

Distritos térmicos como modelo de calefacción sostenible: Un enfoque bibliométrico y una agenda de investigación

Thermal districts as a model for sustainable heating: A bibliometric approach and a research agenda

Angel Marcelo Rojas Coronel^{I, *}, Juan Carlos Vives Garnique^I, Silvia Yvone Gastiaburu Morales^I, Luis Manuel Amaya Checa^I, Fredy Dávila Hurtado^{II}

^IUniversidad Señor de Sipán, Lambayeque, Perú

^{II}Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú

* Autor de correspondencia: rmarcelo@uss.edu.pe

Recibido: 12 de agosto de 2025

Aprobado: 22 de octubre de 2025

Este documento posee una [licenciaCreativeCommonsReconocimiento-NoComercial4.0internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



RESUMEN/ABSTRACT

Los distritos térmicos son una alternativa sostenible para la generación y distribución de energía, aprovecha las fuentes de energía renovables contribuyendo a reducir el impacto ambiental y mejorar la eficiencia energética en las ciudades. Este desarrollo enfrenta desafíos tecnológicos y de expansión, pero constituye un eje clave para la transición hacia sistemas energéticos más inteligentes y sostenibles. El objetivo de esta investigación ha sido analizar las tendencias de estudio sobre distritos térmicos y su evolución tecnológica mediante un análisis bibliométrico. Para ello, se aplicó el protocolo PRISMA a una revisión sistemática de literatura científica en las bases de datos Scopus y Web of Science, identificando los países, autores y palabras clave más relevantes. Los resultados muestran que entre 2014 y 2024, China lideró la producción científica, con predominio de terminus como eficiencia energética, redes de calor e Internet de las Cosas. Se concluye que las investigaciones reflejan un crecimiento sostenido enfocado en la innovación, la sostenibilidad y la eficiencia energética.

Palabras clave: Distrito térmico; gestión térmica; energía térmica; sistemas térmicos; eficiencia energética.

Thermal districts are a sustainable alternative for energy generation and distribution, harnessing renewable energy sources to help reduce environmental impact and improve energy efficiency in cities. This development faces technological and expansion challenges but constitutes a key axis in the transition toward smarter and more sustainable energy systems. The objective of this research was to analyze study trends on thermal districts and their technological evolution through a bibliometric analysis. To achieve this, the PRISMA protocol was applied to a systematic review of scientific literature from the Scopus and Web of Science databases, identifying the most relevant countries, authors, and keywords. The results show that between 2014 and 2024, China led scientific production, with predominant terms such as energy efficiency, heat networks, and the Internet of Things. It is concluded that the research reflects sustained growth focused on innovation, sustainability, and energy efficiency.

Keywords: District heating; Thermal management; Thermal energy; Thermal systems; Energy efficiency.

INTRODUCCIÓN

La alta disponibilidad de energía en los distritos térmicos se ha convertido en un aspecto de gran interés y, al mismo tiempo, de gran satisfacción para todas las personas y organizaciones debido a la nueva forma de convertir las altas temperaturas en energía renovable [1]. Los distritos térmicos representan las nuevas formas de extraer energía para diferentes áreas urbanas y ciudades. Por otro lado, a pesar del gran progreso actual en la extracción de energía renovable, aún existen algunas dificultades para poder distribuir este servicio rápidamente.

Cómo citar este artículo:

Angel Marcelo Rojas Coronel y otros. Distritos térmicos como modelo de calefacción sostenible: Un enfoque bibliométrico y una agenda de investigación. Ingeniería Energética. Vol. 46(2025): publicación continua. ISSN 1815-5901.

Sitio de la revista: <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/index>

Algunas ciudades no cuentan con este tipo de energía renovable porque no han completado las expansiones de las empresas y, por lo tanto, se utiliza otro tipo de energía no renovable para cubrir una gran parte de la ciudad [2]. Sumado a lo anterior, se abordarán futuras fuentes de energía renovable para adaptarse y reducir el efecto invernadero en el planeta. Con este sentido han surgido productos financieros verdes que pueden beneficiar a los actores económicos en la financiación de iniciativas verdes para promover la energía renovable y permitir la neutralidad de carbono, el estudio examina el impacto de los bonos verdes (GB) en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) [3]. Por otro lado, el surgimiento de los distritos térmicos se define por los diversos beneficios que se prestan a la atención, la visualización de funciones de red (NFV) y la computación en la nube [4].

Por lo tanto, gracias a las diferentes técnicas, herramientas y métodos, es posible optimizar la inteligencia mediante la innovación tecnológica y mejorar la eficiencia y la eficacia energéticas, de modo que la gestión de recursos y la calidad de los servicios en los distritos térmicos benefician tanto a las personas como a los operadores [5]. En el futuro, los distritos térmicos requerirán un fuerte enfoque en el aprendizaje adaptativo hacia un modelo de intercambio de conocimiento, facilitando así el acceso a datos generales mediante elementos funcionales virtualizados [6]. Además, los distritos térmicos están adoptando nuevas redes de comunicación con el objetivo de cambiar el paradigma del espectro energético para obtener mejores resultados de eficiencia y satisfacer las demandas de gestión térmica y control del consumo energético.

Dado que el crecimiento de la demanda energética está impulsado por factores socioambientales, las áreas que requieren una forma sostenible de calefacción son cruciales para lograrlo. Por lo tanto, esto puede lograrse mediante diferentes innovaciones en el sector térmico [7]. Asimismo, la implementación efectiva de tecnología para el diseño, la planificación, la gestión y la operación de redes térmicas, donde estas etapas incipientes son esenciales, ya que las redes térmicas son arquitecturas que no están adaptadas a la tecnología. El objetivo principal de esta exportación son las diferentes tendencias que genera para fomentar la investigación sobre el desarrollo de infraestructuras térmicas mediante aprendizaje autónomo, mediante un análisis bibliométrico de las bases de datos Scopus y Web of Science.

Por otro lado, entre las principales conclusiones se destaca que las tendencias emergentes se centran en el diseño y desarrollo de algoritmos capaces de aprender de los datos generados por la gestión térmica, lo que facilita la autogestión de tendencias en distritos térmicos actuales y futuros [8]. Finalmente, esta adaptación ha conservado la esencia de los textos originales para poder aplicarlos específicamente al contexto de los distritos térmicos para la gestión de la eficiencia energética, las tecnologías emergentes y la concordancia [9].

MATERIAL Y MÉTODOS

De acuerdo con el objetivo de la investigación, se propone un diseño metodológico que, a partir de los parámetros mínimos que establece el enunciado PRISMA para las revisiones de literatura, realizar un análisis bibliométrico que permita, un mapeo del acervo científico literario que se encuentra disponible en las bases de datos para identificar [10], por un lado, las tendencias actuales de investigación en torno al tema propuesto y por el otro, los rumbos futuros que existen, de manera estadística. y análisis posicional de palabras clave, como uno de los principales metadatos de la actividad científica. En este sentido, para la ejecución del diseño metodológico se siguen los estudios [11, 12], a través de los cuales se relacionan y especifican los ítems o parámetros detallados que establece la declaración PRISMA, para lo cual existen las siguientes subsecciones.

Criterios de elegibilidad

Los criterios de elegibilidad, tal como se mencionan [13], ayudan a definir las características que deben cumplir los estudios que serán analizados en la revisión de literatura. Para este diseño metodológico, se han establecido los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión

Para esta revisión de literatura, se han definido criterios de inclusión específicos. Es crucial que los registros analizados incluyan en su título y palabras clave, que son los principales metadatos bibliográficos, las diversas combinaciones de términos relacionados con distritos térmicos. Además, motivo el alcance de la revisión, se han determinado criterios que abarcan aspectos como el tipo de divulgación, el estatus de publicación. Concretamente, se contendrán artículos de revistas o capítulos de libros que contengan metadatos completos, afirmando un análisis íntegro de la pesquisa disponible.

Criterios de exclusión

Consiguiente, como parte complementaria del proceso, se aplican criterios para excluir investigaciones que siguen estándares como los de la declaración PRISMA, que abarcan varias etapas. En la primera fase, conocida como cribado, se descartan búsquedas bibliográficas que no cumplen con el formato citado, como actas de conferencias, y se eliminan documentos con metadatos parciales o sin criterios de evaluación claros para asegurar la eficacia científica de los resultados. Luego, en la fase de elegibilidad, se excluyen registros que, tras superar el cribado inicial, no aportan elementos de análisis relevantes para la investigación, conteniendo aquellos relacionados con distritos térmicos si es pertinente al tema investigado.

Fuentes de información

Una vez definidos los criterios de elegibilidad de la revisión de literatura, conforme al protocolo establecido por la declaración PRISMA, se procede a la fase de selección de las fuentes de averiguación para el diseño metodológico. Dado que toda revisión de literatura se basa en fuentes substitutas de información y fundamento que el alcance de la investigación implica la revisión de literatura científica, se establecen como fuentes principales las dos bases de datos académicas y científicas más importantes en la actualidad: Web of Science y Scopus. Estas bases de datos ofrecen metadatos completos, robustos, detallados y rigurosos derivados de la actividad científica, así como interfaces desarrolladas que mejoran el rendimiento de los procesos de revisión [14].

Sin embargo, como se señala que la fase de establecimiento de las fuentes de información incluye la determinación del período de búsqueda [15]. En este caso, el proceso de revisión abarca desde los primeros artículos disponibles en cada base de datos hasta la actualidad, sin un intervalo de tiempo definido. Esto permite comprender la evolución del cuerpo literario y científico en torno a la investigación internacional sobre el uso de distritos térmicos para la gestión energética urbana.

Estrategia de búsqueda

Para aumentar la precisión, el detalle y la reproducibilidad del proceso de diseño, las pautas PRISMA recomiendan estrategias de investigación que se implementarán en cada documento relevante y seleccionar la investigación. Además, para ampliar este apartado, es importante decir que se tratan dos temas relacionados: se describe la medición de la fuente de datos y los criterios de integración. En este sentido, se entiende que al tratarse de documentos internacionales deberán ir acompañados de información sobre metadatos de investigación en inglés. Por este motivo, se han creado los siguientes enlaces especiales, que contienen todos los métodos descritos y funciones de búsqueda en la base de datos.

Ecuación Web ofScience:

((TI=({DistrictHeating} OR {DistrictCooling} OR {Thermal Network} OR {Urban HeatingSystem} OR {District Energy System} OR {CommunityHeating})) AND TI=({Energy Management} OR {Thermal Energy} OR {Sustainable Energy} OR {Energy Efficiency})) OR ((AK=({DistrictHeating} OR {DistrictCooling} OR {Thermal Network} OR {Urban HeatingSystem} OR {District Energy System} OR {CommunityHeating})) AND AK=({Energy Management} OR {Thermal Energy} OR {Sustainable Energy} OR {Energy Efficiency})))

Ecuación Scopus:

((TITLE ({DistrictHeating} OR {DistrictCooling} OR {Thermal Network} OR {Urban HeatingSystem} OR {District Energy System} OR {CommunityHeating})) AND TITLE ({Energy Management} OR {Thermal Energy} OR {Sustainable Energy} OR {Energy Efficiency})) OR ((KEY ({DistrictHeating} OR {DistrictCooling} OR {Thermal Network} OR {Urban HeatingSystem} OR {District Energy System} OR {CommunityHeating})) AND KEY ({Energy Management} OR {Thermal Energy} OR {Sustainable Energy} OR {Energy Efficiency})))

Registro de estudios

Luego de utilizar una estrategia de búsqueda específica para cada base de datos seleccionada como fuente de información, se encontraron 451 documentos para el período 2014-2024, de los cuales 430 fueron de la base de datos Scopus y los 20 restantes son de un sitio web científico

Gestión de datos

Para gestionar los datos bibliográficos obtenidos de las fuentes escogidas se ha efectuado la herramienta ofimática Microsoft Excel y el software de acceso libre VOSviewer, en el que se almacenan y almacenan todos los metadatos obtenidos. Este proceso de datos precisamente se refiere al proceso de homogeneización de la información, mejor dicho, la estandarización de la búsqueda obtenida de dos bases de datos con el objetivo de tener el mismo formato, comenzando así a eliminar repeticiones de registro y unificación.

Proceso de selección

Después de haber almacenado la indagación en los materiales mencionados previamente, y se realizó el proceso de exclusión de registros duplicados, se procede a diseñar una base de datos conjugada, que fue suministrada a dos de los autores de la investigación, en calidad de revisores, para la aplicación autónoma de los criterios de exclusión determinados al comienzo del diseño metodológico [16]. Este análisis independiente garantiza la contracción del sesgo que se puede derivar por el análisis selectivo de información [17, 18]. Finalmente, con el propósito de aumentar el nivel de pormenor y replicabilidad del diseño metodológico, se tiene la figura 1, por medio de la cual se resumen todos los pasos descritos por la declaración PRISMA para revisiones de literatura [19].

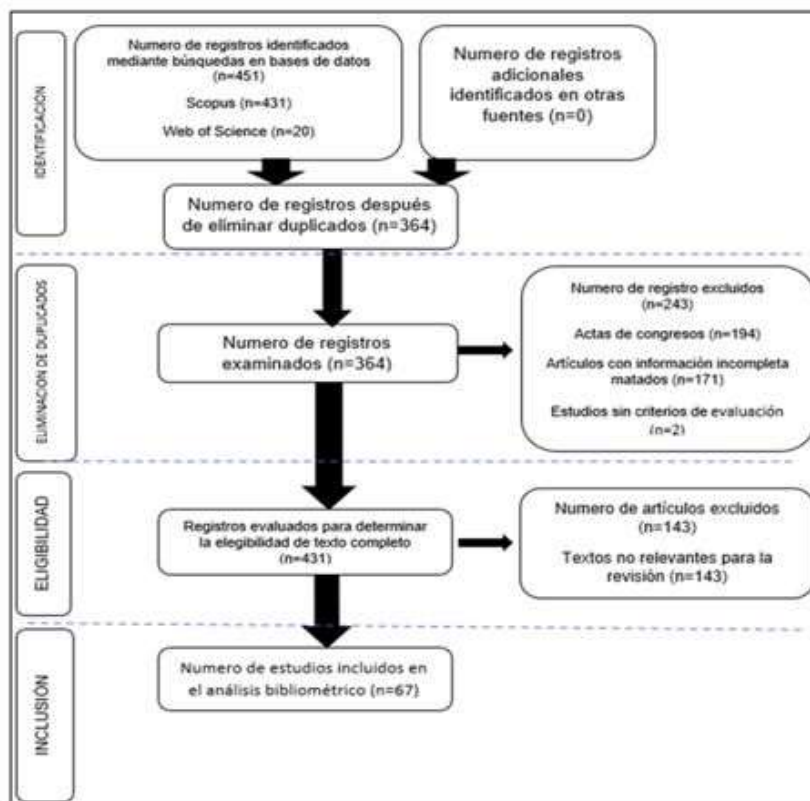


Fig. 1. Diagrama de flujo PRISMA. Elaboración propia

RESULTADOS

A partir de los resultados obtenidos se analizarán datos de diferentes publicaciones, de publicaciones del año 2014 al 2024. Figura 1 - Indicadores por cantidad por año: Representa la cantidad de publicaciones a lo largo de los años (2014-2023). Pico más alto en 2021 [20], con 22 citas para una publicación del Instituto Tecnológico Griefing Asse en Austria. Línea de tendencia con una fuerte correlación ($R^2=0.8262$) entre años y cantidad de publicaciones. Figura 2 - Indicadores de cantidad por revista: Muestra la distribución de publicaciones en revistas relacionadas con energía e ingeniería [21]. “Applied Thermal Engineering” lidera con aproximadamente 160 publicaciones. “SustainableCities And Society” tiene solo 12 publicaciones [22]. Figura 3 - Indicadores de cantidad por país: Compara la producción de publicaciones entre países: China: Mayor cantidad (aprox. 160). Italia: Menos que China. Reino Unido: Menos que Italia. Alemania, Estados Unidos, Suecia, Finlandia, Dinamarca y Franci,cantidad progresivamente menor[23].



Fig. 2. Publicaciones por año en el tema de distritos térmicos. Elaboración propia

La figura 1, muestra un gráfico de barras titulado “Indicadores por cantidad por año”. El eje horizontal representa los años, que van desde 2013 hasta 2023, y en el eje vertical representa la cantidad de publicaciones, con valores de 0 a 150 [24]. Su pico más alto fue en 2021, en este año se encuentra la publicación de [25], de la web de Scopus, el cual cuenta con 22 citas, fue publicado por el instituto tecnológico giefinggasse en Austria [26]. Las barras muestran una tendencia creciente en el número de publicaciones a lo largo de los años. También hay una línea punteada que parece representar una línea de tendencia, con una ecuación acompañante ($R^2=0.8262$), lo que indica una fuerte correlación entre los años y la cantidad de publicaciones [27].

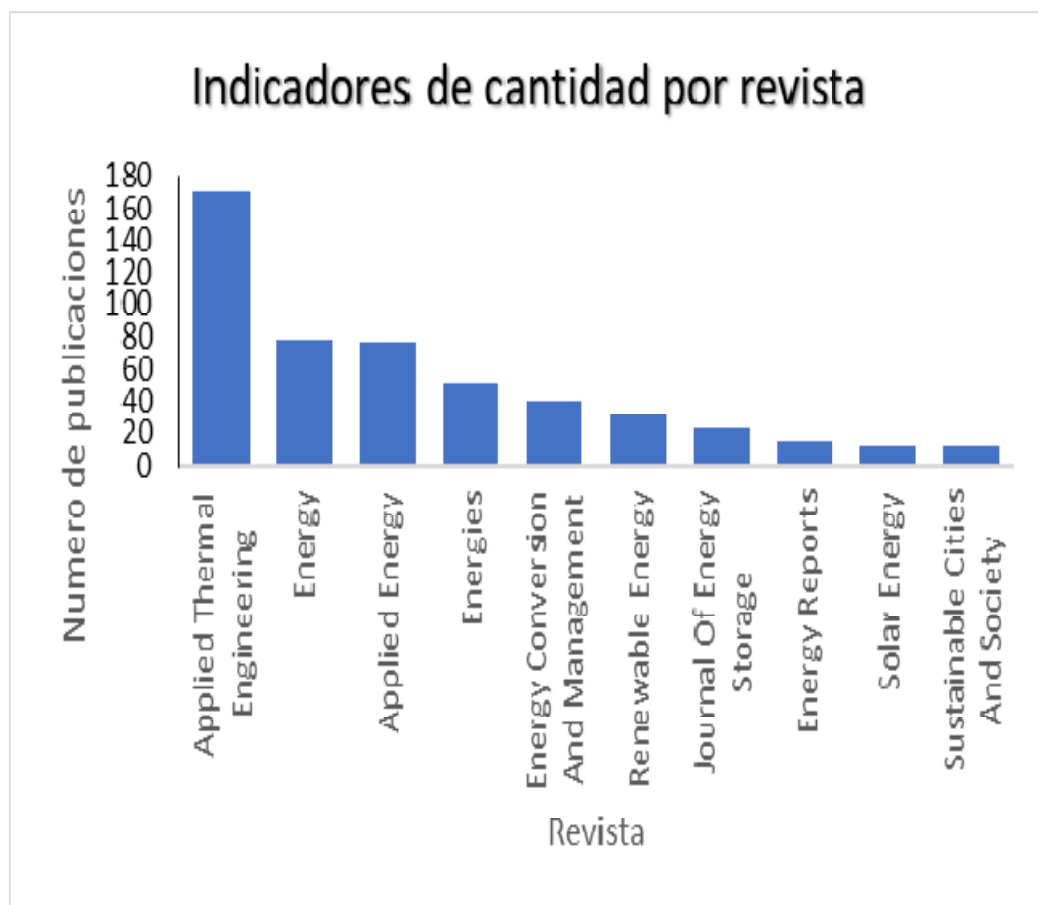


Fig. 3. Publicaciones por revista en el tema de distritos térmicos. Elaboración propia

Con relación a las publicaciones por país, en la figura 3, se observa que China posee la mayor cantidad de publicaciones, contando con 120 publicaciones en el tema de Distritos térmicos. Entre los artículos más relevantes en el tema que se han publicado en China [28], se encuentran y este segundo que aplicó una encuesta sobre la reserva de calor en los distritos a partir de un enfoque de los sistemas ciber físicos y térmicos [29]. Luego, se encuentra Italia con 75 publicaciones, contando entre estas con un artículo que habla sobre el aprendizaje profundo sobre el almacenaje de altas temperaturas realizando un análisis a partir de una encuesta [30, 31], ambas con la mayor cantidad de citas entre los artículos de china. por otro la china es el país con mayor cantidad de lugares térmicos en su territorio por lo que tiene mayor felicidad de sustraer esa energía y convertirla en energía limpia y renovable [32].

Posteriormente, se encuentra Reino Unido con 45 y tiene una de las publicaciones que más citas tiene hasta el momento con 402 citas, el trabajo se enfoca en el análisis a partir de una encuesta de aplicaciones de aprendizaje y evaluaciones para determinar las zonas cercanas volcánicas para obtener el calor desde el punto origen [33]. Alemania es el siguiente país con más cantidad de publicaciones, teniendo 42 en total, de las cuales el trabajo con mayor cantidad de citas es una revisión de detección de lugares térmicos [34]. Estados Unidos con 35 publicaciones en el tema, tiene uno de los artículos más citados con 402 citas [35], los demás países suman en total 24 publicaciones. Además, el reino unido es el que lidera las citas con una gran suma por lo que evalúan con mucho cuidado cada una de sus publicaciones antes de publicarlas para informar a la audiencia las posibilidades de cambiar nuestro método de producir energía renovable y no contaminante [36].

La figura 4, muestra un gráfico de barras titulado “Indicadores de cantidad por País”. Los países listados son China, Italia, Reino Unido, Alemania, Estados Unidos, Suecia, Finlandia, Dinamarca y Francia. A continuación, se presenta la cantidad de publicaciones para cada país: China [37]. Tiene la mayor cantidad de publicaciones, con aproximadamente 160. Italia: Le sigue con un número significativamente menor de publicaciones. Reino Unido: Tiene menos publicaciones que Italia. Alemania, Estados Unidos, Suecia, Finlandia, Dinamarca y Francia: Todos tienen una cantidad progresivamente menor de publicaciones. Este gráfico proporciona una comparación visual de la producción de publicaciones entre estos países seleccionados [38], las diferentes cantidades de publicaciones de cada país indica el gran porcentaje que tiene su país con respecto al tema de distritos térmicos, por lo que China sigue liderando por sus investigaciones y publicaciones de hace cada año [36].

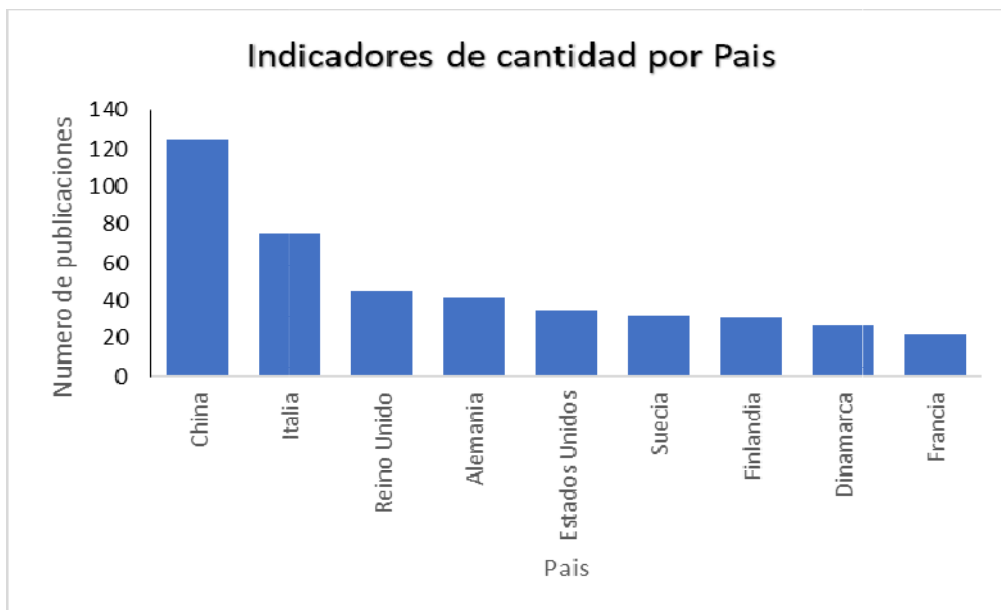


Fig. 4. Publicaciones por país en el tema de distritos térmicos. Elaboración propia

La figura 5, muestra los indicadores de calidad por autor. En el eje horizontal se encuentran diferentes autores, y en el eje vertical se representa el número de citas, que varía de 0 a 600. A continuación, se presentan algunas observaciones clave: Wang: Es el autor con más citas, con aproximadamente 600. Otros autores como Gu W, Wu C, Luo Z, Lu S, Müller D, Lahdelma R, Nuytten T, Six D y Van Bael J tienen progresivamente menos citas. Este gráfico proporciona una comparación visual de la productividad o producción de diferentes autores a lo largo de un año, lo que podría ser relevante para analizar tendencias en el volumen de publicaciones entre los investigadores [39] y los diferentes autores nos ayudan a poder mejorar a nosotros mismos nuestra investigación sobre el tema de distritos térmicos [40], de acuerdo a las citaciones individuales de cada autor en sus respectivos países.[18].

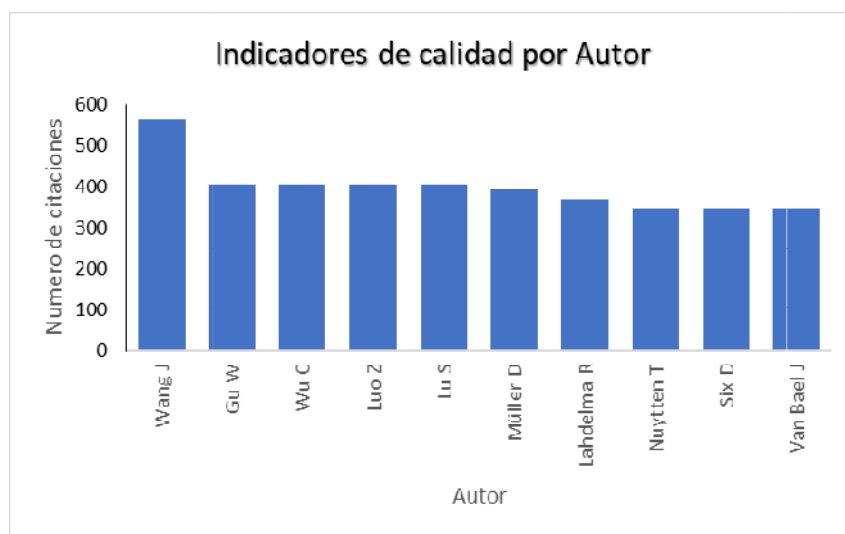


Fig. 5. Citaciones por autor en el tema de Distritos térmicos. Elaboración propia

The society and the different countries at a global level have used technologies that focus on the improvement and management of obtaining renewable energies at a thermal level, at the same time defining the characteristics for obtaining the thermal evolution, which has a great benefit and efficiency, and primarily autonomous and cognitive [41]. For example, a device that costs a high value that serves to detect the warmer zones in the surfaces [42]; this technological tool has generated important paradigms in the thermal districts [43], association of users in the different countries, optimization of routing so that the world is informed about the new discoveries and the security in the energy efficiency. Another application would be energy management systems (SGE) which is very used to be able to supervise and manage the infrastructure of the different processes in real time, such as the temperature in the different points of thermal districts [44]. In addition, the following application is the system of continuous monitoring, such as the sensors networks installed for distribution to be able to measure the parameters that are keys for the temperature and the flow of the thermal fluids [45].

Por otro lado, la Simulación y modelado energético, nos dan los modelados de redes térmicas son utilizados en varios softwares de simulación para poder modelar el comportamiento de los sistemas en calefacción y refrigeración [46]. por ello prever las optimizaciones de la operación. Además, Los modelos de eficiencia energética, analiza para identificar las diferentes áreas para la mejora de eficiencia energética y reducción de pérdidas de calor [47]. Por otro lado, se ha logrado se ha investigado la visión por computadora utilizando las redes inalámbricas para calcular las ganancia y pérdida de calor, esto se trata de utilizar diferentes algoritmos de DL con la ayuda de resolver diferentes problemas de reconocimiento de puntos de altas temperaturas [48].

En la figura 6. Se muestra que las palabras clave más usadas por año en el ámbito de los distritos térmicos, se puede observar una evolución que refleja el avance de la tecnología y el enfoque de las investigaciones. Iniciamos con el año 2015, la palabra clave más utilizada fue cogeneración esto debido a la investigaciones de ese período se centraron en la implementación de plantas de cogeneración en distritos térmicos para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, con el objetivo principal de equilibrar la demanda de energía, así como también poder estabilizar dicha red, es así que en la práctica, cuando los spot son elevados, la electricidad se generará en plantas cogeneradoras [49].

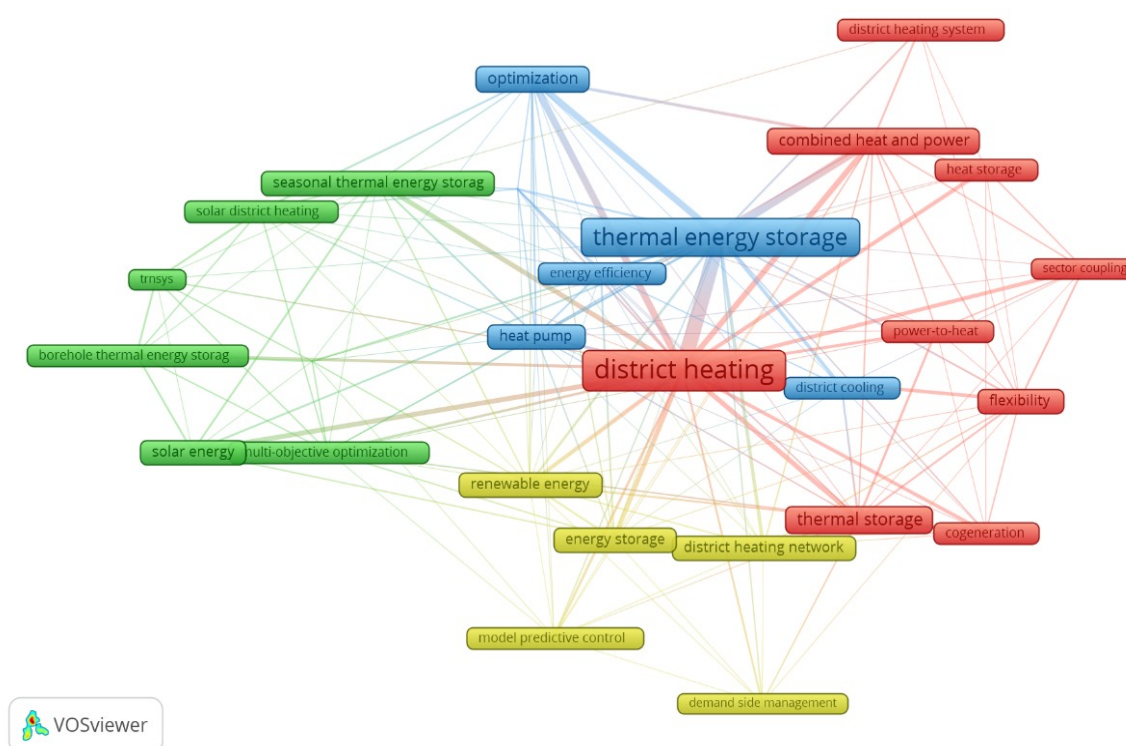


Fig.6. Red de palabras clave en el tema de distritos térmicos. Elaboración propia

La palabra clave destacada fue "almacenamiento térmico", ya que en esta investigación se buscó optimizar el funcionamiento señalando que los estudios se enfocaron en el desarrollo y la optimización de tecnologías de almacenamiento de energía térmica para equilibrar la demanda de energía y mejorar la eficiencia de los sistemas de calefacción. Después de ello se la palabra energía geotérmica fue la palabra clave que predomina, las investigaciones se dirigieron hacia el uso de fuentes geotérmicas para proveer calor a los distritos térmicos[50], explorando su viabilidad y los beneficios medioambientales, dentro de esta se menciona que este tipo de energía es considerada de tipo primaria, además en nuestra vida diaria la podemos encontrar en los eventos más cotidianas, como la refrigeración en verano y calefacción en invierno[51].

Con el transcurso de los años, la palabra clave que fue tomando realce es la de redes de calor, en este año se va a indicar que las investigaciones se centraron en la expansión y mejora de las infraestructuras de redes de calor, así como en la integración de fuentes de energía renovable para alimentar estas redes, como también el determinar de manera automática basándose en las áreas predefinidas de la red, asimismo teniendo en cuenta el potencial de la fuente de calor [52]. Avanzando en el tiempo, tenemos que, en el año 2016, el término más relevante fue eficiencia energética es así que los estudios se enfocan en métodos y tecnologías para aumentar la eficiencia energética de los distritos térmicos, incluyendo la implementación de sistemas inteligentes de gestión de energía y el uso de tecnologías avanzadas de aislamiento [53].

Para 2018, la palabra clave predominante fue "smartgrids", las consecutivas investigaciones exploraron la integración de tecnologías de redes inteligentes en distritos térmicos para mejorar la gestión y distribución de energía, permitiendo una mayor flexibilidad y eficiencia operativa [54]. Es así que ya para el año 2020, "energía La " solar térmica" se destacó como la palabra clave más utilizada, centrándose principalmente las investigaciones en la integración de colectores solares en los sistemas de distritos térmicos para aprovechar la energía solar y reducir la dependencia de combustibles fósiles [55]. No obstante, para el año 2021 fue "Internet de las Cosas (IoT)".

Los estudios abordaron la incorporación de dispositivos IoT para la monitorización y control en tiempo real de los sistemas de distritos térmicos, mejorando la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta a las demandas de energía y [56], así en el año 2022, "almacenamiento estacional de energía" fue la palabra clave predominante, el realizar constantes investigaciones, se centraron en el desarrollo de técnicas para almacenar energía térmica durante periodos de baja demanda y liberarla durante picos de demanda, optimizando el uso de recursos y mejorando la sostenibilidad [57].

Es así que, si hacemos referencia al 2023, la palabra clave más utilizada fue "sistemas híbridos". Las investigaciones básicamente se encuentran centradas en la integración de múltiples fuentes de energía (solar, geotérmica, biomasa) en un solo sistema de distrito térmico, buscando maximizar la eficiencia y minimizar el impacto ambiental [58]. Finalmente, la evolución de las palabras clave en la investigación sobre distritos térmicos refleja un progreso constante hacia la sostenibilidad y la eficiencia energética. Desde la cogeneración y el almacenamiento térmico hasta la integración de tecnologías inteligentes y energías renovables, las investigaciones han avanzado para enfrentar los desafíos energéticos y ambientales actuales, adaptándose a las necesidades cambiantes de las comunidades y contribuyendo a un futuro más sostenible.

DISCUSIÓN

El análisis de los distritos térmicos revela varias áreas críticas que merecen una atención detallada para optimizar su desempeño y sostenibilidad. La alta disponibilidad de energía térmica, combinada con las tecnologías emergentes en gestión de datos y automatización, permite la implementación de sistemas inteligentes capaces de autogestionarse mediante algoritmos de aprendizaje automático. Estos algoritmos, diseñados para aprender y adaptarse a partir de los datos en tiempo real, representan un componente clave para mejorar la eficiencia operativa y reducir pérdidas energéticas en las redes térmicas.

La optimización de la gestión térmica pasa por la implementación de modelos predictivos que controlen el flujo de calor, ajusten la distribución en función de la demanda y minimicen el uso de energía no renovable. La calibración y validación de estos modelos requieren un análisis exhaustivo de datos históricos y en tiempo real, junto con sistemas de control adaptativos que respondan rápidamente a las variaciones en las condiciones de operación. La integración de redes de comunicaciones avanzadas, como redes de área amplia con baja latencia y sistemas de sensores distribuidos, es esencial para recopilar, transmitir y procesar datos masivos en tiempo real.

Esto requiere el desarrollo de plataformas computacionales que puedan manejar utilidades complejas y asegurar la interoperabilidad entre diferentes componentes tecnológicos. La optimización de la gestión térmica pasa por la implementación de modelos predictivos que controlen el flujo de calor, ajusten la distribución en función de la demanda y minimicen el uso de energía no renovable. La calibración y validación de estos modelos requieren un análisis exhaustivo de datos históricos y en tiempo real, junto con sistemas de control adaptativos que respondan rápidamente a las variaciones en las condiciones de operación.

CONCLUSIONES

Se ha concluido, como con el pasar del tiempo diversos países y sobre todo sus profesionales del área se han esforzado y han hecho énfasis en las publicaciones sobre un tema tan importante para la ingeniería, como lo son los distritos térmicos, es así, como hemos evidenciado que china es el país con más publicaciones con relación al tema, en los últimos años. Sin embargo, esta crecida de publicaciones se agudizó en el año 2021, llegando a la cantidad de 22 publicaciones, una cifra importante para las revistas científicas. Teniendo en cuenta que los distritos térmicos son un tema de suma importancia en el rubro de la energía, ya que, este nos permite aumentar la eficiencia en la calidad de servicio y sobre todo en los procesos que estos conllevan.

Es por ello, que países y universidades de todo el mundo incentivan a su población a investigar sobre este tema, con el objetivo de tener consigo la mejor manera de trabajar con la energía en un distrito térmico, ya que, eso le generará mucha rentabilidad a dicho país. Es así, que países como China, Italia, Reino Unido, Alemania, Estados Unidos, entre otros, generan publicaciones de investigación año tras año. Se dio a conocer la manera de búsqueda en que los escritores se enfocan para poder conseguir los mejores resultados en sus investigaciones, sobre todo que sean más enfocados en ciertos objetivos, para ello, generaban una estrategia, se conoce que en el año 2010 los escritores buscaban información sobre el tema de distritos térmicos, con palabras como "almacenamiento térmico", así mismo dos años después la palabra más usada en la búsqueda fue "Energía geotérmica".

Así iba sucediendo con los siguientes años, siempre usaban nuevas palabras de búsqueda, palabras que les resultaba para buscar un enfoque más estructurado en los documentos, teniendo en cuenta lo que quería conseguir el escritor, es así como cada lapso de tiempo había un tipo de “tendencia” en las palabras de búsqueda.

REFERENCIAS

- [1]. Dung, L., *et al.* “Thermal confort in mixed-mode cooled houses: A field study in the hot-humid climate of Danang, Vietnam”. *Energy and Buildings*. 2024, vol. 345. ISSN 0378-7788. Disponible en: <https://www.scopus.com/pages/publications/105009460716?origin=resultlist>
- [2]. Simpson, G., *et al.* “Decarbonized District Energy Systems: Past Review and Future Projections”. *Energy Conversion and Management*. 2024, vol. 24. ISSN 2590-1745. Disponible en: <https://docs.nrel.gov/docs/fy25osti/89809.pdf>
- [3]. Kartal, T., *et al.* “Impact of green bonds on CO2 emissions and disaggregated level renewable electricity in China and the United States of America”. *Humanit SocSciCommun*. 2025, vol. 12, n. 350. ISSN 2662-9992. Disponible en: <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04696-0>
- [4]. Figueroa, A. “El impacto de los distritos térmicos en la reducción del consumo energético y la mejora del confort de edificaciones en las ciudades inteligentes”. Tesis Doctoral. Escuela Colombiana de Ingeniería. Colombia, 2023. Disponible en: <https://repositorio.escuelaing.edu.co/entities/publication/c32a25c9-e216-4808-ad48-115354b4a16b>
- [5]. Fry, N. “A review of district energy technology with subsurface thermal-energy storage integration”. *Geothermal Energy Journal*. 2024, vol. 12, n. 29, 2024. ISSN 2195-9706. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40517-024-00308-3>
- [6]. Castro, M., *et al.* “Comunidades Energéticas: Modelos para el Empoderamiento de los Usuarios en Colombia”. *ENERLAC Revista de energía de Latinoamérica y el Caribe*. 2023, vol. 7, n. 1. ISSN 2602-8042. Disponible en: <https://enerlac.olade.org/index.php/ENERLAC/article/view/249>
- [7]. Wang, Y. “A comprehensive review on technologies for achieving nearly zero-energy buildings (ZEBs)”. *Sustainability*. 2024, vol. 16, n. 24. ISSN 2071-1050. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su162410941>
- [8]. Figueroa, A. “El impacto de los distritos térmicos en la reducción del consumo energético y la mejora del confort de edificaciones en las ciudades inteligentes”. Tesis Doctoral. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, Colombia. 2023. Disponible en: <https://dspace-escuelaing.metacatalogo.com/handle/001/2845>
- [9]. Yu, X. “Hacia un desarrollo urbano sostenible: comparación de políticas y agenda urbana entre la Unión Europea y China”. Tesis de Maestría. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, España, 2024. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/405710>
- [10]. Smith, B., *et al.* “Análisis bibliométrico y mapeo de literatura científica”. *Library Science Review*. 2020, vol. 34, n. 2, p. 123-145. ISSN 1058-6768. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21640/ns.v9i19.739>
- [11]. Johnson, A. “Metodologías en revisiones sistemáticas: Una guía práctica”. *Journal of Systematic Reviews*. 2019, vol. 28, n. 3, p. 456-478. ISSN 2046-4053. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1130862118302201>
- [12]. Wang, X., & Li, H. “Parámetros PRISMA en la investigación científica”. *International Journal of Research Methods*. 2021, vol. 15, n. 4, p. 389-402. ISSN 2398. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.51987/evidencia.v24i4.6960>
- [13]. Espinós, L., *et al.* “Metodología de una revisión sistemática”. *Actas Urológicas Españolas*. 2018, vol. 42, n. 8, p. 499-506. ISSN 1699-7980. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.acuro.2018.01.010>
- [14]. Garfield, E. “The History and Meaning of the Journal Impact Factor”. *JAMA*. 2006, vol. 295, n. 1, p. 90-93. ISSN 1538-3598. Disponible en: <https://doi.org/10.1001/jama.295.1.90>
- [15]. Tames, P. “District Heating and Cooling Networks: A Global Review”. *Renewable Energy Reviews*. 2018, vol. 82, n. 3, p. 2345-2360. ISSN 1364-0321. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544218304328>
- [16]. Schwarzmayer, P., *et al.* “Stratification analysis in packed bed thermal energy storage systems”. *Applied Energy*. 2024, vol. 109, p. 476-487. ISSN 0306-2619. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84879260880&doi=10.1016%2fj.apenergy.2012.12.082&origin=inward&txGid=6a1c4043ed5e541d6bf4fb3b34a7f5a5>
- [17]. Dahash, A., *et al.* “Techno-economic and exergy analysis of tank and pit thermal energy storage for renewables district heating systems”. *Renewable Energy*. 2021, vol. 180, p. 1358-1379. ISSN 1879-0682. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.08.106>
- [18]. Sporleder, M. “Solar thermal vs. PV with a heat pump: A comparison of different charging technologies for seasonal storage systems in district heating networks”. *Cottbus*. 2024, vol. 22. ISSN 1430-8363. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590174524000424>
- [19]. Formhals, J., *et al.* “Development, validation and demonstration of a new Modelica pit thermal energy storage model for system simulation and optimization”. *Geothermal Energy*. 2021, vol. 12, n. 23. ISSN 2195-9706. Disponible en: <https://geothermal-energy-journal.springeropen.com/counter/pdf/10.1186/s40517-024-00302-9.pdf>
- [20]. Mehmood, S., *et al.* “Solar-driven absorption cooling system with latent heat storage for extremely hot climates”. *Energy Conversion and Management*. 2023, vol. 298. ISSN 1879-2227. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.117737>

- [21].Kandasamy, K., *et al.* "Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)". Theory and Practice of Digital Libraries. Germany. 2022. ISBN 978-3-642-24469-8. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/291280508_Lecture_Notes_in_Computer_Science_including_subseries_Lecture_Notes_in_Artificial_Intelligence_and_Lecture_Notes_in_Bioinformatics_Preface
- [22]. Zhao, W., *et al.* "Temporal Evolution of Impervious Surface Areas and Its Effect on the Thermal Environment: a Case Study of Hefei City, China". Polish Journal of Environmental Studies. 2024, vol. 33, n. 3, p. 2487-2498. ISSN 2083-5906. Disponible en: <https://doi.org/10.15244/pjoes/174830>
- [23].Yujie, L., *et al.* "Study on the Spatial and Temporal Distribution of Thermal Comfort and Its Influencing Factors in Urban Parks". Atmosphere. 2024, vol. 15, n. 2.ISSN 2073-4433. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4433/15/2/183>
- [24].Aribowo., W., *et al.* "Droop control for district heating networks: Solution for temperature control of multi-energy system with renewable power supply". International Journal of Electrical and Computer Engineering. 2024, vol. 146. ISSN 0142-0615. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85143784278&doi=10.1016%2fj.ijepes.2022.108663&origin=inward&txGid=a2fa67ddc92d0b6722a47ffe13d48b7d>
- [25].Østergaarda, P."Sustainable Energy Planning and Management". International Journal of, Sustainable Energy and Management. 2023, vol. 38, p. 1-7. ISSN 2246-2929. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85168779058&doi=10.54337%2fijsepm.7812&origin=inward&txGid=81a54587a339079c919264ae87b89481>
- [26].Sørensen, Å., *et al.*"Energy flexibility potential of a small district connected to a district heating system". Energy and Buildings. 2022, vol. 225. ISSN 0378-7788. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85089363155&doi=10.1016%2fj.enbuild.2020.110074&origin=inward&txGid=11b5738685d41d09b225b31312f43bce>
- [27].Dimitrov, S., *et al.* "UAS-Based Thermal Photogrammetry for Microscale Surface Urban Heat Island Intensity Assessment in Support of Sustainable Urban Development (A Case Study of Lyulin Housing Complex, Sofia City, Bulgaria)".Sustainability. 2024, vol. 16, n. 5. ISSN 2071-1050. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/5/1766>
- [28].P. A. Østergaard, "The four generations of district cooling – A categorization of the evolution of district cooling systems". Energy. 2022, vol. 240. ISSN 1873-6785. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.121*622
- [29].Zheng, X., *et al.* "Hydraulic transient modeling and analysis of the district heating network". Sustainable Energy, Grids and Networks. 2021, vol. 25. ISSN 2352-4677. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.segan.2020.100409>
- [30].García, R., *et al.* "Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional". Economía, sociedad y territorio. 2026, vol. 16, n. 51. ISSN 2448-6183. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-84212016000200289&script=sci_arttext
- [31]. Murcia, H. "A bimodal transportation model for steam coalex portation based on Magdalena River as main waterway". Ship Science & Technology. 2016, vol. 9, n. 18, p. 25-33. ISSN 1909-8642. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.segan.2020.100409>
- [32].Ferretto, L., *et al.* "LCA for territorial metabolism analysis: An application to organic waste management planning". Journal of Cleaner Production. 2024, vol. 441. ISSN 1879-1786. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652624004980>
- [33].Basterra, L. "La pobreza energética en la Unión Europea y el Reino Unido". ICADE. Revista de la Facultad de Derecho. 2017, n. 102. ISSN 1889-7045. Disponible en: <https://revistas.comillas.edu/index.php/revistaicade/article/view/8709>
- [34].Calderón, R., *et al.* "Reducción del Consumo Eléctrico y C0 (2) mediante Sistemas de Ahorro y de Aislamiento Térmico aplicados a Viviendas en Zonas Áridas de México". Informacion tecnológica. 2011, vol. 22, n. 2, p. 69-78.ISSN 0718-0764. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642011000200008&script=sci_arttext
- [35]. Wang, X. "The effective Ness of cool and green roofs in mitigating urban heat-island and improving human termal comfort". Building and Environment. 2022, vol. 220. ISSN 1873-684X. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109331>.
- [36]. Zheng, J.*et al.* "A Study on the Effect of Green Plot Ratio (GPR) on Urban Heat Island Intensity and Outdoor Thermal Comfort in Residential Areas". Forests. 2024, vol. 15, n. 3. ISSN 1999-4907. Disponible en:<https://www.mdpi.com/1999-4907/15/3/518>
- [37].Campaña, G., *et al.* "Impactos ambientales en la producción de panela en la parroquia de Pacto del Distrito Metropolitano de Quito". Esferas. 2022,vol. 3, p. 94-111. ISSN 2310-2799. Disponible en: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/esferas/article/view/2430>
- [38].Naranjo, S., *et al.* "Experiencias en dendroenergía España, Suecia y Alemania. Informe gira tecnológica". Ciencia & Investigación Forestal. 2017,vol. 23, n. 1, p. 69-90. ISSN 0718-4646. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/9320>
- [39].Ocampo, J. "Thermal districts in Colombia: Developing a methodology forassessing the potential of district heating/cooling systems". Renewable & Sustainable Energy Reviews. 2022, vol. 161. ISSN 1879-0690. Dipsonible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112409>.

- [40].Maldonado, A. "Cooperación internacional para el desarrollo de energías renovables: energía eólica y solar en el mundo". Política, Globalidad y Ciudadanía. 2017, vol. 3, n. 6. ISSN 2395-8448. Disponible en: <https://revpoliticas.uanl.mx/index.php/RPGyC/article/view/80>
- [41]. Gandia, R. "Physical, mechanical and thermal behavior of adobe reinforced with glass fibre". Construction and Building Materials. 2019, vol. 226, p. 1228-1237. ISSN 1879-0526. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.205>.
- [42].Abesser, C., *et al.* "Uma técnica semiquantitativa para mapeamento da produtividade potencial do aquífero em escala nacional: exemplo da Inglaterra e País de Gales (Reino Unido)". Hydrogeology Journal. 2015, vol. 23, p. 1677-1694. ISSN 1435-0157. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10040-015-1295-5>
- [43].Fernandes, G. "Caminhos para liberalização do setorelétrico brasileiro: lições aprendidas comAlemanha e Reino Unido". Brasília DF. 2018. Disponible en: <https://bdm.unb.br/handle/10483/21544>
- [44]. Rodríguez, C., *et al.* "Thermal comfort and satisfaction in the contextof social housing: case study in Bogotá, Colombia". Journal of Construction in Developing Countries. 2019, vol. 24, n. 1, p. 101-124. ISSN 2180-4222. Disponible en: <https://doi.org/10.21315/jcdc2019.24.1.6>
- [45].Lindo, S., *et al.* "Mejoramiento del confort térmico de vivienda en uso en la ciudad de Huaraz con el aprovechamiento de la energía solar pasiva". Aporte Santiaguino. 2017, vol. 9, n. 1, p. 37.ISSN 2616-9541. Disponible en: https://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino/article/view/211
- [46]. Silveira, D., *et al.* "Mechanical Characterization of Adobe Bricks". Building Pathology and Rehabilitation. 2021, vol. 20, p. 35-49. ISSN 2365-3159. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-030-74737-4_3
- [47]. Sandoval, A., *et al.* "Recovery of degraded oils with municipal organic waste in the Peruvian Amazon". Chemical Engineering Transactions. 2023, vol. 101, p. 181-186. ISSN 2283-9216. Disponible en: <https://doi.org/10.3303/CET23101031>.
- [48].Uribe, F. "Evaluación del mejoramiento del confort térmico con la incorporación de materiales sostenibles en viviendas en autoconstrucción en Bosa, Bogotá". Revista hábitat sustentable. 2019, vol. 9, n. 2, p. 30-41. ISSN 0719-0700. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0719-07002019000200030&script=sci_arttext&tlng=en
- [49].Prats, D., *et al.* "Sistemas híbridos con base en las energías renovables para el suministro de energía a plantas desaladoras". Ingeniería Mecánica. 2011, vol. 14, n. 1, p. 22-30. ISSN 1815-5944. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59442011000100003&script=sci_arttext
- [50].Beaudin, M., *et al.* "Energy Storage for Mitigating the Variability of Renewable Electricity Sources". Academic Press. 2015, vol. 14, n. 4, p. 302-314. ISSN 0362-4331. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/241104788_Energy_Storage_for_Mitigating_the_Variability_of_Renewable_Electricity_Sources
- [51].Rojas, D., *et al.* "Análisis de datos agropecuarios". Cap. 3, p. 72. Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador, 2018. ISBN 978-9942-24-120-7. Disponible en: <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/13326>
- [52].Mendes, F., *et al.* "Energía solar térmica". 3erCongresso de EnergiasRenováveis, Ambiente, Eficiência Energética. Portugal. 2013. Disponible en: https://repositorio.lneg.pt/bitstream/10400.9/2039/1/Aveiro_22Fev2013.pdf
- [53].Poveda, M. "Eficiencia energética: recurso no aprovechado". Artículos Técnicos OLADE. 2017. ISSN 2602-8042. Disponible en: <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0054.pdf>
- [54].González, J., *et al.* "Influencia del almacenamiento de energía en sistemas renovables marinos". 1er Congreso Internacional CEMIE-Océano. City: CEMIE-Océano AC,Mexico, 2021. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/52160/TFM-I-2053.pdf?sequence=1>
- [55].Villada, J. "Integración de sistemas de refrigeración solar en redes de distrito de frío y de calor". Tesis Doctoral. Universitat Rovirai Virgili. España, 2010. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2384108>
- [56].Mardaras, U., *et al.* "Integración efectiva de sistemas de almacenamiento térmico estacional en edificios existentes". 9no Congreso Nacional de Ingeniería Termodinámica: libro de actas. Cartagena, Colombia, 2015. Disponible en: <https://ekoizpen-zientifikoa.ehu.eus/documentos/641755ada865e007cc14ad0b>
- [57].Palomares, C., &Enginyers, D. "Redes de Calor" DistrictHeating" alimentadas con biomasa y su aplicación en municipios rurales". Cimbra: Revista del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas. 2019.n. 414, p. 34-43. ISSN 0210-0479. Disponible en: https://ctpmmedia.s3.eu-central-1.amazonaws.com/actualidad/documentos/20190325_Articulo_Red_de_Calor.pdf
- [58].Zermeño, F., *et al.* "Aplicaciones, enfoques y tendencias del Internet de las Cosas (IoT): revisión sistemática de la literatura". Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Hidalgo.Hidalgo, México,2021. Disponible en: <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/rii/article/view/1101>

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Angel Marcelo Rojas Coronel: <https://orcid.org/0000-0002-2720-9707>

Participó en la ejecución de los trabajos, el análisis de los resultados, la redacción del borrador del artículo, la revisión crítica de su contenido y en la aprobación final.

Juan Carlos Vives Garnique: <https://orcid.org/0000-0003-0988-9881>

Participó en el análisis de los resultados, redacción del borrador y aprobación final del artículo.

Silvia Yvone Gastiaburu Morales: <https://orcid.org/0000-0001-7657-819X>

Participó en el análisis de los resultados, redacción del borrador y aprobación final del artículo.

Luis Manuel Amaya Checa: <https://orcid.org/0000-0002-6346-123X>

Participó en el análisis de los resultados, redacción del borrador y aprobación final del artículo.

Fredy Dávila Hurtado: <https://orcid.org/0000-0001-8604-8811>

Participó en la ejecución de los trabajos, el análisis de los resultados, la redacción del borrador del artículo, la revisión crítica de su contenido y en la aprobación final.