

Modelo para la selección óptima de equipamiento en zonas predefinidas para la expansión energética mediante energías renovables con múltiples objetivos

Model for the optimal selection of equipment in predefined areas for energy expansion through renewable energies with multiple objectives

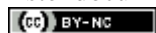
Luis Enrique García-Marrero^{1,*}, José Arzola-Ruiz²

¹Centro de Estudios CAD/CAM. Universidad de Holguín. Avenida XX Aniversario s/n, Piedra Blanca. Holguín, Cuba.

²Centro de Estudios de Matemáticas, CEMAT. Universidad Tecnológica de La Habana. La Habana, Cuba.

*Autor de correspondencia: lgarciam@uho.edu.cu

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento/No Comercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Recibido: 15 agosto 2021 **Aceptado:** 31 agosto 2021 **Publicado:** 1 de septiembre 2021

Resumen

El escenario actual de planificación energética requiere múltiples objetivos, definiciones y criterios que dificultan la concepción de un sistema alineado con la sostenibilidad. En este trabajo se muestran los resultados obtenidos en la formalización y esquemas de solución de la tarea de selección óptima de equipamientos de energía renovable, adecuados a las necesidades de un territorio que se encuentra particionado en zonas poligonales previamente definidas por los decisores. En el modelo se tienen en cuenta las ofertas de equipamiento disponibles en el mercado y la disponibilidad de recursos energéticos en las zonas poligonales seleccionadas, maximizando la energía generada, minimizando los costos totales y minimizando el impacto ambiental. En la investigación se realiza un análisis sistémico de la tarea, se deduce el modelo matemático conceptual, se determina su complejidad y su esquema de descomposición. La parametrización del modelo matemático conceptual para diferentes fuentes de energía renovable permite determinar el modelo de optimización bi-nivel. El esquema de solución está basado en la resolución de un problema de programación lineal en el nivel superior y la aplicación del Algoritmo de Exploración de Funciones de Códigos Variables en el nivel inferior.

Palabras clave: Optimización bi-nivel, optimización multi-objetivo, sistemas complejos de ingeniería, energías renovables

Abstract

The current energy planning scenario requires multiple objectives, definitions and criteria that make it difficult to design a system aligned with sustainability. In this work, are shown the results obtained in the formalization and solution schemes of the task of optimal selection of renewable energy equipment, adapted to the needs of a territory that is partitioned into polygonal areas previously defined by decision-makers. The model considers the equipment offers available on the market and the availability of energy resources in the selected polygonal areas, maximizing the energy generated, minimizing total costs and minimizing environmental impact. In the research, a systemic analysis of the task is carried out, the conceptual mathematical model is deduced, its complexity and its decomposition scheme are determined. The parameterization of the conceptual mathematical model for different renewable energy sources allows determining the bi-level optimization model.

The solution scheme is based on the resolution of a linear programming problem at the upper level and the application of the Variable Code Functions Exploration Algorithm at the lower level.

Keywords: Bi-level optimization, multi-objective optimization, complex engineering systems, renewable energy

1. Introducción

El crecimiento anual del consumo mundial de energía trae consigo la necesidad de explotar fuentes alternativas más respetuosas con el entorno. El uso principalmente de combustibles fósiles en el sector energético ha sido la causa de dos tercios de las emisiones de gases de efecto invernadero y ha contribuido sobre el 80% de las emisiones mundiales de CO₂ [1]. Ante este panorama, el actual modelo energético mundial no es sostenible en términos económicos, sociales ni medioambientales, y el fomento de las fuentes renovables de energía representa la mejor apuesta al desarrollo sostenible [2].

Una cuestión de importancia que se plantea para las próximas décadas, tanto en los países desarrollados como en los países en vías de desarrollo, es lograr la competitividad de la economía y la seguridad del suministro energético, alineada con la protección del medio ambiente. El doble reto de la sociedad mundial es, por un lado, asegurar el desarrollo socioeconómico de una población en aumento y que, en gran parte, carece de acceso a servicios energéticos modernos, y, por otro, preservar la naturaleza y el medio ambiente, mitigando una de sus mayores amenazas: las emisiones de gases de efecto invernadero [3]. Para lograr una energización que asuma el desarrollo sostenible, es necesario conocer la disponibilidad de recursos energéticos y la tendencia de la demanda energética de los consumidores para un periodo suficientemente prolongado y, sobre esta base, realizar el suministro por medio de fuentes de energía renovables. Este problema no es solucionable fácilmente sin metodologías o herramientas que ayuden a la selección de las tecnologías de transformación, la configuración de sistemas y su aplicabilidad según sea la disponibilidad de los recursos energéticos y las características de los consumidores [1].

El escenario actual de planificación energética requiere múltiples objetivos, definiciones y criterios que dificultan la concepción de un sistema alineado con la sostenibilidad. Por tanto, un sistema de planificación adecuado que considere aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales, es fundamental para satisfacer la creciente demanda de energía con una visión de desarrollo sostenible [4]. Las investigaciones consultadas, para dar respuesta a esta problemática, proponen modelos y herramientas principalmente relacionados con la toma de decisiones bajo criterios múltiples (MCDM) y la optimización multiobjetivo. Antunes et al. [5] presentan un modelo multiobjetivo de programación lineal en enteros mixtos, para la planificación de la expansión de generación de energía, que permite la consideración de valores de capacidad de expansión modular de opciones del lado de la oferta. El modelo considera tres objetivos que cuantifican: el costo total de expansión, el impacto ambiental asociado con la capacidad de potencia instalada y el impacto ambiental asociado con la producción de energía. San Cristóbal et al. [6] utilizan el método VIKOR para la selección de un proyecto de energías renovables correspondientes al plan de Energía Renovable lanzado por el gobierno de España. En este estudio, el método VIKOR se combina con el método *Analytical Hierarchy Process* (AHP), para definir la importancia de los diferentes criterios tomados en cuenta, lo que permite a los decisores asignar pesos a estos según sus preferencias.

Arnette et al. [7] desarrollan un modelo de programación lineal multiobjetivo para obtener la combinación óptima entre el uso de las fuentes de energía renovable y las instalaciones existentes de combustibles fósiles a nivel regional. El modelo toma en cuenta, como fuentes renovables de

energía, la eólica, la solar y la biomasa. Estos trabajos revisados no contribuyen, sin embargo, a la solución del problema de selección óptima de sistemas y equipamientos para instalaciones, ofertados en el mercado, que más se adecuen a las necesidades y recursos de los territorios, que es el tema que nos ocupa.

En el proceso de búsqueda e implementación de soluciones renovables para lograr el desarrollo energético de un territorio dado de manera eficiente, pueden incluirse la solución previa de tareas de partición (*clustering*) del territorio en partes relativamente independientes, de forma tal que, las soluciones generadas en el nivel más bajo de partición puedan tomar en cuenta los recursos locales y el medioambiente local. Este esquema permite, además, implementar un proceso jerárquico al moverse desde el nivel local hasta un nivel global [4]. Algunos autores han logrado un acercamiento en este sentido, y han empleado en alguna medida *clustering* en sus modelos [8,9]. Pratama et al. [10] desarrollan un modelo de optimización multiobjetivo para apoyar a los decisores en la tarea de selección del escenario más sostenible para la generación de potencia en Indonesia hasta el 2050. El modelo es desarrollado con un enfoque multi-regional al dividir Indonesia en seis regiones. Además, un enfoque mono-regional fue desarrollado como referencia para comparación. Los resultados indicaron además que la optimización con el enfoque multi-regional puede capturar mejor las características regionales que con el enfoque mono-regional. A pesar de los avances en este sentido, los modelos revisados no tienen en cuenta las diferentes variantes de tecnologías disponibles en el mercado en la optimización y se limitan a retornar una cantidad de energía renovable a ser generada en cada cluster del territorio por cada fuente.

La no consideración de la partición del territorio pudiera reducir la efectividad del modelo, pues es importante no solo definir cuales equipos instalar, sino la ubicación de cada uno de ellos. Por otra parte, la no partición del territorio puede conllevar a la adquisición de equipamiento sobredimensionado para poderlo instalar en alguna zona del territorio. En este trabajo se presenta un modelo matemático para la selección óptima de equipamiento en la planificación energética de un territorio dado. Se considera al territorio particionado en zonas poligonales previamente definidas por el decisor, donde, solo los recursos renovables en cada una de estas zonas pueden ser aprovechados en la energización. De esta forma, es posible determinar la ubicación exacta del equipamiento a instalar y, además, el modelo puede ser acoplado con sistemas de información geográfica para lograr una herramienta totalmente automatizada.

2. Metodología

Los modelos y procedimientos más reconocidos hasta el momento se enfocan en la determinación de la potencia a ser generada por diferentes fuentes de energía renovable sin definir el equipamiento concreto a ser adquirido entre los ofertados en el mercado, considerando el conjunto de indicadores de carácter técnico, económico, medioambiental y social. La solución a este tipo de problemas requiere de la utilización de esquemas de solución a tareas de alta complejidad.

Análisis sistémico de la selección de instalaciones de energía renovable

Se aplica la metodología de Análisis y Síntesis de Sistemas de Ingeniería expuesta en [11] para realizar la formulación matemática conceptual del problema de selección de instalaciones de energía renovable para las condiciones de un territorio.

Análisis externo

El sistema de mayor envergadura está constituido por el sistema de desarrollo territorial, al que se subordina toda la planeación del crecimiento industrial, agrícola y de servicios de un territorio, planeación del desarrollo de comunidades urbanas de las dimensiones requeridas, según planes de desarrollo, incluidas las redes viales, de abastecimiento de agua, comunicaciones, redes energéticas, de distribución de agua y otras para cada una de las zonas que componen un territorio y con otros territorios próximos considerando los requerimientos del territorio mayor (municipio, provincia, etc.). En la Figura 1, se muestra un esquema de las tareas de desarrollo territorial.

El estudio del sistema mayor da lugar a la determinación de las zonas del territorio de las cuales se utilizarán sus recursos para la expansión energética mediante energías renovables, aportando las variables de decisión y sus valores para todas las zonas, al igual que se toman las decisiones en los sistemas empresariales [11]. Este estudio debe realizarse con ayuda de sistemas de información geográfica para la determinación de las zonas más prometedoras del territorio. Este análisis aporta además las variables de enlace entre el sistema estudiado y el de mayor envergadura, denominadas variables de coordinación.

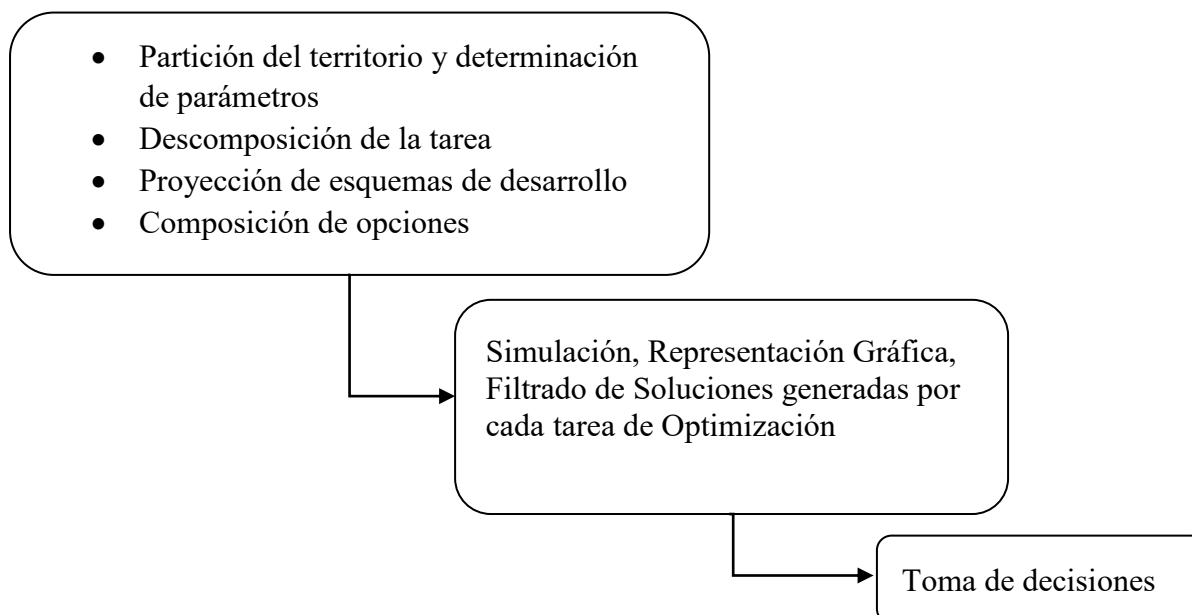


Fig.1 Esquema de las tareas de desarrollo territorial

Variables de coordinación

- Número de zonas (n_z) a considerar en el territorio
- Disponibilidad de recursos renovables en cada una de las zonas

Los indicadores que caracterizan el desempeño del proceso fueron definidos de la siguiente manera. Indicadores de eficiencia:

- Costos totales anuales para todo el territorio (inversión, operación y mantenimiento)
- Energía anual generada en todo el territorio
- Impacto ambiental asociado con la energización

Las variables que pueden ser manipuladas por el decisor, para mejorar los valores de los indicadores de eficiencia del sistema estudiado se definen de la siguiente forma:

Variables de decisión

Potencia a instalar en la zona poligonal i del territorio, aprovechando la fuente renovable j y utilizando el equipamiento k : P_{ijk} , $i = 1, 2, \dots, nz$; $j = 1, 2, \dots, nf$; $k = 1, 2, \dots, ne_j$

Donde:

nz – Número total de zonas poligonales a considerar

nf – Número de fuentes renovables a tener en cuenta

ne_j – Cantidad de equipamientos a considerar para la fuente renovable j

i – Contador de zonas

j – Contador de tipos de fuentes energéticas

k – Contador de posibles opciones de equipamiento disponibles en el mercado de cada fuente energética

Modelo matemático conceptual

Del análisis externo del sistema, se define la función de utilidad (1), dada por la distancia de Tchebycheff, desde la diferencia de los valores de los indicadores de eficiencia calculados menos los valores deseados totales, normalizados y ponderados. Es decir, minimizar:

$$Z = \max \left[w_1 \frac{\sum_i \sum_j \sum_k C_{ijk} P_{ijk} - C^d}{C^d}, w_2 \frac{E^d - 8760 \sum_i \sum_j \sum_k Cf_{ijk} P_{ijk}}{E^d}, w_3 \frac{\sum_i \sum_j \sum_k I_{ijk} P_{ijk} - I^d}{I^d} \right] \quad (1)$$

Donde:

C_{ijk} – Costos totales por unidad de potencia instalada en la zona poligonal i del territorio, aprovechando la fuente renovable j y utilizando el equipamiento k

Cf_{ijk} – Factor de capacidad en la zona poligonal i del territorio, aprovechando la fuente renovable j y utilizando el equipamiento k

I_{ijk} – Impacto ambiental por unidad de potencia instalada en la zona poligonal i del territorio, aprovechando la fuente renovable j y utilizando el equipamiento k

C^d, E^d, I^d – Respectivamente, costos totales deseados, energía anual deseada e impacto ambiental deseados para todo el territorio

w_1, w_2, w_3 – Ponderación asignada para cada indicador de eficiencia

El aseguramiento de los valores establecidos por el nivel superior (territorial) a las variables de coordinación se establece mediante el sistema de restricciones (2); Las restricciones a las que están sometidas las funciones objetivo son las de disponibilidad de recursos en cada zona poligonal por cada fuente utilizada:

$$\sum_k P_{ijk} \leq Disp_{ij} \quad \forall i = 1, \dots, nz; \quad \forall j = 1, 2, \dots, nf \quad (2)$$

Donde:

$Disp_{ij}$ – Disponibilidad de potencia existente del recurso renovable j en la zona poligonal i

La disponibilidad de fuentes de energía está supeditada al territorio de aplicación del proyecto y de sus zonas. No se puede instalar en ninguna zona ningún equipamiento que supere la disponibilidad de recursos en la zona.

3. Resultados y Discusión

La complejidad del modelo matemático conceptual, suponiendo que se definan n zonas poligonales en el territorio, con 4 fuentes de energía renovable predominantes (eólica, radiación solar, hidráulica y biomasa), m ofertas de equipamiento por cada fuente, se tiene un total de $n \times m \times 4$ variables enteras con 3 criterios de optimización, lo que implica un modelo de muy alta complejidad suponiendo valores razonables para n y m , por lo que se requiere descomponerlo en elementos de menor complejidad. De acuerdo a la metodología de análisis y síntesis de sistemas de ingeniería, esto se realiza de acuerdo a la misma estructura del modelo matemático. Se requiere conciliar las potencialidades de las diferentes zonas poligonales de un territorio con el equipamiento en el mercado.

Entre los factores de carácter subjetivo a ser tomados en consideración, debe necesariamente estar incluida la aceptación social de las soluciones energéticas, dada la repercusión social del recurso energético. Esta aceptación se refleja de muchas maneras: la aceptación por la comunidad que se construya una pequeña hidroeléctrica en su territorio, la que puede tener pequeñas consecuencias positivas o negativas en su vida diaria, las emisiones de un gasificador pueden tal vez causar molestias a cierta comunidad, determinadas instalaciones eólicas o fotovoltaicas pueden reducir algún territorio ocupado por la agricultura o ganadería, etc. En todos los casos, la comunidad tiene que dar su conformidad con las soluciones adoptadas. La comunidad debe percatarse que las ventajas sobrepasan con creces las posibles desventajas.

Una forma de reducir la complejidad del modelo consiste en su descomposición en subtareas más simples a partir de la aplicación de la metodología de análisis sistémico propuesta en [11] para el tratamiento de tareas complejas de toma de decisiones bajo estructuras de toma de decisiones de diferentes tipos. Al considerar lo descrito en [11] y la aplicación de los principios de descomposición mencionados anteriormente, y dada la estructura del modelo matemático de la tarea estudiada, se realiza su descomposición mediante una estructura jerárquica participativa.

La descomposición desarrollada se muestra en el diagrama de la Figura 2, en la que en el territorio se realiza una tarea de optimización de mayor nivel, la cual establece tareas de aproximación $(p_1, p_2, p_3, \dots, p_{nz})$ a los nz niveles inferiores, encargados de solucionar una tarea de optimización de menor complejidad, propia de cada zona poligonal, que asegure un conjunto de opciones de energización $(O_1 = [o_{1|1}, o_{1|2}, \dots, o_{1|n}], O_2 = [o_{2|1}, o_{2|2}, \dots, o_{2|n}], \dots, O_{nz} = [o_{nz|1}, o_{nz|2}, \dots, o_{nz|n}])$ próximas al mejor compromiso entre los indicadores de eficiencia de las tareas por zona. A partir de las opciones generadas, el sistema selecciona aquellas combinaciones que minimizan el criterio (1) y aseguran las restricciones (2), establecidas por el sistema de mayor nivel. La descomposición de (1) - (2) se realiza por objetivos, variables y restricciones, según una estructura jerárquico-participativa. El nivel superior soluciona, en una primera etapa, un modelo en “variables agregadas” $(p_1, p_2, p_3, \dots, p_{nz})$, mediante un modelo de aproximación por programación lineal (3)-(4), la que determina la potencia a generar por cada una de las zonas poligonales independientemente de las variantes de que se seleccionen por cada tipo de fuente de energía renovable. En la segunda etapa, por cada zona i , se hallan las soluciones detalladas (correspondientes a las opciones de solución $O_i = [o_{i|1}, o_{i|2}, \dots, o_{i|n}]$ de esa zona por el modelo (5)-(7). En la tercera etapa se busca, por el nivel superior, la composición óptima de opciones generadas por todas las zonas. En la Figura 2, se ilustra la descomposición de la tarea de selección de opciones de generación de fuentes energéticas.

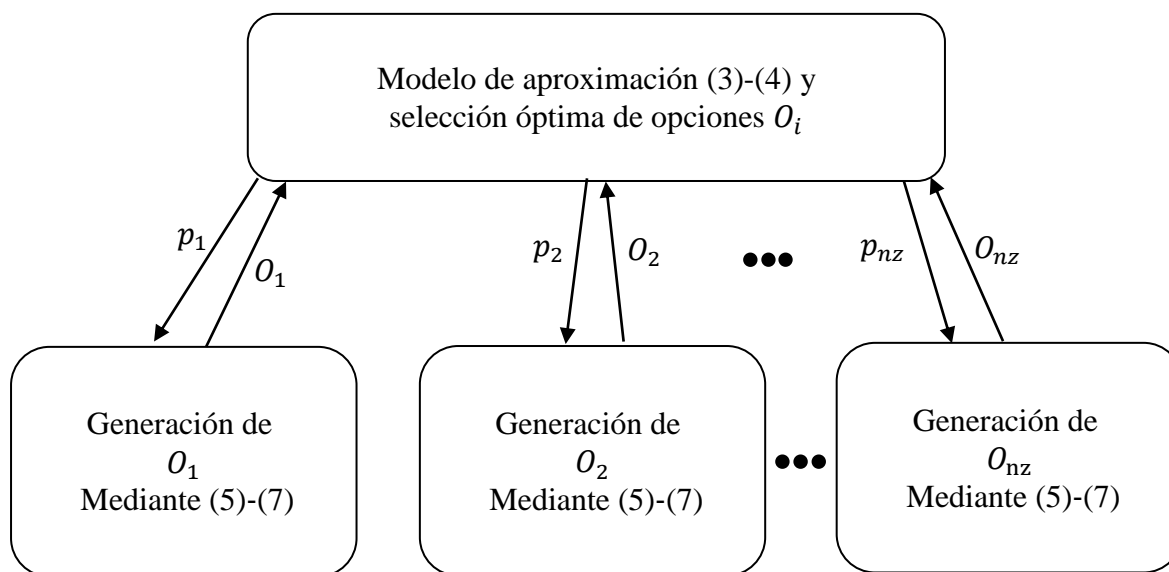


Fig.2 Representación general de la descomposición de la tarea de selección de opciones de generación de fuentes energéticas

Modelo de aproximación para todo el territorio (nivel superior)

El modelo de aproximación para todo el territorio integra toda la generación de energía por fuente para cada zona sin considerar las opciones de esa fuente que las producirá. El siguiente modelo matemático (3)-(4) describe la acción correspondiente. Minimizar la distancia de Tchebysheff con respecto a los indicadores deseados:

$$z = \max \left[w_1 \frac{\sum_i C_i p_i - C^d}{C^d}, w_2 \frac{E^d - 8760 \sum_i C f_i p_i}{E^d}, w_3 \frac{\sum_i I_i p_i - I^d}{I^d} \right] \quad (3)$$

Asegurando el cumplimiento de las restricciones:

$$p_i \leq \sum_j Disp_{ij} \quad \forall i = 1, \dots, nz; \quad \forall j = 1, 2, \dots, nf \quad (4)$$

Generación de opciones de solución por zonas (nivel inferior)

Se realiza por el modelo conceptual original, considerando tan solo la zona i . Así, se requiere minimizar la función objetivo (5) con las restricciones (6)-(7). Se toman en consideración solo aquellas opciones correspondientes a las producciones de las diferentes fuentes energéticas que aseguran el cumplimiento de la tarea p_i . La implementación del sistema de modelos (3)-(4) y (5)-(7) requiere de la determinación de una metodología que permita hallar los parámetros contenidos en ellos, a partir de las características de cada territorio concreto y de los algoritmos de solución a ambos modelos y de la corrección de los parámetros del modelo (3)-(4) a partir de las soluciones generadas por el modelo (5)-(7), para cada $i = 1, \dots, nz$.

$$Z_i = \max \left[w_1 \frac{\sum_j \sum_k C_{ijk} P_{ijk} - c^d}{c^d}, w_2 \frac{e^d - 8760 \sum_i C f_{ijk} P_{ijk}}{e^d}, w_3 \frac{\sum_j \sum_k I_{ijk} P_{ijk} - i^d}{i^d} \right] \quad (5)$$

Asegurando el cumplimiento de las restricciones:

$$\sum_j \sum_k P_{ijk} \geq p_i \quad (6)$$

$$\sum_k P_{ijk} \leq Disp_{ij} \quad \forall j = 1, 2, \dots, nf \quad (7)$$

De esta forma, en lugar de la tarea de gran complejidad original, correspondiente a la selección óptima del equipamiento correspondiente a todas y cada una de las zonas poligonales, se solucionan una tarea coordinadora en el nivel superior, de todo el territorio, y nz sub-tareas correspondientes a todas y cada una de las nz zonas del territorio.

Esquema de solución

El esquema de solución del sistema de modelos presentado está basado en la resolución de un problema de programación lineal en el nivel superior y la aplicación del Algoritmo de Exploración de Funciones de Códigos Variables en el nivel inferior. La metodología de solución se detalla a continuación. En una primera etapa los parámetros del modelo del nivel superior deben ser inicialmente estimados. Entonces, es resuelto el modelo (3)-(4) mediante programación lineal lo que da como resultado las tareas de aproximación $(p_1, p_2, p_3, \dots, p_{nz})$ óptimas a los nz niveles inferiores correspondientes con cada zona. En lo adelante, en cada zona se resuelven los modelos (5)-(7) aplicando el Algoritmo de Exploración de Funciones de Códigos Variables que permite realizar una rectificación de los parámetros del modelo y con esto realizar un proceso iterativo que se llevará a cabo hasta que las tareas de aproximación $(p_1, p_2, p_3, \dots, p_{nz})$ se mantengan constantes entre una iteración y la siguiente o hasta alcanzar un número determinado de iteraciones.

4. Conclusiones

Se desarrolló un modelo matemático para la expansión de la generación de energía de un territorio, considerando la disponibilidad de recursos renovables en zonas poligonales previamente definidas, y la oferta de equipamiento de energías renovables disponibles en el mercado; minimizando los costos totales de generación, maximizando la energía anual generada y minimizando el impacto ambiental. La alta complejidad del modelo obtenido requirió su descomposición en dos niveles mediante una estructura jerárquico-participativa, donde se coordina una tarea de aproximación en el nivel superior mediante técnicas de programación lineal, y un modelo de menor complejidad se resuelve en el nivel inferior con la aplicación del Algoritmo de Exploración de Funciones de Códigos Variables, lo que permitió reducir la complejidad de la tarea.

Referencias

1. Benitez Leyva, L.V., *Procedimiento multicriterio-multiobjetivo de planificación energética a comunidades rurales aisladas*. Tesis de Doctorado, 2015. Universidad Politécnica de Madrid.
2. Falcón, E.J., *Desarrollo de un modelo de planificación energética sostenible usando técnicas de optimización multicriterio: una aplicación a la provincia de Cajamarca, Perú*. Tesis de Doctorado, 2018. Universidad Politécnica de Madrid.
3. Cornadó, A., *El acuerdo de París sobre el cambio climático (COP21): el papel de la energía nuclear*. Cuadernos de energía, 2016. **47**: p. 35-42.
4. Kumar, A., Sah, B., Singh, A.R., Deng, Y., He, X., Kumar, P., Bansal, R.C., *A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development*.

- Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017. **69**: p. 596-609. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.191>.
5. Antunes, C.H., Martins, A.G., Brito, I.S., *A multiple objective mixed integer linear programming model for power generation expansion planning*. Energy, 2004. **29**(4): p. 613-627. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2003.10.012>.
 6. San Cristóbal, J.R., *Multi-criteria decision-making in the selection of a renewable energy project in Spain: The Vikor method*. Renewable Energy, 2011. **36**(2): p. 498-502. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.07.031>.
 7. Arnette, A., Zobel, C.W., *An optimization model for regional renewable energy development*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012. **16**(7): p. 4606-4615. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.04.014>.
 8. Sanajaoba, S., Fernandez, E., *Maiden application of Cuckoo Search algorithm for optimal sizing of a remote hybrid renewable energy System*. Renewable Energy, 2016. **96**: p. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.04.069>.
 9. Siddaiah, R., Saini, R.P., *A review on planning, configurations, modeling and optimization techniques of hybrid renewable energy systems for off grid applications*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016. **58**: p. 376-396. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.281>.
 10. Pratama, Y.W., Purwanto, W.W., Tezuka, T., McLellan, B.C., Hartono, D., Hidayatno, A., Daud, Y., *Multi-objective optimization of a multiregional electricity system in an archipelagic state: The role of renewable energy in energy system sustainability*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017. **77**: p. 423-439. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.021>.
 11. Arzola Ruíz, J., *Sistemas de Ingeniería*, 2012. La Habana: Editorial Felix Varela. ISBN 978-959-07-1762-8.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Luis Enrique Garcia-Marrero. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6710-4072>

Participó en el diseño de la investigación, visualización y análisis de la información y redacción del manuscrito.

José Arzola-Ruíz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1128-2245>

Participó en el diseño de la investigación y redacción del manuscrito.