priorizó el uso de la fuentes renovables de energía para la producción de electricidad y el ahorro de combustibles fósiles.

La política energética cubana referida a la electricidad está dirigida a asegurar el suficiente suministro de esta energía acorde con el desarrollo energético esperado. En los últimos cinco años, el consumo energético en Cuba ha crecido establemente en la misma manera en que la economía nacional ha recobrado su salud.

La generación de electricidad se basa aún en el uso intensivo de los combustibles fósiles, pero la estructura de tal generación ha cambiado. Más de 50 % de toda la potencia es obtenida del llamado crudo nacional, un combustible barato que ha permitido a nuestra economía reducir la importación de petróleo, aunque pagando una cuota de daños al medioambiente. El pronóstico es alcanzar en los próximos cinco años 90 % de la generación de electricidad usando el petróleo nacional, pero también mejorando las tecnologías que reduzcan los impactos medioambientales asociados a su uso. Cuba cree firmemente que el desarrollo y la aplicación de la potencia eólica, así como de otras fuentes renovables de energía, son la clave para el futuro, no solo para nosotros, sino para todo el mundo. Una revisión de las oportunidades del uso de la potencia eólica en nuestro país, muestra que las principales oportunidades están en los sitios donde no hay red eléctrica, fenómeno común en áreas rurales de los países en desarrollo.

Los Parques Eólicos de Gibara constituyen los primeros de su tipo en el país, y si bien demuestran su eficiencia, necesitan del perfeccionamiento de su control en categorías tales como costos, fiabilidad y disponibilidad para el mejoramiento de su ciclo de vida.

II. Materiales y métodos

Se utilizaron las bases de datos SIOGEN y SISCOP del Parque Eólico de Gibara I y II; y de la Empresa Eléctrica de Holguín respectivamente, así como las consultas a informantes claves de ambas instituciones.

III. Desarrollo

Los Indicadores de Desarrollo Sostenible (IDS) son «Sistemas de señales que facilitan evaluar el progreso de nuestros países y regiones hacia el desarrollo sostenible» [Cepal, 2001]. El trabajo en torno a los indicadores de sostenibilidad ambiental se inicia alrededor de 1985. En los noventa se articuló con mayor fuerza el trabajo para diseñar indicadores de sostenibilidad en los países más desarrollados y también en algunos espacios latinoamericanos. La Cumbre de la Tierra (1992), el Programa de IDS de la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible de las Nacio-

nes Unidas (CDS), y otros impulsos en la agenda ambiental de los gobiernos, han generado desarrollos vigorosos en los últimos años.

1. Desafíos en el uso de los IDS

1. El costo de desarrollar un sistema de IDS de calidad, y operarlo a lo largo del tiempo.
2. La insuficiente valoración del potencial de estos IDS como herramientas en la toma de decisiones de Gobierno, en relación a otras prioridades en la agenda pública.
3. Los problemas metodológicos del trabajo de diseño e implementación de indicadores, en particular el insuficiente carácter sinérgico o vinculante que tienen los IDS hasta ahora propuestos o implementados en muchos países.
4. Nos vemos enfrentados a múltiples necesidades y restricciones presupuestarias, lo que hace aún más necesario abordar estos desafíos con imaginación y en forma cooperativa.
5. Nuestros países enfrentan el desafío científico, metodológico y creativo de avanzar en la medición del proceso.

Según la Comisión de Desarrollo Sostenible existen tres grupos de indicadores: los usados frecuentemente, los usados por un país y los indicadores sugeridos por países, como se muestra en la tabla 1.

Teniendo en cuenta que lo que no se mide no se controla, en este trabajo se propone luego de ser diseñados y declarados los indicadores de desarrollo sostenible, comenzar su medición, y para ello tomamos como ejemplo los Parques Eólicos de Gibara.

Así como dar cumplimiento al Decreto Ley No 345 «Desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de energía», que plantea dentro de sus prioridades: La elevación de la participación de las fuentes renovables de energía en la generación de electricidad; la sustitución progresiva de los combustibles fósiles; la elevación de la eficiencia y el ahorro energético; y define como fuente renovable de energía aquella que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Entre ellas se encuentran, por orden de prioridad, las siguientes: La biomasa cañera; la energía solar por medio del uso de paneles fotovoltaicos, calentadores, secadores y otros; la energía eólica, con la instalación de aerogeneradores para generar electricidad y molinos de viento para el bombeo de agua; la biomasa no cañera; los residuos agrícolas; los recursos hidroenergéticos; biocombustibles, sin afectar la producción y el consumo de alimentos; la energía del mar y otras que el desarrollo de la ciencia lo permita.

Una revisión de las oportunidades del uso de la potencia eólica en nuestro país, muestra que las principales oportunidades están en los sitios donde no hay red eléctrica, fenómeno común en áreas rurales de los países en desarrollo.

En Cuba hasta el momento el potencial eólico está identificado dentro de unos 3000 a 10 000 mW. Desde mediados de febrero de 2008 comenzó a generar el parque eólico Gibara I y a partir de 2010 comienza a funcionar el parque Gibara II, que complementa la generación e incrementa el potencial eólico del oriente del país.

Los Parques Eólicos de Gibara constituyen los primeros de su tipo en el país, utilizan una tecnología de punta, que si bien demuestra su eficiencia, necesitan del perfeccionamiento de su control en categorías tales como disponibilidad, producción, ganancia, rentabilidad y pre-

cios, factores claves en la elevación de la efectividad de la producción social, ya que estas categorías son las que reflejan el movimiento de la generación eléctrica y sus resultados económicos de manera más precisa.

El rendimiento energético de un parque eólico depende de las características de la tecnología instalada y de factores propios de su instalación como el espaciado o distancia de un aerogenerador a otro, para no provocar pérdidas aerodinámicas. Para la caracterización se utilizarán aspectos técnicos de la tecnología instalada.

Tabla1. Indicadores de Desarrollo Sostenible

| Usados frecuentemente | Usados solo por un país | Sugeridos por países |
|--|---|---|
| Tasa de desempleo | Gasto en investigación y desarrollo | Incidencia de enfermedades relacionadas con el ambiente |
| Tasa de crecimiento de la población | Crecimiento poblacional en áreas costeras | Porcentaje de la población con acceso a los servicios de salud |
| PIB per cápita | Manejo descentralizado de recursos naturales. | Tasa de criminalidad |
| Consumo de agua doméstico per cápita | Descarga de petróleo en aguas costeras | Incidencia de niños en la calle |
| Uso de fertilizantes | Índices de vegetación derivados de imágenes satelitales | Espacios verdes urbanos |
| Concentración de contaminantes atmosféricos urbanos | Bienestar de poblaciones montañosas | Contaminación de aguas subterráneas |
| Emisiones de gases de efectos invernadero | Población viviendo bajo la línea de pobreza en zonas áridas | Relación de áreas mineras rehabilitadas, respecto a áreas mineras total |
| Emisiones de dióxido de azufre | Pérdidas humanas y económicas por desastres naturales. | Áreas de ecosistemas específicos |
| Emisiones de dióxido de nitrógeno | | Propiedad de tierras agrícolas |
| Consumo de energía anual | | Tasas de ahorros genuinos |
| Cambio de uso del suelo | | Densidad de tráfico |
| Relación de especies amenazadas, respecto al total de especies nativas | | Introducción de organismos genéticamente modificados |

Fuente: Traducido de United Nations Department of Economic and Social Affairs.

Para el análisis de la inversión de los Parques Gibara I y II, se procede a realizar una caracterización de los aspectos técnicos fundamentales que permitan conocer aspectos relevantes para su posterior evaluación, tabla 2.

2. Diseño y evaluación de los Indicadores de Desarrollo Sostenible (IDS)

En dependencia de la generación eólica y el precio del combustible en el mercado, podemos conocer el ahorro que se obtiene por esta tecnología, relacionándose en la tabla 3.

La generación bruta total por kW/h tuvo un comportamiento irregular, pero fue elevado en todos los años, el ingreso total generado ascendió a 36 805,74 miles de peso en moneda nacional (Tabla 4).

2.1 Estructura de costos de la producción de energía, costes fijos y variables, costos marginales, horas a plena carga y factor de capacidad, costo nivelado de la electricidad

El mercado del petróleo en los últimos años ha tenido una apreciable fluctuación, así tenemos que en 2014 fue

llamado el de los precios máximos, caracterizado por los altos precios principalmente en los Estados Unidos, por su apretada producción, y porque además la Organización Exportadora de Petróleo (OPEP) aumentó la producción del mismo a finales de ese año. En 2015: precios bajos, EE.UU. disminuyó la producción debido a esos precios bajos y a su persistencia. Almacenamiento de inventarios, la OPEP vuelve a reducir la producción a partir de noviembre de 2015. Ya en 2016 se comienza un ajuste del mercado, se concentran altos stock de inventarios, comienza un fuerte aumento del petróleo en EE.UU. debido a las limitaciones en la producción de la OPEP. Finalmente en 2017 comienza un aumento de la demanda principalmente de las economías emergentes (impulsadas por el aumento de la prosperidad), el aprovechamiento de las existencias y la producción creciente; las temporadas de huracanes afectan la producción de los EE.UU.; luego, la OPEP acuerda extender una producción más baja que termina a finales de 2018.

En la figura 1 se pueden apreciar los costos de producción en dependencia de la capacidad instalada para las diferentes tecnologías de generación de energía eléctrica, según la Agencia Internacional de Energía.

Tabla 2. Características técnicas de los parques eólicos Gibara I y II

| Características | Gibara I | Gibara II |
|------------------------------------|--|---|
| Clase | IA | II A |
| Instalación | Febrero 2008 | Diciembre 2010 |
| Marca | Gamesa G52 | Goldwind S50 |
| País | España | R.P. China. |
| Potencia | 850 kW | 750 kW |
| Cantidad Ag | 6 | 6 |
| Total Potencia | 5,1 mW | 4,5 mW |
| Diámetro del rotor | 52 m | 50 m |
| Área barrida por el rotor | 2123,7 m ² | 1963,5 m ² |
| Relación Potencia / Diámetro | 16,35 kW/m | 15,0 kW/m |
| Potencia Específica | 400,24 W/m ² | 381,97 W/m ² |
| Altura efectiva del buje | 55,2 m | 53 m |
| Rendimiento promedio anual | 28 % | 27 % |
| Velocidad | Variable y paso de palas variables con multiplicador | Velocidad fija y pala fijas con multiplicador |
| Valor de la inversión moneda total | 9.500.528,49 | 11.762.296,74 |
| Costo inversión por kW*años | 1863 pesos/kW | 2613 pesos/kW*años |

Fuente: Hernández, Infante, 2018.

Tabla 3. Ahorro obtenido en dependencia del precio del combustible

| Indicadores | UM | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | Media |
|------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Combustible sustituido | ton | 1496,8 | 459,5 | 2225,8 | 3681,2 | 4394,6 | 4552,1 | 5023,4 | 5559,6 | 5572,8 | 5360,0 | 5,360,0 |
| Precio | USD/ton | 193,6 | 267,2 | 266,6 | 620,6 | 782,9 | 782,9 | 787,06 | 595,9 | 265,5 | 265,5 | 265,5 |
| Ahorro | M USD | 289,7 | 1228,0 | 593,3 | 2284,5 | 3440,6 | 3563,9 | 3953,7 | 3312,9 | 1479,5 | 14231 | 34,377,6 |

Fuente: Hernández, Infante, 2018.

Tabla 4. Ingresos obtenidos, teniendo en cuenta la generación y el precio de venta

| Indicadores | UM | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | Total. |
|-------------------------|-------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Generación Bruta | M KWh | 6736,6 | 2137,3 | 9990,8 | 16 638,1 | 19 917,8 | 20 772,8 | 17 979,3 | 19 898,4 | 19 945,4 | 19 184,0 | 153 200,5 |
| Precio de venta | MN | 0,17 | 0,18 | 0,17 | 0,24 | 0,23 | 0,25 | 0,27 | 0,26 | 0,24 | 0,26 | 0,23 |
| Ingresos por generación | M MN | 1140,7 | 379,6 | 1727,7 | 3992,6 | 4534,4 | 5296,0 | 4766,4 | 5116,6 | 4863,4 | 4987,8 | 36 805,7 |

Fuente: Hernández, Infante, 2018.

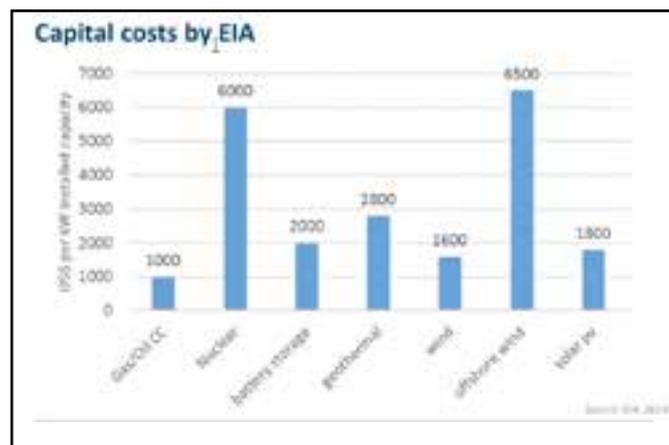


Fig. 1. Costo capital de las energías.

Para el caso de la energía eólica y teniendo en cuenta el desglose de los gastos de inversión, como se muestra en la figura 2.



Fig. 2. Desglose de los costos de inversiones en la energía eólica.

Podremos llegar a los costos que intervienen en la producción y que debemos tener en cuenta a la hora de su análisis, relacionándose en el esquema de la figura 3.

En dependencia de los costos fijos, variables, capacidad y energía generada podemos calcular los costos de producción, es decir, los costos de kilowatt de generación, cuyos principales conceptos se exponen a continuación.

1. Los costos fijos: Son aquellos que en primer lugar no van a depender de la mejor funcionalidad del aerogenerador, este se mantendrá relativamente constante, sin tener en cuenta los volúmenes de producción de energía que se obtengan.

Ejemplo de esto son los costos de capital, que incluyen la deuda de la inversión y créditos de inversionistas, además de arrendamientos de terrenos, impuestos sobre explotación, costo de operación y administración de personal, costos de mantenimiento fijos, tales como por ejemplo los mantenimientos planificados, y revisiones anuales; este costo es irre recuperable una vez realizada la inversión, por lo que la misma debe ser pagada sin tener en cuenta si existen buenos viento o no, y si se puede vender al final la energía generada.

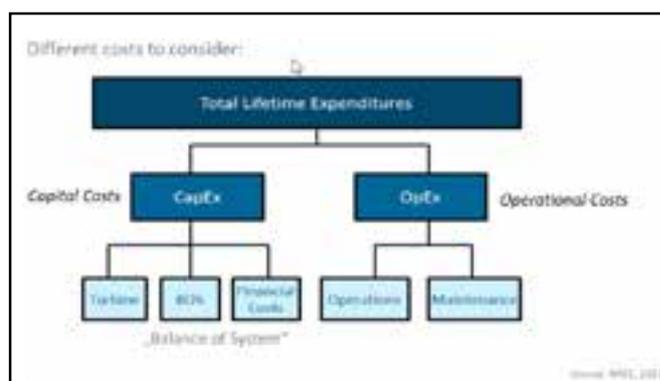


Fig. 3. Costos a considerar en el ciclo de vida.

2. Los costos variables: También conocidos como costos de producción, varían con el rendimiento de la generación, es decir, pueden existir según aumento y disminución de la producción de energía.

Ejemplo de estos son los costos de los combustibles y del mantenimiento variables, conocido como correctivos, donde se deben sustituir piezas usadas que en ocasiones no existen en el stock, o no se tiene la herramienta, o depende de los servicios de un tercero; se contemplan aquí los costos de eliminación de los residuos, los impuestos sobre la explotación, los costos de operación y amortización.

Como resultado de todo lo anterior y teniendo como herramienta un software de un proyecto Erasmus con la Universidad de Flensburg, analizaremos las variables para el cálculo de los costos de producción, o los costos por kilowatt de generación.

Las variables de entrada son: Capacidad de generación, total de horas a máxima carga, eficiencia del parque eólico, costos fijos por años, costos de la inversión.

Este programa informático devuelve la cantidad de energía producida, así como los costos del kilowatt de generación.

Tabla 5. Software para el cálculo comparativo de los costos por pesos de la generación eólica

| Caso 1 - base | | | |
|---------------|-------------------------------------|----------------|--|
| Gibara I | | Gibara II | |
| \$ 95.013.000 | Inversión (payback over) 10 años | \$ 117.630.000 | |
| \$ 367.200 | Costos fijos por año | \$ 292.500 | |
| | Costo del combustible por kWh | \$ - | |
| 82 % | Eficiencia de la planta | 89 % | |
| 7,183 | Cantidad de horas generando | 7,796 | |
| 5 | Capacidad (MW) | 5 | |
| \$ 9.868.500 | Costo fijo | \$ 12.055.500 | |
| \$ - | Costo variable | \$ - | |
| \$ 9.868.500 | Costo total CUC/a | \$ 12.055.500 | |
| 36.633.300 | Energía producida kWh en el año | 35.082.000 | |
| \$ 0,269 | Costos de electricidad (producción) | \$ 0,344 | |

En la tabla 5 se pueden apreciar las variables de entradas, que primeramente comienza con los valores de la inversión de cada parque (investment), para un plazo de 10 años;

luego los costos fijos por años (fixed costs year), le sigue el costo de combustible (fuel Price), en nuestro caso, como la generación es a través de energía eólica, no se consume combustible en el proceso; la eficiencia de la planta (power plant efficiency), en el caso de Gibara I, era de 82 %, y Gibara II, 89 %. Continua la cantidad de horas en que se estuvo generando (fullload hours), que aunque se estuvieran disponibles, no existían velocidades de viento para generar; la capacidad total del parque (capacity), y para terminar en la parte inferior se relacionan los costos fijos totales (fixed cost), los costos totales, la producción de energía total en el año, y finalmente los costos de generación de esa energía.

2.2 Diseño de nuevos Indicadores de Desarrollo Sostenible

De poder contar con indicadores de desarrollo sostenible bien diseñados, se pudiera controlar los efectos del cambio climático [(INDC de Cuba, 2015; NOAA: El clima en pocas palabras, 2018] que hoy se observan en nuestro país, tales como:

1. Elevación media anual del nivel del mar: 1,43 mm/a en las últimas décadas (= alrededor de +7 cm desde 1960, y la tasa está aumentando).
2. Aumento de la temperatura media (total): +0,9 °C desde 1950.
3. Las décadas 1990 y 2000 fueron las más calurosas desde el comienzo de la Segunda Guerra Mundial.
4. Mayor variabilidad en la actividad ciclónica (2001-2015: 8 grandes huracanes).
5. Cambios en el régimen de lluvias, por ejemplo, la frecuencia y el aumento de los períodos de sequía.
6. Disminución de las precipitaciones, de aprox. 10 % entre 1960 y 2000.
7. Impactos sobre la biodiversidad, la calidad del suelo, los bosques, la contaminación, la falta de agua, la productividad agrícola, la salud humana [INDC de Cuba, 2015].

2.2.1 Efectos futuros del cambio climático

- a. Aumento de la temperatura.
- b. Elevación del nivel del mar.
- c. Superficie reducida:

- 2,45 % de la superficie cubana @ +27 cm hasta 2050
- 5,8 % del área cubana @ +85 cm hasta 2100
- Pérdida de tierras agrícolas, asentamientos de baja altitud
- Salinización de acuíferos subterráneos (agua potable)

- d. Eventos climáticos extremos más frecuentes e intensos.
- e. Mayor variabilidad de las precipitaciones.
- f. Aumento de los períodos secos e inundaciones.
- g. Afectación del cambio climático a la economía y a la sociedad.

En la Agricultura:

- a. Pérdida repentina de las cosechas.
- b. A mediano plazo se produce un impacto negativo en la producción agrícola (eficiencia) y seguridad alimentaria.
- c. Erosión del suelo a largo plazo.
- d. Impacto en el ganado.
- e. Pérdida de recursos pesqueros.

En el Medioambiente, recursos naturales y biodiversidad:

- a. Ecosistemas vulnerables (incendios).
- b. Pérdida de biodiversidad.
- c. Degradación del medioambiente (bosques, pastizales/estepas/desiertos).

En el Transporte e Industria:

- a. Pérdida de la infraestructura a causa de la extrema incidencia de acontecimientos meteorológicos, como los ciclones, tornados y otros eventos.
- b. Disponibilidad de recursos.

En la Salud:

- a. Aumento de la vulnerabilidad del crecimiento de las ciudades (inundaciones repentinas, infraestructura pérdida).
- b. Aumento de los precios de los alimentos.
- c. Propagación de enfermedades.

d. Disminución de los recursos de agua dulce.
Estos impactos presentan incentivos para que Cuba sea un líder en la lucha contra el cambio climático.

2.2.2. Otros indicadores de desarrollo sostenible que pudieran mitigar el cambio climático se muestran en la tabla 6, calculados por el autor en investigaciones precedentes.

Como se puede apreciar, debemos tener en cuenta todos estos indicadores por su importancia: CO₂ no emitido a la atmósfera, los ingresos que pudieran ser generados por las ventas de certificado de no emisión o CER; el factor de disponibilidad, que refleja de una forma u otra las horas de máxima capacidad de generación; el factor de capacidad, que igualmente nos indica la diferencia entre la energía que se debía generar y la real que se genera. De vital importancia para nuestro país bloqueado es la sustitución de combustibles para garantizar la independencia energética, como máxima prioridad.

IV Conclusiones

Se diseñaron y calcularon un grupo de IDS en función de la generación eléctrica con energía renovable.

Se propone una metodología que integra de forma sistémica los IDS, con otros indicadores que tienen en cuenta los costos de generación y sociales.

Se dieron a conocer los impactos medioambientales que afectan al cambio climático y una solución viable, como es la generación con energía renovable como forma de atenuar o mitigar los mismo.

Tabla 6: Otros IDS, diseñados y evaluados

| Indicadores | UM | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | Total/ Promedio |
|----------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------|
| CO2 no emitido | Ton | 7992,6 | 13310,5 | 15934,3 | 16618,2 | 13754,1 | 15222,3 | 15258,2 | 14675,8 | 119810,7 |
| Ingresos No emisión | s | 3356,8 | 5590,4 | 6692,4 | 6979,6 | 5776,7 | 6393,3 | 6408,4 | 6163,8 | 50320,4 |
| Factor de disponibilidad | % | 95,0 | 79,9 | 84,3 | 88,6 | 79,8 | 79,6 | 91,3 | 87,3 | 83,771 |
| Factor de capacidad | % | 26,0 | 26,0 | 26,6 | 28,6 | 21,4 | 23,7 | 23,7 | 22,8 | 24,785 |
| Participación eólica | % | 28,2 | 51,0 | 33,1 | 30,0 | 24,7 | 27,2 | 26,4 | 25,3 | 28,613 |
| Combustible sustituido | Ton | 2225,7 | 3681,2 | 4394,6 | 4552,2 | 5023,4 | 5559,6 | 5572,7 | 5360,0 | 38325,7 |
| Velocidad de viento | m/s | 6,17 | 6,12 | 6,20 | 6,58 | 6,42 | 6,80 | 6,55 | 6,4 | 6,39 |
| Promedio generación diaria | kWh/días | 27,4 | 45,6 | 54,4 | 56,9 | 49,3 | 54,5 | 54,5 | 52,6 | 43,71 |
| Consumo esp bruto | kW/h | 222,5 | 221,1 | 220,8 | 219,2 | 279,4 | 279,4 | 279,4 | 279,4 | 244,526 |
| Energía No producida | kW/h | 11874,1 | 5226,8 | 2451,7 | 3278,6 | 17,2 | 32,3 | -14,6 | -10,1 | 55231,4 |
| Importe ENP | s | 2018,6 | 1254,4 | 563,8 | 819,6 | 4,6 | 8,4 | -3,5 | -2,6 | 10329,2 |

Fuente: Hernández, Infante 2018.

Bibliografía y referencias bibliográficas

- ALMONACID, B. A., & M. L. NAHUELHUAL (2009). «Estimación del potencial eólico y costos de producción de energía eólica en la costa de Valdivia, sur de Chile».
- RODRÍGUEZ BATISTA, ARMANDO (2019). «Conferencia Magístral: Las Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación en Cuba: retos y perspectivas.2019».
- ALONSO G., R. R. (2006). «Análisis de Costos Nivelados de la Generación de Electricidad en México».
- ALONSO, J. A. (2005). «Ventajas Comerciales y Competitividad: Aspectos conceptuales y empíricos». ICE, Especialización Comercial y Competitividad.
- ARRAÑA, I., & J. CHEMES (2012). «Generación de Energía Eólica en Santa Fe, Pre estudio de Viabilidad Técnica».
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS (2016). «La política energética cubana en el camino del desarrollo sostenible». En revista *Energía y Tú* No 75 (julio-septiembre, 2016). La Habana: Ed. Cubasolar. ISSN 1028-9925.
- BEHRENS, W., & P. M. HAWANEK (1994). *Manual para la preparación de estudios de viabilidad industrial*. Viena: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.
- BREALEY, R., & S. MYERS (1993). *Fundamentos de Financiación Empresarial*. Mexico: Mc Grau Hill.
- CARTA GONZÁLEZ, J. A; R. CALERO PÉREZ, A. COLMENAR SANTOS & M. A. CASTRO GIL (2009). *Centrales de energías renovables*.
- CASTILLO JARA, E. (n.d.). «Problemática en torno a la construcción de parques eólicos en el istmo de Tehuantepec».
- De Armas Teyra, D. M., & I. E. Martínez Vilches (2002). «Uso eficiente de las fuentes renovables de energía. Mejoramiento económico mediante la sincronización a la red». En revista *Eco Solar*, 19. La Habana: Ed. Cubasolar.
- DEL CAMPO M, E. N. (2009). «La energía del viento en México: Simulación de un parque eólico y aplicación de análisis probabilístico de seguridad».
- DEWI: INSTITUTO ALEMÁN DE ENERGÍA EÓLICA (n/d).
- FERNÁNDEZ SALGADO, J. M. (2009). *Tecnologías de las energías renovables*.
- GARCÍA DE SORIA, X.; C. VILLASANTE, C. CABRERA & E. MELOGNIO (2008). «Evaluación Económico-Financiera: Proyecto de Parque Eólico de 10 MW». Uruguay.
- GIRALT, C. (2011). *Energía eólica en Argentina: un análisis económico del derecho*. Letras Verdes, 64-86.
- HANSEN, A., & G. MICHALKE (2007). «Voltage Grid Support of DFIG Wind Turbines during Grid Faults».
- JERICO CAMINO, NAPURI (n/d). «Herramientas, mecanismo, incentivos y financiamiento de la sostenibilidad».
- LEIVA VIAMONTE, G. (n/d). «Factores actuales de incertidumbres sobre la generación anual y riesgos para la factibilidad de los futuros parques eólicos en Cuba».
- MARTIN JAHN, M. (2019). «Eng, CRECE 3rd Training», may 2019.
- M., F.; U. F., M. G., F. L., S. M., A. T. ET AL. (2003). «Guía del análisis coste-beneficios de los proyectos de inversión».
- MOLINERO BENÍTEZ, A. (2009). «Proyecto fin de carrera: Proyecto de un Parque Eólico. Madrid».
- MONTESINOS LARROSA, A. (2007). *Historia de la energía eólica en Cuba*. La Habana: Ed. Cubasolar.
- MORENO FIGUEREDO, C. (2008). «Parque Eólico Gibara 1». LA HABANA: Ed. Cubasolar.
- MORENO FIGUEREDO, C. (2007). *Diez Preguntas y Respuestas sobre Energía Eólica*. La Habana: Ed. Cubasolar.
- MORENO FIGUEREDO, C. (2017). *Doce Preguntas y Respuestas sobre Energía Eólica*. La Habana: Ed. Cubasolar.
- MORENO FIGUEREDO, C. Y OTROS (n/d). «Estado actual y desarrollo de la energía eólica en Cuba». La Habana: Ed. Cubasolar.
- NAVARETE PÉREZ, E. (2000). *Gestión e Ingeniería del Mantenimiento*. PAEC: PROGRAMA DE AHORRO DE ELECTRICIDAD EN CUBA (n/d).
- PORK, J. (1981). *The wind power book*. California.
- PRANDO, R. (1996). *Manual Gestión de Mantenimiento a la medida*. OLADE: ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE ENERGÍA (n/d).
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2013). *Renewable Power Generation Costs in 2012: An Overview*.
- INFANTE HAYNES, A. Y C. TRINCHET VARELA (n/d). «Evaluación de los costos de operación, mantenimiento y parada de los Parques Eólicos de Gibara».

Recibido: 1ro de noviembre 2019.

Aceptado: 15 de noviembre de 2019.