

Análisis bibliométrico del comportamiento de la actividad científica desarrollada en la optimización de aero-bombas de eje horizontal¹

Bibliometric analysis of the scientific activity behavior developed in the horizontal axis wind-pumps optimization

Santiago Amaury Santana-Reyes², Alexis Alvarez-Cabrales³; Abdel Acosta-Jover⁴, Yoandrys Morales-Tamayo⁵, Yusimit Karina Zamora-Hernández⁶

Artículo recibido en abril 16 de 2021; artículo aceptado en septiembre 28 de 2021

Este artículo puede compartirse bajo la [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](#) y se referencia usando el siguiente formato: Santana-Reyes, S. A., Alvarez-Cabrales, A., Acosta-Jover, A., Morales-Tamayo, Y. y Zamora-Hernández, Y. K. (2022). Análisis bibliométrico del comportamiento de la actividad científica desarrollada en la optimización de aero-bombas de eje horizontal. *I+D Revista de Investigaciones*, 17(1), 96-107.

Resumen

En este trabajo se realiza un estudio bibliométrico de los artículos científicos, entre los años 2015 y 2020, relacionados con la optimización del diseño y la simulación del comportamiento aerodinámico de las aero-bombas de eje horizontal. El objetivo es determinar el comportamiento de la actividad científica, desarrollada en la optimización de este tipo de aero-bombas, a partir de la interpretación de mapas bibliométricos de las publicaciones de mayor relevancia. Se utilizó un procedimiento para el análisis bibliométrico de las publicaciones científicas indexadas en la base de datos Dimensions.ai, para esto se establecieron criterios de consulta cuantificables para discernir la inclusión de las publicaciones científicas en el análisis. Esto permitió la construcción de mapas bibliométricos, realizados a partir del programa VOSviewer. Se presentan las zonas de cercanía investigativa y las interrelaciones entre los principales países generadores de publicaciones científicas, indexadas en la base de datos Dimensions.ai. Se evidencia un adecuado

¹ Estudio de revisión, enfoque cualitativo, resultado de un proyecto de investigación en curso titulado: "Optimización aerodinámica del rotor del molino a viento multipala horizontal de la Empresa Mecánica Bayamo (EMBA) ante las condiciones de viento de la región de la llanura del Cauto en la provincia de Granma", perteneciente al área de Ingeniería subárea de Ingeniería civil, desarrollado por el Grupo de Soluciones Ingenieriles Asistidas por Computadora (SIAC) de la Universidad de Granma, Cuba y financiado por la EMBA. Dirección: Carretera a Manzanillo, km 17 ½, Peralejo, Bayamo, Granma, Cuba. PBX: (+53) 23481015. Fecha de inicio: 2 de febrero de 2021.

²Máster en Ciencias del Diseño y la Manufactura Asistidos por Computadoras, Universidad de Holguín. Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Granma (Cuba): Carretera a Manzanillo, km 17 ½, Peralejo, Bayamo, Granma, Cuba. PBX: (+53) 23452209 ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0059-0990>. Correo electrónico institucional: ssantanar@udg.co.cu

³Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias, Universidad Agraria de La Habana. Adscrito al Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Granma (Cuba): Carretera a Manzanillo, km 17 ½, Peralejo, Bayamo, Granma, Cuba. PBX: (+53) 23452209. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4222-6449>. Correo electrónico institucional: alvarezc@udg.co.cu

⁴Máster en Ciencias de la Maquinaria Agrícola, Universidad de Granma. Director Técnico-Desarrollo, EMBA (Cuba): Carretera Central km 846 vía Santiago de Cuba, Bayamo, Granma, Cuba. PBX: (+53) 23479958. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1762-1087>. Correo electrónico institucional: aacosta@emba.co.cu

⁵Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad Complutense de Madrid. Coordinación de Investigaciones, Universidad Técnica de Cotopaxi (Ecuador): Ave. Simón Rodríguez, Latacunga, Ecuador. PBX: (+593) 32810296. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7456-1490>. Correo electrónico: yoandrys.morales@utc.edu.ec

⁶Máster en Ciencias del Diseño y la Manufactura Asistidos por Computadoras, Universidad de Holguín. Adscrito a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. (Ecuador): Ave. Carlos J. Arosemena 38. Quevedo, Ecuador. PBX: (+593) 53702220. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0112-1061>. Correo electrónico: yzamorah@uteq.edu.ec

posicionamiento de la temática y una marcada exclusión de los países en vías de desarrollo ante la poca divulgación científica en espacios de socialización del conocimiento.

Palabras clave: Bibliometría, Servicio bibliográfico, Bases de datos bibliográfica, Energía eólica, Optimización.

Abstract

In this investigation, a bibliometric study of scientific articles, between years 2015 and 2020, related to design optimization and aerodynamic behavior simulation of the horizontal axis wind-pumps. The objective is determine the scientific activity behavior, developed in the optimization of these kinds of aero-pumps, based on the bibliometric maps interpretation of the most relevant publications. A procedure was used for bibliometric analysis of scientific publications indexed in the Dimensions.ai database, for which quantifiable query criteria were established to discern whether or not the scientific publications were included in the analysis. Everything that allows the bibliometric maps construction, made from the VOSviewer program. The research closeness zones and the interrelationships between the main countries that generate scientific publications, indexed in the Dimensions.ai database are presented, based on the bibliometric maps construction. There is evidence of an adequate thematic positioning and a marked exclusion of developing countries due to the low scientific dissemination in spaces for the knowledge socialization.

Keywords: Bibliometric, Bibliographic service, Bibliographic database, Eolic energy, Optimization.

Introducción

Las principales fuentes de energía han sido el carbón mineral, el petróleo y la energía nuclear. Todas estas fuentes tienen un límite y son una causa de contaminación ambiental, estos factores negativos han llevado a un creciente desarrollo de las fuentes renovables de energía, las cuales son amigables con el ambiente (Prasad et al., 2016). El viento es una fuente limpia y abundante de energía Odesola & Adinoyi (2017) y de acuerdo con Aized et al. (2019) es una de las más importantes.

Tradicionalmente se han empleado molinos de viento para obtener energía mecánica, en la antigüedad los principales usos se enfocaban al bombeo de agua y molinos de granos (Becerra et al., 2020). En los últimos años, ha existido un renovado interés en la energía del viento y existen intentos por todo el mundo para introducir sistemas de conversión de energía con costos eficientes para esta fuente de energía renovable.

Nghi et al. (2015), plantean que al utilizar molinos de viento en vez de motores diesel para el bombeo del agua se reduce la dependencia de los combustibles fósiles y se provee la oportunidad para la mitigación de los gases de efecto invernadero.

Por tanto, el surgimiento de investigaciones científicas, que persiguen el perfeccionamiento de los sistemas de extracción de la energía eólica, a nivel mundial ha sido la respuesta, en el ámbito académico, ante la demanda creciente del agua en la agricultura moderna y de la energía eléctrica en la industria y en la sociedad.

Existe una abundante obra científico-técnica dedicada al perfeccionamiento de las turbinas de viento, lo cual queda demostrado en las investigaciones realizadas por

Lee & Shin (2020), quienes describen un marco de trabajo para la optimización multi-objetivo del diseño aerodinámico de las aspas de un aerogenerador tripala teniendo en cuenta condiciones realistas de funcionamiento. Asimismo, Madsen et al. (2019), muestran la posibilidad de optimizar aerodinámicamente, teniendo en cuenta las condiciones normales de trabajo, aero-generadores de energía eléctrica con la utilización de herramientas de Dinámica Computacional de Fluidos (por sus siglas en inglés CFD).

En el caso particular de las aero-bombas las investigaciones desarrolladas por Aized et al. (2019); Fagbenro et al. (2014); Suzuki et al. (2011), centran su análisis en el empleo de herramientas de CFD como ayuda al diseño de la configuración geométrica del rotor, todo lo cual tiene como propósito final: captar los mayores valores de energía eólica por parte de dichas aero-bombas. Estos investigadores igualmente coinciden en que el rotor es uno de los elementos de mayor significación dentro del conjunto, el cual es susceptible a una constante evaluación y adecuación de sus parámetros.

De manera general, el análisis aerodinámico del rotor de las turbinas de viento de eje horizontal tiene una amplia presencia en la literatura científica, por lo que existe la necesidad de identificar, estudiar y contrastar la misma. Es así que, la enorme variedad de fuentes bibliográficas y la facilidad de la red digital de socializar el conocimiento de resultados de estudios científicos demandan para su análisis, enfoques cuantitativos y cualitativos.

El análisis bibliométrico constituye una excelente oportunidad para el estudio intencionado y actualizado de la literatura especializada; en ese sentido Şenel &

Demir (2015), plantean que: “la bibliometría es una disciplina que analiza la literatura académica o describe los patrones de publicaciones en un campo determinado” (p. 16).

Martínez Prince (2020), resalta la importancia del análisis bibliométrico, en la determinación del comportamiento de la colaboración científica entre instituciones e investigadores, pues el mismo permite identificar las principales fuentes de emanación de las investigaciones científicas.

Varios autores han centrado su análisis bibliométrico en la determinación del estado de las producciones científicas en el área de investigación de la energía renovable, debido a la constante evolución tecnológica, procedimental y del conocimiento, en sentido general.

Es el caso de Cifuentes et al. (2018), que presentan el análisis bibliométrico de las tendencias y el estado de la investigación de

los sistemas híbridos de energía renovable solar y eólica, fundamentado en la información obtenida de la base de datos Web Of Science (WoS) en el período de tiempo de 2000 a 2017. Los autores presentan resultados de tipo cuantitativo y cualitativo relacionados a la producción anual, el país, la institución, el impacto de citas y las relaciones de citas en el campo de estudio (...)” (p. 1).

En ese mismo orden, también es pertinente destacar la investigación desarrollada por Rúa et al., (2020), quienes plantean una metodología de búsqueda bibliométrica desde una perspectiva histórica relacionada con:

“(..) el auge tecnológico de las energías alternativas, en particular la energía solar. (...) El análisis se separa en seis etapas para demostrar que la subida del precio del petróleo detonó el auge de energías alternativas, pero conforme fue creciendo el número de artículos publicados, se logró consolidar el área de investigación, separándose del efecto precio” (p. 239-240).

Igualmente, Romo-Fernández et al. (2013) presentan un análisis de la producción científica de España para el periodo 2003-2009 en el área de las Energías Renovables, Sostenibilidad y Medio Ambiente utilizando la base de datos Scopus.

La utilización de mapas bibliométricos, como parte del análisis de la literatura especializada, ha demostrado una alta eficiencia para abordar el desarrollo de las líneas investigativas o Zonas de Cercanía Investigativa (ZCI) tanto de revistas científicas de publicación seriada, según lo demuestra Martínez Prince (2020) y Ortiz-Alvarez & Piloto-Rodríguez (2021), como de temáticas

especializadas de acuerdo con lo indicado por Hernández Abaunza et al., (2020) y O’Brien et al., (2020).

“Los mapas bibliométricos son una poderosa herramienta para el estudio de la estructura y dinamismo de un campo científico. Los investigadores pueden utilizar los mapas bibliométricos para obtener un mejor entendimiento en el campo en el cual están trabajando” (Guzmán Sánchez & Trujillo Cancino, 2013, p. 97).

La construcción de los mapas bibliométricos se encuentra entre las primeras acciones a realizarse durante el transcurso de las investigaciones científicas en la actualidad. Por tanto, el objetivo de la presente investigación es determinar el comportamiento de la actividad científica desarrollada en la optimización de aero-bombas de eje horizontal, a partir de la interpretación de los mapas bibliométricos de las publicaciones de mayor relevancia, con el fin de facilitar la comprensión de la evolución de las investigaciones a nivel mundial de la temática.

Metodología

Tipo de estudio

Este estudio tiene un enfoque cualitativo, en el cual se describe el comportamiento de la tendencia de las publicaciones relacionadas con la actividad científica desarrollada sobre la optimización de aero-bombas de eje horizontal con indexación en la base de datos Dimensions.ai, las cuales se encuentran enmarcadas en el período 2015-2020.

Procedimiento para el análisis bibliométrico de artículos científicos

Resulta indispensable establecer un procedimiento para realizar, de manera adecuada, el análisis bibliométrico de publicaciones científicas relacionadas, en este caso, con la optimización de aero-bombas de eje horizontal (ver Figura 1).

El primer paso, la selección de la base de datos define el alcance y las características del análisis bibliométrico, debido a que la misma cuentan en su acervo con artículos clasificados por temáticas e impacto científico de las revistas.

El establecimiento de las palabras claves es la acción que especifica el área del conocimiento que se trata en el estudio bibliométrico por lo que es importante establecer una adecuada estrategia de búsqueda para delimitar, de manera concreta, el área de conocimiento científico en la cual se realiza el análisis.

Por último, el análisis de la tendencia investigativa constituye un elemento crucial en las primeras etapas del

desarrollo de las investigaciones y en este caso constituye el resultado final del análisis bibliométrico.

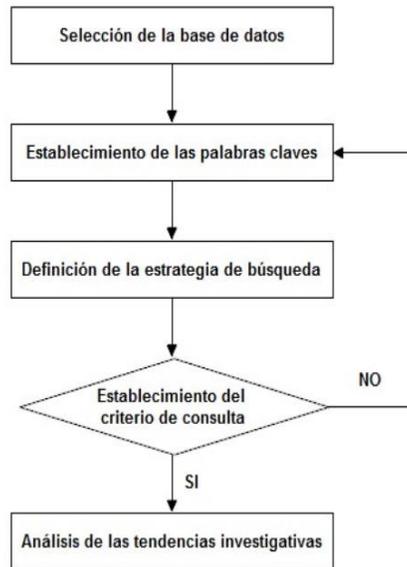


Figura 1. Procedimiento para el análisis bibliométrico de artículos científicos. Fuente: Autores.

Selección de la base de datos de investigaciones científicas

La existencia de bases de datos de investigaciones científicas brinda una rápida y certera ubicación de artículos de probada calidad académica, los cuales han sido revisados, generalmente, mediante árbitros utilizando el método de revisión por pares a ciegas.

La base de datos Dimensions .ai cuenta con una amplia variedad de artículos publicados que tienen una gran variedad de temáticas científicas. Asimismo, brinda la posibilidad de tener un libre acceso a artículos de alta calidad científica por parte de los investigadores. Estas características convierten a esta base de datos en una alternativa viable para la consulta de fuentes primarias de

la información científica como lo demuestra en su investigación García-Sánchez et al., (2019).

Establecimiento de las palabras claves

El establecimiento de las palabras claves de la búsqueda especializada en internet parte del análisis conceptual realizado, por los investigadores, y de la singularidad de la profundidad de la temática estudiada. En aras de ampliar el alcance de la búsqueda, las palabras clave se escriben en idioma inglés. Es así que, en esta investigación se utilizan como palabras clave: wind turbine, horizontal axis, wind pump, Computer Fluid Dynamics (CFD) y optimization.

Definición de la estrategia de búsqueda

La jerarquía de las palabras clave dentro de la búsqueda especializada se establece utilizando operadores de conjunto, los cuales permiten definir adecuadamente el dominio que enmarca los términos buscados. La principal ventaja del establecimiento de esta estrategia es que permite una búsqueda relacional, pues atiende a la interacción que existe entre los términos y no solo la presencia del término por sí mismo; lo cual no ocurre en las búsquedas con términos independientes o las incluyen de manera total a todos los términos.

La Ecuación 1 especifica la estrategia de búsqueda empleada en esta investigación, a partir de las palabras clave definidas anteriormente.

$$\begin{aligned}
 & \text{"optimization"} \text{ IN ("wind turbine" OR "wind} \\
 & \text{turbine horizontal axis")} \text{ AND "wind pump"} \\
 & \text{AND ("computer fluid dynamics" OR "cfd")} \quad (1)
 \end{aligned}$$

Bajo el criterio de búsqueda de la Ecuación 1 es posible afirmar que, de manera general, la optimización de aero-bombas de eje horizontal tiene una amplia y constante presencia en la literatura científica en el marco de tiempo comprendido desde los años 2015 hasta 2020 (ver Figura 2).

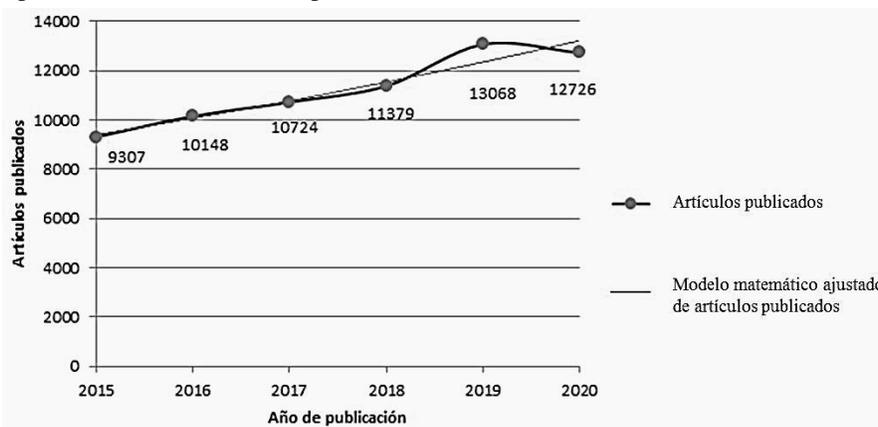


Figura 2. Relación de publicaciones por año indexadas en la base de datos Dimensions.ai, relacionadas con la optimización de aero-bombas de eje horizontal. Fuente: Autores.

En la Figura 2 se evidencia una tendencia al aumento de las publicaciones a medida que avanzan los años, lo cual está dado, fundamentalmente, por el interés de la comunidad científica y de los ingenieros, en particular, en el desarrollo constante de nuevas tecnologías y métodos para el uso eficiente de las energías renovables.

A partir de un análisis de regresión es posible determinar la progresión de las investigaciones en los últimos cinco años, la cual tiene un carácter marcadamente

exponencial, según el modelo (con un $R^2 = 94,16\%$) de la Ecuación 2.

$$y = e^{(-128,007+0,0680679 \cdot x)} \quad (2)$$

Siendo:

$x \rightarrow$ Año de publicación.

$y \rightarrow$ Artículos publicados.

La mayoría de los artículos se encuentran categorizados dentro del área de las ciencias técnicas (ver Figura 3).

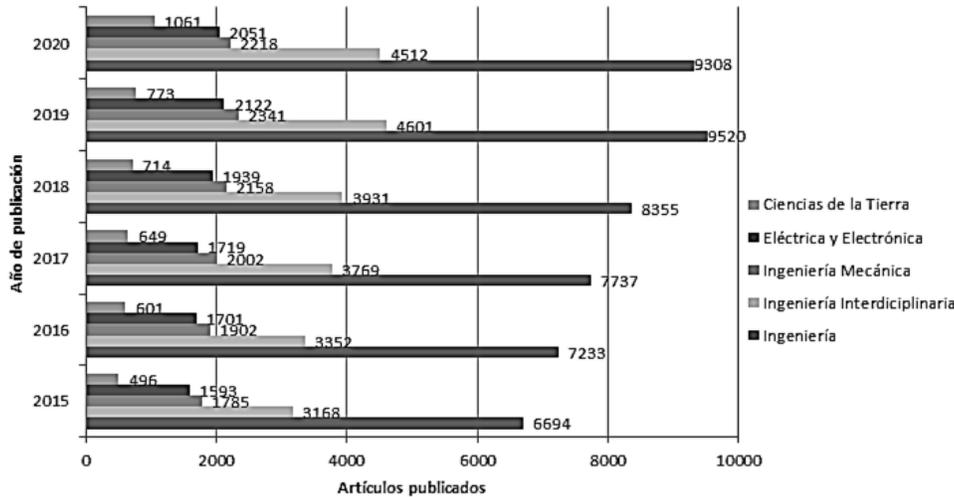


Figura 3. Áreas del conocimiento de las de las investigaciones científicas relacionadas con aero-bombas de eje horizontal. Fuente: Autores.

Dichos artículos tienen una tendencia ecologista, toda vez que los autores de estas investigaciones centran sus esfuerzos en el desarrollo de tecnologías amigables con el medioambiente. Los artículos científicos se pueden dividir y ordenar, de manera decreciente, en cinco áreas del conocimiento: Ciencias de la Tierra, Eléctrica y Electrónica, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Interdisciplinaria e Ingeniería.

aero-bombas teniendo en cuenta la estrategia de búsqueda especificada anteriormente. El establecimiento del criterio de consulta que se realiza a través del programa VOSviewer, de la información de los artículos obtenidos en la base de datos Dimensions.ai, constituye la acción de mayor importancia dentro del procedimiento para el análisis bibliométrico. En la Tabla 1 se muestra el criterio de consulta establecido en esta investigación.

Establecimiento del criterio de consulta

El programa VOSviewer permite elaborar mapas bibliométricos sobre la temática de la optimización de

Tabla 1. Criterio de consulta relacionado con los términos de optimización de aero-bombas de eje horizontal.

Criterio	Selección del criterio	Valor (términos)
Ubicación del término en el artículo	En el título y en el resumen del artículo	211 554
Número mínimo de presencia del término	500	103
Relevancia (contempla el impacto científico de la revista donde se publicó el artículo)	< 60 %	62

Fuente: Autores

Durante la consulta a la base de datos es importante observar la efectiva existencia de una relación (ϵ) entre las palabras claves y los términos rechazados (ajenos a la temática) del criterio de búsqueda, a partir de la Ecuación 2 es posible determinar dicha relación.

$$\epsilon = \frac{T_R - P_C}{T_R} \quad (2)$$

Donde:

$T_R \rightarrow$ Cantidad de términos rechazados.

$P_C \rightarrow$ Cantidad de palabras claves.

El valor de la relación que se establece debe cumplir la condición de que $0 \leq \epsilon \leq 0,75$; para de esta manera obtener una adecuada eficiencia en el análisis

bibliométrico y así garantizar la baja presencia de términos ajenos a la temática analizada. Si no se cumple esta condición se debe valorar la adecuación de las palabras claves al contexto investigativo presente en el acervo científico de la base de datos de publicaciones consultada.

La exclusión de los términos analizados parte, en gran medida, de la experticia del investigador y del área de interés en la que desarrolla sus acciones de búsqueda y análisis de la información. Es altamente recomendable realizar esta acción del proceso en colaboración de varios investigadores, teniendo como premisa: la realización de

un análisis en profundidad para establecer la implicación científica de los términos en la acción investigativa.

El criterio de consulta para el establecimiento de la relación entre los países generadores de publicaciones científicas se muestra en la Tabla 2.

La representatividad de los países generadores de artículos científicos se determina, a partir de la relación porcentual entre: el número total de países con publicaciones y el número de países que cumplen el criterio de consulta establecido en la Tabla 2. El valor porcentual de la representatividad de los países generadores de artículos científicos debe ser superior al 25 %.

Tabla 2. Criterio de consulta relacionado con los países generadores de publicaciones científicas de aero-bombas de eje horizontal.

Criterio	Selección del criterio
Número mínimo de documentos investigativos de un país	< 40 % del total de países
Número mínimo de citas de un país del término	10 % del total de países

Fuente: Autores.

Resultados

Análisis de las tendencias investigativas según la co-ocurrencia de los términos clave

El comportamiento de los términos investigativos de las publicaciones científicas relacionadas con la

optimización de aero-bombas de eje horizontal se muestra en la Tabla 3. El valor de la relación entre las palabras clave y los términos rechazados del criterio de búsqueda, en esta investigación, se encuentra dentro del intervalo establecido con anterioridad, por lo tanto, es posible acometer el análisis bibliométrico.

Tabla 3. Comportamiento de los términos investigativos dentro de las publicaciones relacionadas con las aero-bombas de eje horizontal.

Característica	Valor
Cantidad de términos relevantes	62
Cantidad de términos rechazados	17
Cantidad de palabras claves	6
Relación entre las palabras claves y los términos resultantes	0,65

Fuente: Autores.

En la Tabla 4 se muestra la relación de los diez primeros términos presentes en las investigaciones relacionadas con la optimización de aero-bombas de eje horizontal,

los cuales se encuentran ordenados bajo el criterio del mayor número de aparición dentro de las publicaciones.

Tabla 4. Primeros diez términos claves relacionados con la optimización de aero-bombas de eje horizontal.

Términos claves	Cantidad de artículos científicos
Sistema	13 585
Potencia del viento	8 830
Viento	7 289
Simulación	6 893
Potencia	5 430
Fluido	4 790
Algoritmo	4 281
CFD	4 042
Granja de viento	4 015
Energía	3 330

Fuente: Autores.

La construcción del mapa bibliométrico (ver Figura 4), a partir del programa VOSviewer, muestra la existencia de una amplia red de términos claves asociados a las investigaciones científicas relacionadas con la optimización de aero-bombas de eje horizontal.

Claramente, se observan tres ZCI que se forman atendiendo a la co-ocurrencia de los términos clave en investigaciones que abordan la misma temática.

En el área central del mapa no se encuentran términos clave, por lo tanto, es posible afirmar que no existen términos comunes que nucleen las investigaciones sobre la optimización de aero-bombas de eje horizontal. Sin embargo, al ser el tamaño de los nodos proporcional a la

cantidad de numérica de artículos científicos publicados, las ZCI están claramente encabezadas por las palabras claves: sistema y turbina de viento (ZCI uno), viento (ZCI dos) y aspa (ZCI tres).

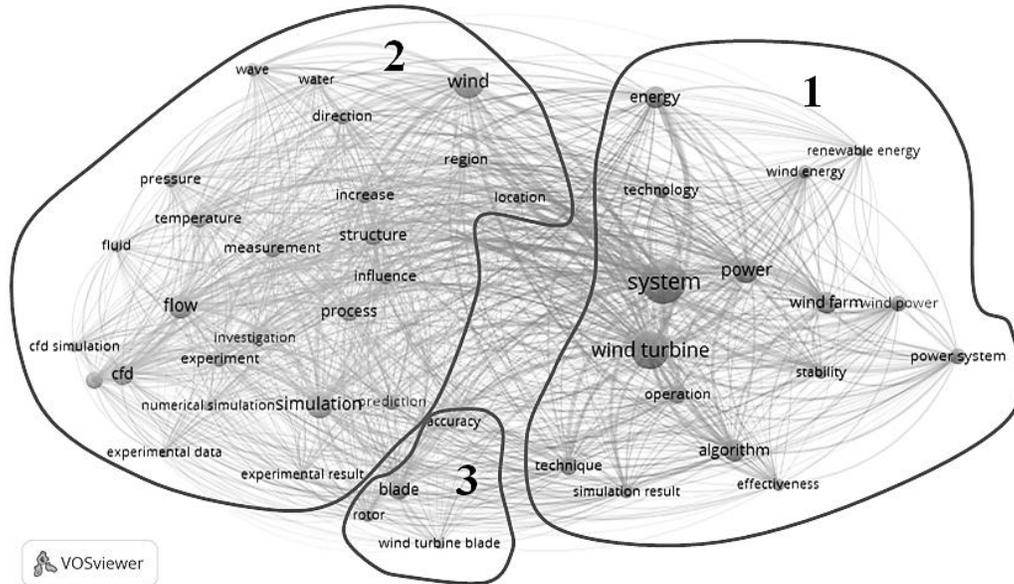


Figura 4. Mapa bibliométrico de los términos clave de las investigaciones científicas relacionadas con aero-bombas de eje horizontal. Fuente: Autores.

De igual manera, en la Figura 4, se puede apreciar que: existe una fuerte interconexión entre los términos clave y una marcada estructuración de las líneas temáticas, lo cual es indicativo de un adecuado posicionamiento del tema en los esfuerzos investigativos de la comunidad científica.

Cabe destacar que debido al gran número de publicaciones y a lo abarcador de la temática en el ámbito del conocimiento, el análisis de diferentes configuraciones de sistemas de aero-bombeo se ha convertido en la principal tendencia investigativa.

Asimismo, la simulación numérica, haciendo uso generalmente del CFD, muestra un amplio diapasón de publicaciones científicas de alto nivel, lo cual evidencia la ventaja de las tecnologías informáticas aplicadas a investigaciones de la disciplina hidrodinámica.

El uso de esta red o nube de términos clave presentada en la Figura 4 y asociados a los artículos investigativos, permite describir las principales líneas de investigación de la actividad científica desarrollada en la optimización de aero-bombas de eje horizontal. Este recurso bibliométrico ha demostrado una alta eficiencia en el propósito de encausar las acciones investigativas, lo cual queda evidenciado en las investigaciones desarrolladas por García-Sánchez et al. (2019); Rúa et al. (2020).

Análisis de las tendencias investigativas de acuerdo los países generadores de publicaciones científicas

Los resultados de la consulta realizada a la base de datos especializada en publicaciones, muestra información acerca de los países de mayor producción científica en la Tabla 5. Se cumple el criterio de representatividad, por lo cual es viable la realización del análisis bibliométrico.

Tabla 5. Comportamiento de los países de mayor producción científica relacionadas con las aero-bombas de eje horizontal.

Criterio	Selección del criterio	Unidad de medida
Número total de países con documentos científicos publicados	125	País
Número mínimo de documentos investigativos de un país	60	Publicación científica
Número mínimo de citas de un país del término	6	Cita en publicación científica
Número de países que cumplen el criterio de consulta	39	País
Valor de representatividad de los países	31,2	%

Fuente: Autores.

En lo referente al comportamiento de los países generadores de investigaciones científicas en la Tabla 6 se muestra la relación de los diez primeros, entre los años

2015-2020, que cumplen el criterio de consulta establecido. Claramente, se observa que existe una alta

representatividad de los países con mayor desarrollo económico.

De acuerdo al mapa bibliométrico, los países que mayor producción científica tienen de la temática y, por tanto, lideran la investigación científica son: China (ZCI 1), Dinamarca (ZCI 2), EUA-Alemania (ZCI 3), Reino Unido (ZCI 4) e India (ZCI 5) (ver Figura 5). Dicho mapa

muestra la enorme diferencia entre las principales potencias económicas del mundo con respecto a los otros núcleos investigativos como Reino Unido, India-Irán y Dinamarca; lógicamente este comportamiento está dado por la alta disponibilidad de recursos financieros dedicados a la investigación científica por parte de estos países.

Tabla 6.

Primeros diez países de mayor producción científica relacionadas con las aero-bombas de eje horizontal.

País	Cantidad de artículos científicos
China	2933
Estados Unidos de América	1610
Reino Unido	808
India	782
Alemania	632
Irán	451
Italia	409
Canadá	350
Australia	334
Japón	326

Fuente: Autores.

Asimismo, a pesar de la marcada agrupación entre los países por esfera de interés, es posible observar que existe una buena colaboración entre los investigadores de varios de ellos, dado a la amplia red de contacto que se evidencia en la Figura 5.

En el área central del mapa se observa la presencia de los EUA, lo cual evidencia que este país es el núcleo de generación de investigaciones, concretadas en artículos científicos en colaboración con otros países. Por otra parte, China, a pesar que se erige como el país que mayor producción científica posee, su colaboración investigativa aún se encuentra polarizada.

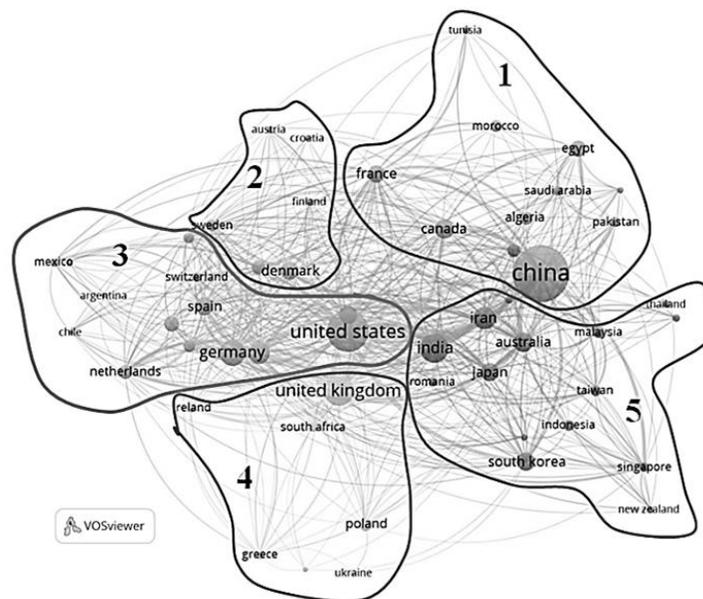


Figura 5. Mapa bibliométrico de los países de origen de las investigaciones científicas relacionadas con aero-bombas de eje horizontal. Fuente: Autores.

Los países en vías de desarrollo ocupan un lugar periférico dentro del mapa mostrado, este es el caso de México, Argentina, Chile, Grecia, Ucrania Singapur, Nueva Zelanda, Tailandia, Egipto, Túnez, entre otros; lo cual es indicativo de la dependencia, generalmente, en la

disponibilidad de recursos financieros, de los países con mayor producción científica.

Lo antes planteado, ilustra la necesidad de un mayor esfuerzo materializado con iniciativas propias, por parte de los países en vías de desarrollo, en los temas referentes

al aprovechamiento eficiente de las fuentes renovables de energía y en especial de la energía eólica.

Discusión de los resultados

El análisis bibliométrico desarrollado en la presente investigación facilita la comprensión de la evolución del proceso de optimización del diseño y la simulación del comportamiento aerodinámico de las aero-bombas de eje horizontal, pues se establece una caracterización de las tendencias investigativas de la temática y un posicionamiento de los principales países productores del conocimiento a partir de la consulta en la base de datos Dimensions.ai.

En este caso, el uso de una estrategia de búsqueda relacional de las palabras claves, empleada en esta investigación, demuestra ser un elemento que ofrece una amplia ventaja en las etapas iniciales del análisis bibliométrico, esta cuestión es corroborada por Daza & Reyes (2021); García-Sánchez et al. (2019) durante el estudio de sus temáticas.

Un elemento novedoso de la presente investigación es el establecimiento de criterios de consulta, en la base de datos de las investigaciones científicas, con indicadores cuantificables para discernir la inclusión o no de las publicaciones científicas en el análisis bibliométrico.

De igual manera, la construcción de mapas bibliométricos constituye una herramienta efectiva para el análisis de la literatura científica especializada, pues queda demostrada, en esta investigación, la utilidad de dichos mapas en la definición de las ZCI; lo cual es igualmente confirmado, a partir del empleo que realizan de dichos mapas, autores como Hernández Abaunza et al., (2020); Martínez Prince, (2020) y O'Brien et al., (2020).

Aunque para autores como Cifuentes et al. (2018); O'Brien et al. (2020); Romo-Fernández et al. (2013) y Şenel & Demir (2015), el uso de esta herramienta no revierte un especial interés en sus análisis bibliométricos. Sin embargo, queda evidenciado la falta de una estructura cognitiva gráfica que apoye el proceso de análisis de las tendencias investigativas y sus interrelaciones principales.

El análisis bibliométrico, realizado en esta investigación, ha permitido revelar que el empleo de técnicas numéricas, como el CFD, en la optimización de aero-bombas de eje horizontal, son una herramienta de análisis con alto potencial de aplicación y bajos costos económicos, según lo comprueban Aized et al., (2019); Fagbenro et al., (2014) y Suzuki et al., (2011). Dicha técnica numérica permite ampliar las posibilidades investigativas de los autores de los países en vías de desarrollo.

Conclusiones

Con el análisis bibliométrico realizado se puede caracterizar el comportamiento de la actividad científica relacionada con la optimización de aero-bombas de eje horizontal, enmarcadas entre los años 2015 hasta 2020, de acuerdo con los artículos científicos indexados en la base de datos Dimensions.ai.

La construcción de mapas bibliométricos posibilita la definición y análisis de las ZCI relacionada con la optimización de aero-bombas de eje horizontal, ante el aumento exponencial de publicaciones científicas de gran relevancia.

Se demuestra que la realización del análisis conceptual y de singularidad de la temática estudiada, por parte de los investigadores, permite determinar la efectiva existencia de una relación entre las palabras claves y los términos rechazados del criterio de búsqueda, lo que garantiza el adecuado desarrollo del análisis bibliométrico.

Se evidencia la existencia de una marcada exclusión de los autores de países en vías de desarrollo ante la poca divulgación de artículos científicos en espacios de socialización del conocimiento de alto perfil, lo cual demanda la creación de proyectos de investigación propios, por parte de estos países, y de una mayor colaboración entre los investigadores.

Agradecimientos

Los autores extienden un agradecimiento al Grupo de Soluciones Ingenieriles Asistidas por Computadora (SIAC) del Departamento de Ingeniería Mecánica perteneciente a la Universidad de Granma, al Dr.C Carlos Alberto Trinchet Valera y al M.Sc. Julio Ernesto de la Rosa Melian del Centro de Estudios CAD/CAM de la Universidad de Holguín.

Se agradece a la Empresa Mecánica Bayamo que financia la investigación a través del Proyecto Empresarial "Optimización aerodinámica del rotor del molino a viento multipala horizontal de la Empresa Mecánica Bayamo (EMBA) ante las condiciones de viento de la región de la llanura del Cauto en la provincia de Granma".

Referencias

- Aized, T., Sohail Rehman, S. M., Kamran, S., Kazim, A. H., & Ubaid ur Rehman, S. (2019). Design and analysis of wind pump for wind conditions in Pakistan. *Advances in Mechanical Engineering*, *11*(9), 1–18. <https://doi.org/10.1177/1687814019880405>
- Becerra, G., Hernández, J., Osorio, E., Aguilar, J. O., & Vazquez, J. (2020). Evaluación de sistemas eólicos en el Caribe. *Científica*, *24*(2), 125–133.

- <https://doi.org/10.46842/ipn.cien.v24n2a04>
- Cifuentes, K., Rodríguez, A., & Valencia, G. (2018). Análisis bibliométrico de las investigaciones en sistemas híbridos de energía renovables Solar-Eólica comprendido entre el año 2000 a 2017. *Revista Espacios*, 39(22), 21–28. <http://www.revistaespacios.com/a18v39n22/a18v39n22p21.pdf>
- Daza, C. T., & Reyes, S. A. (2021). Comportamientos ambientales en el sector turismo: revisión de tema. *I+D Revista de Investigaciones*, 16(2), 8–17. <https://doi.org/10.33304/revinv.v16n2-2021001>
- Fagbenro, K. A., Mohamed, M. A., & Wood, D. H. (2014). Computational modeling of the aerodynamics of windmill blades at high solidity. *Energy for Sustainable Development*, 22, 13–20. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2013.12.011>
- García-Sánchez, P., Mora, A. M., Castillo, P. A., & Pérez, I. J. (2019). A bibliometric study of the research area of videogames using Dimensions.ai database. *7th International Conference on Information Technology and Quantitative Management ITQM*, 162, 737–744. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2019.12.045>
- Guzmán Sánchez, M. V., & Trujillo Cancino, J. L. (2013). Los mapas bibliométricos o mapas de la ciencia: una herramienta útil para desarrollar estudios métricos de información. *Biblioteca Universitaria*, 16(2), 95–108. <https://doi.org/10.22201/dgb.0187750xp.2013.2.5>
- Hernández Abaunza, S., Ospina Ramos, J., & Leguizamón Páez, M. (2020). Bibliometric Analysis of the Evolutionary Process of the Internet of Things. *Scientia et Technica*, 25(4), 559–568. <https://doi.org/10.22517/23447214.23401>
- Lee, S.-L., & Shin, S. (2020). Wind Turbine Blade Optimal Design Considering Multi-Parameters and Response Surface Method. *Energies*, 13(7), 1–23. <https://doi.org/10.3390/EN13071639>
- Madsen, M. H. A., Zahle, F., Sørensen, N. N., & Martins, J. R. R. A. (2019). Multipoint high-fidelity CFD-based aerodynamic shape optimization of a 10 MW wind turbine. *Wind Energy Science*, 4(2), 163–192. <https://doi.org/10.5194/WES-4-163-2019>
- Martínez Prince, R. (2020). Panorama de la colaboración científica en los artículos originales de la Revista Cubana de Ingeniería (2010-2017): estudio métrico. *Redes. Revista Hispana Para El Análisis de Redes Sociales*, 31(1), 73–81. <https://doi.org/10.5565/rev/redes.864>
- Nghi, N. T., Gavino, H. F., & Regalado, M. J. (2015). Optimizing water utilization from a windpump-drip irrigation system for high-value crop production. *International Journal of GEOMATE*, 8(2), 1293–1299. <https://www.geomatejournal.com/sites/default/files/articles/1293-1299-4118-Nguyen-June-2015.pdf>
- O'Brien, N., Barboza-Palomino, M., Ventura-León, J., Caycho-Rodríguez, T., Sandoval-Díaz, J. S., López-López, W., & Salas, G. (2020). Nuevo coronavirus (COVID-19). Un análisis bibliométrico. *Revista Chilena de Anestesia*, 49, 408–415. <https://doi.org/10.25237/revchilanestv49n03.020>
- Odesola, I., & Adinoyi, L. G. (2017). Development of Wind powered water pump. *International Journal of Engineering Science and Computing*, 7(4), 10341–10345. https://www.researchgate.net/profile/Odesola-Isaac/publication/341255006_Article_86_Development_of_Wind_powered_water_pump/links/5eb5b14b299bf1287f77d174/Article-86-Development-of-Wind-powered-water-pump.pdf
- Ortiz-Alvarez, M., & Piloto-Rodríguez, R. (2021). Análisis bibliométrico de la Revista Cubana de Ingeniería. *Revista Cubana de Ingeniería RCI*, 12(1), 1–14. <https://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/view/764>
- Prasad, V., Swami, M., Tambe, V., Kamate, F., & Bagade, S. (2016). Wind operated water pump. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 3(5), 1433–1437. https://www.academia.edu/38123918/Wind_mill_operated_pump?from=cover_page
- Romo-Fernández, L. M., Guerrero-Bote, V. P., & Moya-Anegón, F. (2013). Análisis de la producción científica española en energías renovables, sostenibilidad y medio ambiente (Scopus, 2003-2009) en el contexto mundial. *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información*, 27(60), 125–151. [https://doi.org/10.1016/S0187-358X\(13\)72546-2](https://doi.org/10.1016/S0187-358X(13)72546-2)
- Rúa, A. F., Merritt, H., & Valencia, A. (2020). Innovación tecnológica inducida: un análisis bibliométrico de la investigación en energía solar, 1960-2018. *Análisis Económico*, 35(89), 239–269. <https://doi.org/10.24275/uam/azc/dcsh/ae/2020v35n89/Rua>
- Şenel, E., & Demir, E. (2015). A global productivity and bibliometric analysis of telemedicine and

tele dermatology publication trends during 1980–
2013. *Dermatologica Sinica*, 33(1), 16–20.
<https://doi.org/10.1016/j.dsi.2014.10.003>

Arc Blades with CFD. *International Journal of
Fluid Machinery and Systems IJFMS*, 4(4), 360–
366. <https://doi.org/10.5293/IJFMS.2011.4.4.360>

Suzuki, M., Setoguchi, T., & Kaneko, K. (2011).
Prediction of Cascade Performance of Circular-