



Eficiencia energética en sistemas de calefacción y refrigeración

Energy efficiency in heating and cooling systems

Eficiência energética em sistemas de aquecimento e refrigeração

Christian Enrique Álava-Vélez ^I
christian.alava.velez@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0008-7911-062X>

Alex Andrés Gonzales-Vega ^{II}
alex.gonzalez.vega@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-3785-0442>

Pablo Luis Ortiz-Caicedo ^{IV}
pablo.ortiz@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-7149-130X>

Aníbal Javier Chica-Tambaco ^V
anibal.chica.tambaco@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0002-5208-8713>

Correspondencia: christian.alava.velez@utelvt.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 13 de febrero de 2024 * **Aceptado:** 03 de marzo de 2024 * **Publicado:** 10 de abril de 2024

- I. Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" de Esmeraldas, Ecuador.
- II. Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" de Esmeraldas, Ecuador.
- III. Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" de Esmeraldas, Ecuador.
- IV. Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" de Esmeraldas, Ecuador

Resumen

El objetivo del presente ensayo consistió en analizar la situación actual de la eficiencia energética en sistemas de calefacción y refrigeración de los edificios del sector residencial/doméstico. El enfoque metodológico para alcanzar tal finalidad fue de revisión documental, por lo cual se accedió a las plataformas digitales de instituciones reconocidas y estudiosas de la temática energética y medio ambiental como IEA, IPCC, IRENA, OLADE, PNUMA, entre otros, también se realizó una búsqueda en repositorios electrónicos de universidades y revistas indexadas donde se tuvo acceso a trabajos de investigación, artículos u otros relacionados con la temática de interés. Los resultados encontrados dan cuenta que el sector de los edificios tiene una alta demanda energética especialmente en lo referido a la calefacción y la refrigeración de espacios, aunado a que siguen utilizando combustibles fósiles para cubrir sus necesidades energéticas, los cuales tienen una significativa huella de carbono, factor que mide el impacto sobre el calentamiento global. Por ello, la eficiencia energética suscita un gran interés pues tiene un papel clave en la reducción de emisiones a corto plazo. Garantizar la refrigeración y calefacción en los espacios residenciales crucial para la comodidad y confort de los residentes, pero es fundamental proteger el medio natural. Para lograr dicho propósito han surgido las soluciones pasivas (diseño de la construcción y las Islas de calor urbanas e infraestructura verde) y las soluciones activas de refrigeración y calefacción que se demandan sean energéticamente eficiente, eficaz y sostenible y los refrigerantes alternativos con bajo o ultrabajo potencial de calentamiento global (PCA-GWP). Se concluye que el auge de soluciones en materia de refrigeración y climatización para las edificaciones residenciales motivado por la creciente demandas de protección ambiental es fundamental para lograr los objetivos de eficiencia energética, sin embargo, esta transformación va de la mano con la promoción en el cambio de comportamiento de la población hacia el cuidado responsable del medioambiente.

Palabras clave: Eficiencia energética; calefacción; refrigeración; medioambiente.

Abstract

The objective of this essay was to analyze the current situation of energy efficiency in heating and cooling systems of buildings in the residential/domestic sector. The methodological approach to achieve this purpose was a documentary review, for which the digital platforms of recognized institutions and scholars of energy and environmental issues such as IEA, IPCC, IRENA, OLADE,

UNEP, among others, were also accessed. a search in electronic repositories of universities and indexed journals where research papers, articles or others related to the topic of interest were accessed. The results found show that the buildings sector has a high energy demand, especially with regard to heating and cooling spaces, coupled with the fact that they continue to use fossil fuels to cover their energy needs, which have a significant carbon footprint. , a factor that measures the impact on global warming. Therefore, energy efficiency arouses great interest as it plays a key role in reducing emissions in the short term. Ensuring cooling and heating in residential spaces is crucial for the convenience and comfort of residents, but it is essential to protect the natural environment. To achieve this purpose, passive solutions have emerged (building design and urban heat islands and green infrastructure) and active cooling and heating solutions that are demanded to be energy efficient, effective and sustainable and alternative refrigerants with low or ultra-low global warming potential (GWP-GWP). It is concluded that the rise of refrigeration and air conditioning solutions for residential buildings motivated by the growing demands for environmental protection is essential to achieve energy efficiency objectives, however, this transformation goes hand in hand with the promotion of change. behavior of the population towards responsible care of the environment.

Keywords: Energy efficiency, heating, cooling, environment.

Resumo

O objetivo deste ensaio foi analisar a situação atual da eficiência energética nos sistemas de aquecimento e refrigeração de edifícios do setor residencial/doméstico. A abordagem metodológica para atingir esse propósito foi uma revisão documental, para a qual também foram acessadas plataformas digitais de reconhecidas instituições e estudiosos das questões energéticas e ambientais como IEA, IPCC, IRENA, OLADE, UNEP, entre outras. repositórios de universidades e periódicos indexados onde foram acessados trabalhos de pesquisa, artigos ou outros relacionados ao tema de interesse. Os resultados encontrados mostram que o setor dos edifícios tem uma elevada procura energética, especialmente em relação ao aquecimento e arrefecimento de espaços, aliado ao facto de continuarem a utilizar combustíveis fósseis para cobrir as suas necessidades energéticas, que têm uma pegada de carbono significativa. que mede o impacto no aquecimento global. Portanto, a eficiência energética desperta grande interesse, pois desempenha um papel fundamental na redução de emissões no curto prazo. Garantir refrigeração e aquecimento em espaços residenciais é crucial

para a comodidade e conforto dos residentes, mas é essencial para proteger o ambiente natural. Para atingir este objetivo, surgiram soluções passivas (projecto de edifícios, ilhas de calor urbanas e infra-estruturas verdes) e soluções activas de arrefecimento e aquecimento que são exigidas para serem energeticamente eficientes, eficazes e sustentáveis e refrigerantes alternativos com potencial de aquecimento global baixo ou ultrabaixo (GWP-GWP). Conclui-se que o surgimento de soluções de refrigeração e ar condicionado para edifícios residenciais motivado pelas crescentes exigências de proteção ambiental é essencial para atingir os objetivos de eficiência energética, no entanto, esta transformação anda de mãos dadas com a promoção da mudança de comportamento da população perante o ambiente. cuidado responsável com o meio ambiente.

Palavras-chave: Eficiência energética, aquecimento, refrigeração, meio ambiente.

Introducción

El mundo actual, como bien es sabido, ha evolucionado haciendo uso de los recursos naturales de su entorno, y en la idea de que los bienes ambientales eran inagotables, con el transcurso del paso de los años, se hizo un uso indiscriminado y no controlado de las riquezas de la naturaleza, lo cual, ha sido factor determinante para alterar y modificar el equilibrio ecosistémico del planeta, hasta el punto de ocasionar la grave crisis ambiental global que se ha convertido en una gran amenaza para el sostenimiento de la vida del propio ser humano en la Tierra.

Para afrontar los retos del deterioro de la naturaleza presentes en la actualidad, y mantener la armonía entre los factores humanos, ambiente y de desarrollo, es imperativo, la toma de conciencia por parte de la colectividad de la actual problemática que atraviesa el hábitat, y en consecuencia estar dispuestos a asumir la debida responsabilidad, lo que pasa necesariamente por un cambio significativo de conductas y hábitos hacia el mejor uso de los recursos del medioambiente tanto a nivel personal y en todas las esferas de la sociedad en general.

Distintos estudios han identificado que la influencia humana es la principal fuerza impulsora de los rápidos y generalizados cambios en la atmósfera, el océano, la criosfera y la biosfera, surgidos a partir de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), los aerosoles y sus precursores; los cambios de uso de la tierra, entre otros, cuya repercusión se evidencia en el incremento estimado de la temperatura global terrestre (IPCC, 2021). El cambio climático causado por las actividades humanas ya influye en muchos fenómenos meteorológicos y climáticos extremos en todas las

regiones del mundo como olas de calor, precipitaciones intensas, sequías y ciclones tropicales (IPCC, 2021).

En atención a lo precedente, para intentar influir en un cambio de paradigma que permita minimizar las devastaciones causados al entorno natural, se han identificado seis sectores que, según el Programa para el Medio Ambiente de la Organización de las Naciones Unidas (PNUMA), en línea con los acuerdos internacionales en materia medioambiental deben reducir las emisiones, en busca de la estabilidad climática, los mismos son: Energía; Industria; Agricultura y Alimentación; Bosques y Uso del Suelo; Transporte y; Edificios y Ciudades (PNUMA, 2023).

En este aspecto vale resaltar, el sector edificios por su relación con el tema de interés para este ensayo, relativo a la eficiencia energética en sistemas de calefacción y refrigeración residencial, en cuanto a que gran parte del consumo de energía eléctrica en estos inmuebles está asociado a los requerimientos de climatización del ambiente, llamando así la atención sobre la pertinencia de aumentar, en este caso, la eficiencia energética como instrumento para reducir el gasto energético del sistema, así como también en la tarifa económica y como complemento reducir la huella de carbono coligada a dicho campo. Conforme a ello, (ONU-Hábitat, 2019) plantea que la mayoría de los edificios siguen utilizando combustibles fósiles para cubrir sus necesidades energéticas, los cuales tienen una significativa huella de carbono, factor que mide el impacto sobre el calentamiento global.

Respecto al impacto ambiental de los edificios están señalados como responsables de más del 34% de la demanda energética y alrededor del 37% de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) asociadas a la energía y sus operaciones (ONU, 2022). En sentido similar, la Agencia Internacional de la Energía (IEA, por sus siglas en inglés) estima que la demanda de energía operativa de los edificios (como la calefacción y la refrigeración de espacios, calentamiento del agua, iluminación y cocina) ha aumentado alrededor un 4 por ciento respecto al año 2020 y supera el nivel máximo anterior de 2019 en más de un 3 por ciento (IEA, 2022). Por tanto, se ve reconocida que las acciones de descarbonización contemplan reducir la cantidad de combustibles fósiles utilizados y disminuir las emisiones de CO₂ e hidrofluorocarburos (HFC) por parte del sector de la calefacción y la refrigeración (IRENA, 2021).

No obstante, con ello, los autores Rocha & Jiménez, (2016) afirman que las actuales prácticas de edificación suelen prestar poca atención a la eficiencia energética y a los impactos económicos, ambientales y sociales en el espacio edificado.

Tomando como premisa lo anteriormente descrito, esta investigación considera como objetivo analizar la situación actual de la eficiencia energética en sistemas de calefacción y refrigeración de los edificios del sector residencial/doméstico, como fundamento de ahorro energético y sus costos asociados, sin detrimento de la comodidad en los hogares, mientras se procura reducir la huella de carbono como una valiosa herramienta contra la lucha de la crisis ambiental global.

Desarrollo

Aludiendo a la información referente a los sistemas de refrigeración y calefacción, en la publicación de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, por sus siglas en inglés) apunta que la calefacción es la forma de energía más utilizada en todo el mundo, dado que supone más de la mitad de la demanda energética final, usada para satisfacer las necesidades de calefacción de edificios y generación de agua caliente sanitaria (ACS), siendo que gran parte de dicho suministro energético proviene de la combustión de combustibles fósiles, con las consecuencias ambientales que esto supone, por las emisiones de gas de efecto invernadero (GEI) ligados a este proceso químico (IRENA, 2021).

Con respecto a la refrigeración asevera (ONU, 2018) que es actualmente responsable de cerca del 10 por ciento de las emisiones causantes del cambio climático y que su impacto está en aumento. Igualmente, en el referido texto (IRENA, 2021) se destaca que la demanda de refrigeración está creciendo rápidamente en todo el mundo. Los requerimientos en refrigeración de espacios suelen ser alta en países emergentes con climas cálidos. En consecuencia, enfatiza este organismo, tanto la calefacción como la refrigeración son sectores que requieren una acción urgente. Esto se aplica sobre todo a ciudades (IRENA, 2021).

Evidentemente, los sistemas de calefacción y refrigeración son esenciales para lograr el confort en los ambientes residenciales, no obstante los problemas de daño medioambiental asociados a su uso, demandan en el corto plazo, encontrar soluciones que vinculen la satisfacción de los requerimientos poblacionales de los servicios de calefacción y refrigeración en la vida cotidiana, mientras se impulsan acciones de protección del medio natural, en este caso, poner en práctica los principios de la eficiencia energética en los sistemas de calefacción y refrigeración se percibe como una estrategia efectiva, para alcanzar los estándares de descarbonización establecidos en el acuerdo del protocolo de Kyoto; la Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal en el sector de la calefacción y refrigeración en áreas (urbanas) de alta densidad y en los Objetivos de Desarrollo Sostenible

(ODS) de la agenda 2030, particularmente el ODS 7 “energía asequible y no contaminante” y ODS 13 “adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”, ampliamente divulgados en la literatura.

En atención a lo expuesto, (ONU, 2018) refiere, las alternativas en este campo así como una mayor eficiencia energética y el uso de fuentes de energía limpia para los sistemas de enfriamiento, tendrán un impacto significativo a la hora de cumplir los objetivos del Acuerdo de París, que busca mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C. Asimismo, contempla (IRENA, 2021), los sistemas de calefacción y refrigeración urbana pueden contribuir a incrementar el uso de energías renovables, aumentar la eficiencia energética, disminuir el uso de combustibles fósiles en el sector de la climatización y mejorar la calidad del aire en zonas urbanas.

La reducción de las emisiones por parte del sector de la calefacción y refrigeración es un factor crítico a la hora de mitigar el cambio climático y reducir la contaminación atmosférica (IRENA, 2021). Esto plantea una disyuntiva compleja ya que el uso de estos sistemas de refrigeración si bien es fundamental, es una importante fuente de emisiones debido a la energía que requieren que se satisface a menudo con el empleo de fuentes de energías basadas en combustibles fósiles (ONU, 2018).

Inexorablemente, a medida que se modifica la temperatura global a raíz de las actividades humanas, especialmente, aquellas que se relacionan con los fenómenos climáticos extremos como olas de calor y frío intenso que han azotado a diversas regiones del planeta, se hace insoslayable, el uso de los sistemas de calefacción y refrigeración, en las viviendas, edificios, instituciones, comercios e industrias que acentúa las emisiones de GEI, y en ese punto participa sustancialmente en el calentamiento global, como principal problema ambiental que suscita gran preocupación en la comunidad científica de expertos climáticos y en otras diversas instituciones y organizaciones estudiosas de la materia.

El uso inteligente de la energía en los sistemas de calefacción y refrigeración de los entornos que rigen el desarrollo de las actividades cotidianas y laborales de los seres humanos se relaciona con cambiar el suministro energético de fuentes no renovables a fuentes de energía renovable y sostenible; soluciones de diseño de edificios, soluciones de alta tecnología de bajo consumo y las soluciones basadas en la naturaleza (SbN), entre otras (Ulloa, Reyna & Chere-Quiñónez, 2022).

En este particular, según argumentan Rocha & Jiménez, (2016) para apoyar la eficiencia energética y la disminución de las emisiones contaminantes ocasionadas por el sector de la edificación será necesario establecer estándares de eficiencia en los códigos de construcción para los nuevos edificios, constituir estímulos para el uso de nuevas tecnologías y apoyar con financiamiento las energías más limpias.

La eficiencia energética es una de las prácticas más rápidas y económicas para mitigar el cambio climático, prevenir la sobredemanda de electricidad, evitar el racionamiento eléctrico (los apagones), reducir el monto de las inversiones en generación eléctrica, y disminuir el costo de los subsidios a la energía (OLADE, 2014). La eficiencia energética suscita un interés creciente, ya que desempeña una importante función en la reducción de las emisiones a corto plazo. A largo plazo, las energías limpias serían importantes para reducir la demanda de energía y evitar la sobrecarga de las redes eléctricas no contaminantes (PNUMA, 2023).

Concretamente, el uso de productos de refrigeración eficientes proporciona ahorros en términos energéticos, económicos y ambientales, tanto a nivel del ciudadano como a nivel nacional. Estos ahorros indudablemente, reducen el valor de las facturas de electricidad, disminuyen las importaciones de combustibles fósiles, mejora el bienestar de los consumidores y minimizan las emisiones de dióxido de carbono (OLADE, 2014).

La eficiencia energética en los sistemas de calefacción y refrigeración en los edificios del sector residencial/doméstico, enfatiza la necesidad de usar la energía requerida para su funcionamiento de una forma más sustentable con el medio ambiente, lo cual viene acompañado de un máximo rendimiento y a la vez de un bajo consumo. Abordar la optimización del consumo energético a partir de la adopción de innovaciones sostenibles en calefacción y refrigeración energéticamente eficientes, reviste tomar en cuenta las tecnologías y las tendencias novedosas orientadas hacia la implementación del criterio de uso eficiente de la energía en los espacios residenciales, entre otros.

Calefacción y refrigeración energéticamente eficientes

Como se ha venido señalando en los párrafos precedentes, los sistemas de climatización (ya sea calefacción, aire acondicionado o ambas) son un punto vital para la edificación sustentable porque son típicamente los que más energía consumen en los edificios (Rocha & Jiménez, 2016). En la actualidad, el avance tecnológico ha permitido implementar soluciones en materia de calefacción y refrigeración que permiten el disfrute de un confort óptimo mientras se reduce el impacto

ambiental. Sobre este particular Villalobos, (2023) aduce, la combinación de estrategias de diseño inteligente, tecnología avanzada y prácticas sostenibles puede contribuir significativamente a la reducción del consumo energético y las emisiones de carbono asociadas con la climatización de edificios.

Una edificación energéticamente eficiente es aquellas que minimiza el gasto de las energías, es decir, son espacios de baja demanda energética. Para lograr esto, la eficiencia energética es un aspecto que tiene mucha importancia, cuyo fin es aportar confort y calidad de vida a los ocupantes del inmueble, y al mismo tiempo contar con una baja demanda energética (Chere, Ulloa, & Reyna, 2022). Al respecto, las estrategias de soluciones pasivas y activas emergen como herramientas eficaces para alcanzar este propósito (Chen, 2021). De acuerdo con Dadzie, Pratt, & Frimpong, (2022) algunas de las tecnologías sostenibles identificadas para edificaciones cubren instalaciones en la fachada exterior, áreas interiores, filtración de aire, sistemas de aislamiento, elementos de construcción, sistemas de calefacción, ventilación y refrigeración (HVAC), sensores, iluminación, sistemas de agua fría y caliente como calderas, enfriadores, bombas, motores y tecnologías de energía renovable.

Refrigeración eficiente

En consideraciones del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), garantizar que la refrigeración sea energéticamente eficiente, eficaz y sostenible contribuiría no solo a mitigar el cambio climático, sino también a la consecución de varias de las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Es preciso satisfacer la creciente demanda en materia de refrigeración sin calentar el planeta (PNUMA, 2021).

Acorde con estos planteamientos, expone Chen, (2021) el estándar Passivhaus (pasivo) para las edificaciones, es un enfoque que trata de crear un ambiente de confort térmico para el usuario con una baja demanda energética. En concordancia con lo señalado, el documento elaborado por el (Parlamento del Reino Unido, 2021) establece que la refrigeración del espacio a menudo se puede proporcionar de forma pasiva, sin utilizar sistemas mecánicos que requieren aportes de energía, esta visión comprende principalmente dos estrategias: el diseño de la construcción y las Islas de calor urbanas e infraestructura verde.

Con relación a la primera estrategia pasiva concerniente al diseño de la construcción, refieren Elejalde, y otros, (2015), el concepto de diseño pasivo, hace referencia al diseño que aprovecha y

potencializa las condiciones climáticas de su entorno, con el fin de mantener o propiciar un ambiente interno confortable para sus usuarios, reduciendo al máximo, optimizando o incluso eliminando por completo, la necesidad de hacer uso de algunos sistemas de acondicionamiento artificial. Hay diversos factores muy importantes que se deben enfrentar a la decisión de construir un inmueble, así, se resalta la orientación dado que afecta las ganancias de calor debido a la exposición variable al sol (Parlamento del Reino Unido, 2021). La correcta orientación de una edificación, en relación con la posición del sol, tiene una gran influencia en el comportamiento térmico de esta (Elejalde, y otros, 2015).

También, los pisos altos son menos capaces de rechazar el calor debido a que cuentan con menor área de superficies externas y mitigar los riesgos de sobrecalentamiento. El aislamiento y la ventilación afectan la demanda de refrigeración de un edificio (Parlamento del Reino Unido, 2021). La radiación es una de las principales fuentes de ganancia de calor en ambientes internos y externos de las edificaciones, por tanto, es importante hacer uso estratégico de diferentes elementos, naturales o artificiales, fijos o móviles, para impedir la incidencia directa de los rayos del sol sobre una porción de la envolvente de la edificación, especialmente la compuesta por elementos traslúcidos (Elejalde, y otros, 2015). Igualmente, los materiales de construcción como el ladrillo pueden reducir las fluctuaciones de temperatura durante olas de calor de corta duración. Los nuevos tipos de acristalamiento también puede ser una barrera térmica efectiva (Parlamento del Reino Unido, 2021).

Otras formas pasivas de aumentar la eficiencia energética de los ambientes y disminuir el consumo energético en los edificios, son la iluminación y la ventilación natural. En el primer caso, la iluminación natural busca hacer un aprovechamiento del recurso lumínico de la luz del sol, en sus diferentes manifestaciones, interceptando o mitigando el componente térmico (Elejalde, y otros, 2015). La ventilación natural debe garantizar una calidad del aire apropiada para la habitación humana. Para obtener la mayor eficiencia de esta estrategia, debe favorecerse siempre la posibilidad de generar corrientes cruzadas de aire, posicionando aberturas en paredes opuestas o adyacentes. Así mismo, estas deben localizarse preferiblemente a diferentes alturas, para maximizar los efectos de ventilación por efecto chimenea. Esta estrategia permite además extraer aire caliente del interior de los espacios, manteniendo una relación de temperatura y humedad relativa lo más equilibrada posible con las condiciones del exterior, aun cuando no hay presencia de viento (Elejalde, y otros, 2015).

Respecto a la segunda estrategia pasiva denominada las islas de calor urbanas e infraestructura verde: se ha demostrado que el aumento de la vegetación urbana (reverdecimiento) contribuye a mantener la temperatura del aire más baja. Los parques, los árboles en las calles, los muros verdes y los jardines en los tejados (“infraestructura verde”) pueden proporcionar beneficios colaterales, así también, los cuerpos de agua cercanos, como ríos, puede contribuir al enfriamiento (Parlamento del Reino Unido, 2021). Los elementos del entorno construido, como las edificaciones, y del ambiente natural, como los árboles o las masas vegetales, presentes en las cercanías, dentro o fuera del inmueble, pueden proyectar sombra a lo largo del año, sobre las superficies de la edificación que pueden tener un considerable impacto en el microclima del entorno (Elejalde, y otros, 2015). La adopción y el uso de tecnologías sostenibles para mejorar la eficiencia en edificios con alta demanda energética, ha explorado la instalación de sistemas de techos verdes en muchas partes del mundo (Castiglia & Wilkinson, 2020). Estos mismos autores consideran que los techos y muros verdes (GRGW) nuevos y modernizados representan una oportunidad para atenuar el calor excesivo producido en entornos urbanos cada vez más densamente desarrollados. Los techos verdes son una tecnología que contribuye al desarrollo sustentable, que reporta una serie de beneficios ambientales como la disminución de la contaminación y temperatura del ambiente, entre otras (López, Camacho, Martínez, & Marcelino, 2020).

Los esfuerzos para alcanzar el confort climático en las edificaciones han derivado en estrategias pasivas que logran el propósito de sistemas de refrigeración y calefacción sustentables, la adopción de estas prácticas en las diversas naciones y comunidades es fundamental para la protección medioambiental, sin detrimento de las comodidades modernas que las personas disfrutan hoy en día en los edificios que habitan.

Figura 1. La azotea verde más grande de Latinoamérica



Nota. Fuente: (Bermudez, 2020)

En lo concerniente a la segunda agrupación considerada como las estrategias de soluciones activas, las mismas se estiman cuando por condiciones particulares sea imposible el uso del refrescamiento pasivo, por cuanto requiere el uso de energía eléctrica. Las tecnologías activas más utilizadas incluyen: Aires acondicionados (AC); Enfriadores y Refrigeradores (Parlamento del Reino Unido, 2021). La mayor parte de los equipos de climatización están basados en un sistema de compresión mecánica que requiere consumir energía eléctrica (Prieto, 2006), siendo que la mayoría de estos dispositivos activos funcionan haciendo circular un refrigerante (Parlamento del Reino Unido, 2021).

Sobre este particular, el informe del (PNUMA, 2023) hace hincapié en la temática de la protección del clima se ha convertido en un objetivo explícito, por lo cual, cada vez más se está examinando la cuestión de la mejora de la eficiencia energética al mismo tiempo que se eliminan o reduce el uso de los gases refrigerantes por su impacto medio ambiental. Es así que, se aprobó la modificación del Protocolo de Montreal para acelerar la eliminación de los gases refrigerantes hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y la Enmienda de Kigali al Protocolo para reducir los gases refrigerantes hidrofluorocarbonos (HFC) (PNUMA, 2023).

En este caso el uso de artefactos con certificación energética provoca menores potenciales de consumo energético proporcionando unas soluciones eficaces (Rocha & Jiménez, 2016). La utilización de equipos y electrodomésticos energéticamente eficientes se torna esencial para lograr el objetivo de eficiencia energética, devenida de la iniciativa de Energía Sostenible para Todos (SE4ALL, por sus siglas en inglés) (OLADE, 2014). Las acciones encaminadas a reducir las emisiones a la par de conseguir una mayor eficiencia han logrado el surgimiento de nuevos equipos de climatización con mayores rendimientos en su utilización. En las instancias de varios países de la Unión Europea el tema de la eficiencia energética requiere el cálculo de la eficiencia energética del edificio y una inspección regular de los equipos de Aire Acondicionado (AC) centralizados de más de 12 kW de capacidad frigorífica (Universidad de Sevilla, s/f).

Un etiquetado de eficiencia en los equipos de refrigeración y calefacción es una forma muy útil de simplificar la forma de exhibir los datos de eficiencia de los aparatos, de tal manera que el usuario final pueda encontrar, optar y seleccionar las mejores unidades para su uso doméstico (Universidad de Sevilla, s/f). Las etiquetas energéticas de los electrodomésticos guían al usuario para que la eficiencia energética en el consumo sea un criterio claro a la hora de adquirir y usar cualquiera de estos equipos. De esta manera también se puede ahorrar en la factura y proteger el medioambiente.

El compromiso adquirido por los países ha llevado a que su implantación se promueva cada vez más (BBVA, 2023).

Actualmente, con el fin de comparar el rendimiento de los equipos de refrigeración y aire acondicionado de distintos fabricantes, se emplean los estándares a nivel europeo o internacional, como las normas CEN (Comité Europeo de Normalización) o ISO (Organización Internacional de Estandarización), que indican las especificaciones de temperaturas, caudales, humedad, el método de cálculo de la eficiencia, así como la precisión requerida (Universidad de Sevilla, s/f).

De ahí, la aplicación de certificación energética que un producto debe cumplir para su comercialización, ha sido aprobada en varias naciones, pues, limita la cantidad máxima de energía que puede ser consumida por un artefacto en el desempeño de una tarea específica o del servicio que presta. El desempeño puede medirse mediante un índice de eficiencia energética, eficiencia mínima o consumo de energía máximo (Ministerio de Energías, 2019).

La calificación energética de los electrodomésticos es una certificación impulsada por el Programa de Naciones Unidas para el medioambiente (PNUMA) y promovida por la Agencia Internacional de la Energía (IEA) con el objetivo de conseguir un ahorro energético y reducir el impacto medioambiental durante el uso de estos dispositivos (BBVA, 2023).

Según el organismo (Ministerio de Energías, 2019), casi todos los países en Sudamérica tienen programa de certificación energética (etiquetado) de tipo comparativo y de cumplimiento obligatorio, las cuales podrían contribuir con ahorros de energía sumamente importantes. Se estima que la transición a refrigeradores, aires acondicionados y ventiladores eficientes en América Latina y el Caribe ahorraría anualmente 138 TWh, casi 20,000 millones de dólares estadounidenses y evitaría la liberación de aproximadamente 44 millones de toneladas de CO₂ (OLADE, 2014).

Figura 2. Etiquetas de eficiencia energética



Nota. Fuente: (BBVA, 2023)

La climatización con bajas emisiones y refrigerantes ecológicos, apunta como una tendencia relevante, misma que, por un lado, está orientada a satisfacer las necesidades de confort ambiental de la población que hace vida en las edificaciones y por la otra ofrece soluciones sustentables con el ambiente. En tal sentido, Uddin & Baran, (2022) destaca que a pesar de los excelentes avances tecnológicos que han logrado, los impactos adversos de los refrigerantes en el medio ambiente continúan representando una preocupación y esa experiencia ha sido medular para investigar refrigerantes de bajo potencial de calentamiento global (Global Warming Potential, GWP por sus siglas en inglés) para los sistemas de aire acondicionado de próxima generación con aplicaciones domésticas específicas.

A medida que a escala global se enfrenta el desafío del cambio climático, los refrigerantes alternativos con bajo o ultrabajo potencial de calentamiento global (PCA-GWP) son esenciales para ayudar a cumplir con los objetivos globales delineados en el Protocolo de Montreal y el Protocolo de Kioto (Uddin & Baran, 2022). Cabe señalar que los hidrofluorocarbonos (HFC) constituyen un componente químico clave en la refrigeración, sin embargo, también son potentes gases de efecto invernadero que causan el cambio climático. De hecho, los diferentes HFC pueden ser gases de efecto invernadero entre 150 y 11 000 veces más potentes que el dióxido de carbono (ONU, 2018).

En el mismo orden, la Coalición del Clima y el Aire Limpio (CCAC) destaca que, aunque los HFC representan actualmente una pequeña fracción del total de los Gases de Efecto Invernadero (menos del 1%), su efecto sobre el calentamiento global es muy fuerte, por tanto, adoptar alternativas con bajo potencial de calentamiento global podría evitar en 0,1°C el calentamiento para el año 2050 (CCAC, 2015).

Siguiendo el plan de mitigación del calentamiento global de muchos países signatarios del Protocolo de Montreal, Kioto y las diversas regulaciones destinadas a cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) globales, al mismo tiempo que se emplean los necesarios refrigerantes, una alternativa sostenible, según estima Antolínez, (2015) lo constituye el uso de los denominados refrigerantes naturales como el dióxido de carbono (CO₂), el amoníaco (NH₃) y los refrigerantes a base de hidrocarburos (HC), los cuales han sido usados desde hace más de una centuria, por lo que se pueden considerar como tecnologías probadas y disponibles.

Ahora bien, Antolínez, (2015) argumenta que pese a contar con un buen rendimiento termodinámico y bajo impacto ambiental, el empleo de los refrigerantes naturales ha sido limitado,

motivado en la mayoría de los casos desde una perspectiva de preocupación por parte de fabricantes y usuarios en relación con los aspectos de seguridad en su uso (inflamabilidad y toxicidad).

Comprometidos con los objetivos de encontrar refrigerantes alternativos con un PCA bajo o ultrabajo, con un buen rendimiento del sistema, seguros y con el menor impacto ambiental, la atención de las investigaciones se ha centrado principalmente en el potencial de las mezclas de refrigerantes (HFC + HFO), donde se establece el valor de GWP de 300 como valor umbral (Uddin & Baran, 2022). Además del requisito de excelente rendimiento, al clasificar los refrigerantes se deben tener en cuenta otras características como la inflamabilidad, la toxicidad y, lo más importante, el respeto al medio ambiente (Uddin & Baran, 2022).

Las hidrofluoroolefinas (HFO) son una nueva familia de refrigerantes ambientalmente benignas que han ganado popularidad en los últimos años. Además, a pesar de su importante inflamabilidad, los hidrocarburos (HC) también pueden servir como sustitutos viables de los refrigerantes halogenados debido a su impacto ambiental positivo, eficiencia energética, coeficiente de rendimiento (COP), masa de refrigerante y temperaturas de descarga del compresor (Nagarjuna & Kruthiventi, 2024).

En la dinámica del movimiento sustentable Antolínez, (2015) plantea que el sector de refrigeración y climatización tiene ante sí una disyuntiva puesto que debe decidir cuál de los refrigerantes nuevos o viejos utilizará en cada aplicación, buscando un equilibrio entre el costo, la seguridad, la eficiencia energética y el impacto ambiental, y cualquier duda que tengan, dicha autora insiste en afirmar que en esta vía, los refrigerantes naturales son una de las mejores opciones para lograr la eliminación definitiva de las sustancias que afectan la capa de ozono y a la vez proteger el delicado equilibrio del sistema climático de nuestro planeta (Antolínez, 2015).

En atención a lo precedente, y siguiendo los criterios de refrigeración sustentable, cabe destacar que en el documento elaborado en conjunto por la Cámara de Industrias de Costa Rica (CICR); Cooperación alemana para el desarrollo (GIZ) y el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU), se estima que los equipos para la refrigeración y acondicionamiento del aire en edificios u otros, puede considerarse ecoeficientes cuando se ha contemplado desde su diseño, construcción y operación un enfoque para minimizar su impacto ambiental, una vez finalizada su vida útil.

Esto incluye el uso de gases naturales como agentes espumantes de los aislantes, la utilización de compuestos naturales como gases dentro del sistema de enfriamiento, el uso de tecnologías de flujo

variable de refrigerante y los motores de alta eficiencia energética, se consideran elementos que aportan positivamente a la ecoeficiencia (CICR, GIZ, & BMU, 2019).

Calefacción eficiente

En consonancia con la estrategia de lograr un uso eficiente de la energía en las edificaciones, cada vez más alejada de sistemas que requieran el uso de los combustibles fósiles y a la vez reconociendo la necesidad de adoptar comportamientos más responsables con el medio ambiente, en la actualidad el desarrollo de las tecnologías sostenibles, son de capital importancia sobre todo a la hora de elegir sistemas de calefacción para los edificios, un paso significativo al respecto, es el progreso experimentado en las bombas de calor.

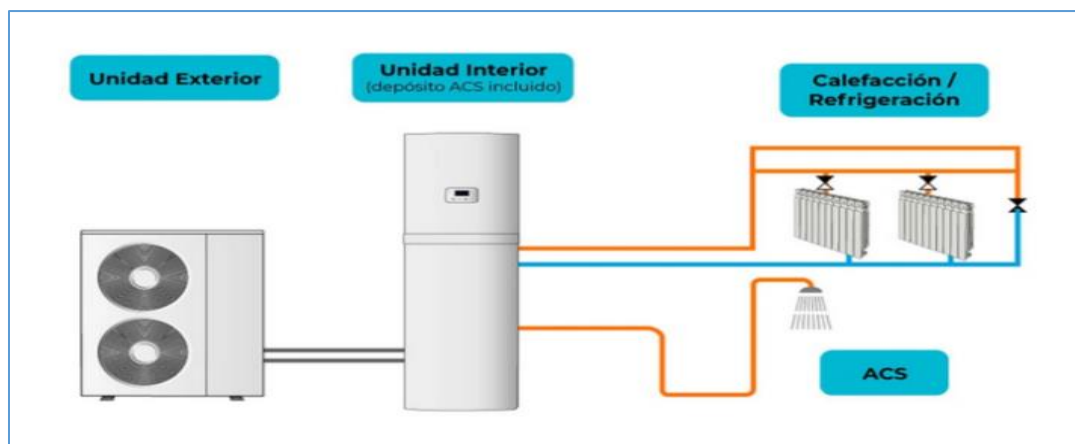
En este sentido, como plantean los autores Song, Mao, Xu, & Deng, (2019) en los últimos tiempos se ha realizado un gran esfuerzo en aplicar y estudiar tecnologías emergentes sostenibles y energéticamente eficientes en bombas de calor en la calefacción residencial.

Los se pueden aplicar en varias fuentes de calor, especialmente fuentes renovables y avanzar en los objetivos de eficiencia (Pekai, Song, Mao, & Cai, 2022). Una bomba de calor de aire/agua, puede emplearse para calentar la vivienda o refrigerarla. La tecnología de la bomba de calor utiliza el aire del ambiente exterior que contiene calor, incluso a temperaturas bajo cero, para calentar tanto los radiadores de agua de del hogar como la calefacción por suelo radiante y el agua caliente. Esa misma bomba de calor se puede emplear como aire acondicionado para refrigerar el hogar en verano (NIBE, 2009).

La tecnología de las bombas de calor funciona de manera similar a cualquier refrigerador doméstico, utilizando un ciclo de compresión de vapor, donde no interviene ningún proceso de combustión, la energía usada procede del aire exterior, por lo que las bombas de calor ya constan oficialmente como fuente de energía renovable (NIBE, 2009).

En estas consideraciones Hepbasli & Kalinci, (2009) manifiestan, debido a sus ventajas en términos de eficiencia energética y respeto al medio ambiente, las bombas de calor han logrado un buen crecimiento en términos de popularidad en las últimas décadas, convirtiéndose rápidamente en una de las soluciones más importantes para la calefacción eficiente y una de las alternativas más atractivas para reemplazar los sistemas de calefacción de combustibles fósiles.

Figura 3. Bomba de calor aire-agua



Nota. Fuente. (Arnabat, 2023)

En modo calefacción, las bombas de calor aire-agua toman el calor del aire exterior y lo transfieren a un circuito de agua, que puede ser distribuido a otros sistemas como radiadores, unidades de tratamiento de aire, suelo radiante, que a su vez ceden el calor de esa agua al ambiente. En modo refrigeración, en el intercambiador exterior se cede el calor del agua al aire mediante, y en el intercambiador interior se absorbe el calor del ambiente calentando el agua. Es decir, estos equipos montan un intercambiador aleteado o batería, refrigerante-aire y un intercambiador refrigerante-agua (Arnabat, 2023).

Conclusiones

Optimizar la eficiencia energética en los sistemas de calefacción y refrigeración en las edificaciones residenciales, se ha transformado en un fin común internacional, en la búsqueda de soluciones que permitan la protección del medio natural, teniendo en cuenta que existe el requerimiento sustancial de mantener la comodidad y el confort climático en los recintos domiciliarios de las personas.

En este entendido, importantes organizaciones mundiales e investigadores dedicados a mejorar los problemas de orden ambientales y climáticos han reconocido que aunque el acceso a soluciones prácticas a mayor escala ha proliferado en los últimos años, no en todos los casos, la calefacción y refrigeración que se usa es óptima, y de allí que hoy en día, las tendencias y conceptos sobre la eficiencia energética han venido introduciendo importantes cambios dentro de dicho sector, principalmente por el impacto que la actividad de climatización deja en el entorno natural.

Dentro de los avances experimentados en las tecnologías dotadas de eficiencia energética en el sector de refrigeración y la calefacción en edificaciones de uso residencial, se identifican las soluciones de enfoque pasivo que aprovechan las bondades de la naturaleza (sol, viento, arboles, agua, materiales sustentables, u otros). Por otro lado, se encuentran las soluciones de orientación activa que requieren el uso de energía eléctrica y de refrigerantes (aires acondicionados, refrigeradores, bombas de calor, otros), con la intención de minimizar el impacto de estos últimos elementos, se han desarrollado equipos de climatización con mayores rendimientos en su utilización, de esta manera se puede ahorrar en la factura eléctrica a la par que se protege el medioambiente.

Para facilitar al usuario final la adquisición de estos equipos sobre la base de la conciencia ambiental y el ahorro energético, se emplea la certificación energética impulsada por el Programa de Naciones Unidas para el medioambiente (PNUMA) y promovida por la Agencia Internacional de la Energía (IEA) con el objetivo de conseguir un menor consumo energético y reducir el impacto medioambiental durante el uso de estos dispositivos.

En este mismo orden, se emplean los estándares a nivel europeo o internacional, como las normas CEN (Comité Europeo de Normalización) o ISO (Organización Internacional de Estandarización), que permiten comparar los artefactos de diversos fabricantes, en cuanto a las especificaciones que deben cumplir para obtener la certificación energética.

En efecto, tal auge de soluciones en materia de refrigeración y climatización para las edificaciones residenciales motivado por la creciente demandas de protección ambiental es fundamental para lograr los objetivos de eficiencia energética, sin embargo, esta transformación va de la mano con la promoción en el cambio de comportamiento de la población hacia el cuidado responsable del medioambiente.

Referencias

1. Antolínez, A. (2015). Refrigerantes Naturales, una Tendencia Mundial. Boletín Ozono Núm. 38. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Boletin_Ozono_No_38.pdf, pp.1-16.
2. Arnabat, I. (2023). Funcionamiento de la bomba de calor aire agua. <https://www.caloryfrio.com/calefaccion/bomba-de-calor/bombas-de-calor-reversibles-aire-agua-sistemas-integrales.html>.

3. BBVA. (2023). La calificación energética de los electrodomésticos.
<https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/la-calificacion-energetica-de-los-electrodomesticos/>.
4. Bermudez, C. (2020). La azotea verde más grande de Latinoamérica está en México.
<https://www.admagazine.com/lugares/la-azotea-verde-mas-grande-de-latinoamerica-20201119-7720-articulos>.
5. Castiglia, R., & Wilkinson, S. (2020). Small-scale experiments of seasonal heat stress attenuation through a combination of green roof and green walls. *Journal of Cleaner Production*; Vol. 250 19443. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119443>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619343136>.
6. CCAC. (2015). Hora de Actuar Para Reducir los Contaminantes de Vida Corta. Coalición de Clima y Aire Limpio para Reducir los Contaminantes de Vida Corta (CCAC). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Segunda edición.
https://www.ccacoalition.org/sites/default/files/resources/161010_time-to-act_es.pdf, pp.48.
7. Chen, J. (2021). Análisis de la Eficiencia Energética y la Calidad del Aire Interior de un Edificio de Uso Educativo. Universidad Politécnica de Madrid. Trabajo de Fín de Máster. https://oa.upm.es/69209/7/TFM_Jing_Chen.pdf, pp.135.
8. Chere-Quiñónez, B. F., Ulloa-de Souza, R. C., & Reyna-Tenorio, L. J. (2022). Tecnología en iluminación domiciliaria: paneles fotovoltaicos y energía ecológica. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(7), 111-123.
9. CICR, GIZ, & BMU. (2019). Portafolio de acciones de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero. Tema: gestión y uso seguro de refrigerantes. Cámara de Industrias de Costa Rica (CICR)/Cooperación alemana para el desarrollo (GIZ)/Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU).
<https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2019/08/Gestion-y-uso-se>, pp.40.
10. Dadzie, J., Pratt, I., & Frimpong, J. (2022). A review of sustainable technologies for energy efficient upgrade of existing buildings and systems. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science* 1101(2):022028. DOI:10.1088/1755-1315/1101/2/022028.
11. Elejalde, H., Joya, A., Ceballos, J., González, A., Penagos, G., Morales, C., y otros. (2015). Guías de Construcción Sostenible. Área Metropolitana del Valle de

- Aburrá/Universidad Pontificia Bolivariana. ISBN 978-958-8513-89-8. Primera edición.
https://www.metropol.gov.co/ambiental/Documents/Construccion_sostenible/Guia-4-GCS4EdificacionesSostenibles.pdf, pp.133.
12. Hepbasli, A., & Kalinci, Y. (2009). A Review of Heat Pump Water Heating Systems. *Renew. Sustainable Energ. Rev*; (13) . doi:10.1016/j.rser.2008.08.002, pp.1211–1229.
 13. IEA. (2022). 2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. International Energy Agency (IEA)/United Nations Environment Programme, Nairobi.
<https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/41133>, pp.101.
 14. IPCC. (2021). Cambio climático 2021. Bases físicas. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Suiza.
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WG1_SPM_Spanish.pdf, pp.40.
 15. IRENA. (2021). Integración de renovables de baja temperatura en redes de energía urbana: Directrices para responsables políticos. Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA)/Universidad de Aalborg, Abu Dhabi, Copenhague.
https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/March/IRENA_District_Energy_Systems_2021_ES.pdf?rev=0413be6ab0dc4dc989e4391997def296, pp.124.
 16. López, B., Camacho, A., Martínez, M., & Marcelino, M. (2020). Techos verdes: una estrategia sustentable. *Tecnología en Marcha*. Vol. 33, N.º 3.
<https://doi.org/10.18845/tm.v33i3.4389>, pp.68-79.
 17. Ministerio de Energías. (2019). Estudio: Etiquetado energético para artefactos electrodomésticos. Ministerio de Energías Estado Plurinacional de Bolivia/Deutsche Gesellschaft für Internationale/Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
https://energypedia.info/images/a/a7/19-09-19-ETIQUETADO_ELECTRODOMESTICOS.pdf, pp.36.
 18. Nagarjuna, K., & Kruthiventi, S. (2024). Current status of refrigerants used in domestic applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 189. 114073.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.114073>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032123009310>.

19. NIBE. (2009). La mejor eficiencia en calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria. NIBE, Suecia. <https://www.nibe.eu/assets/documents/9605/M10753-1.pdf>, pp.1-32.
20. OLADE. (2014). Equipos de Refrigeración Eficientes en América Latina y el Caribe. Una Oportunidad Para Enfriar el Planeta y Acelerar la Economía Nacional. Autor:Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA; Organización Latinoamericana de Energía, OLADE, Col.; <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00167.pdf>, pp.21.
21. ONU. (2018). La falta de refrigeración y aire acondicionado amenaza la salud, la prosperidad y el clima. Organización de las Naciones Unidas (ONU). <https://unfccc.int/es/news/la-falta-de-refrigeracion-y-aire-acondicionado-amenaza-la-salud-la-prosperidad-y-el-clima>.
22. ONU. (2022). Las emisiones históricas del sector de la construcción, lo alejan de los objetivos de descarbonización . Organización de las Naciones Unidas (ONU). <https://news.un.org/es/story/2022/11/1516722>.
23. ONU-Hábitat. (2019). Las ciudades, “causa y solución” del cambio climático. Organización de las Naciones Unidas (ONU_Hábitat). <https://onuhabitat.org.mx/index.php/las-ciudades-causa-y-solucion-del-cambio-climatico>.
24. Parlamento del Reino Unido. (2021). Sustainable cooling. The Parliamentary Office of Science and Technology, Westminster, London. POSTNOTE Number 642 . <https://researchbriefings.files.parliament.uk/documents/POST-PN-0642/POST-PN-0642.pdf>, pp.1-8.
25. Pekai, L., Song, M., Mao, N., Muhammad, H., Wu, W., & Cai, J. (2022). Editorial: Emerging Sustainable and Energy-Efficient Technologies in Heat Pumps for Residential Heating. *Front. Energy Res*; Volume 10. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.866466>. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenrg.2022.866466/full>.
26. PNUMA. (2021). Informe de la 43ª reunión del Grupo de Trabajo de composición abierta de las Partes en el Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). <https://ozone.unep.org/system/files/documents/OEWG-43-4-Add-2S.pdf>, pp.1-14.
27. PNUMA. (2023). Los aires acondicionados exacerbaban la crisis climática. ¿Cómo la naturaleza puede ayudar? Programa para el Medio Ambiente de la Organización de las

- Naciones Unidas (PNUMA). <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/los-aiores-acondicionados-exacerban-la-crisis-climatica-como-la>.
28. Prieto, P. (2006). Climatizar con eficiencia energética. <https://rebellion.org/climatizar-con-eficiencia-energetica/>.
29. Rocha, L., & Jiménez, V. (2016). Eficiencia Energética en la Edificación. Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. https://administracionytecnologiaparaeldisenio.azc.uam.mx/publicaciones/anuario_2016/02.pdf, pp.36-55.
30. Song, M., Mao, N., Xu, Y., & Deng, S. (2019). Challenges in, and the Development of, Building Energy Saving Techniques, Illustrated with the Example of an Air Source Heat Pump. *Therm. Sci. Eng. Prog*; (10). doi:10.1016/j.tsep.2019.03.002, pp.337–356.
31. Uddin, K., & Baran, B. (2022). An Overview of Environment-Friendly Refrigerants for Domestic Air Conditioning Applications. *Energies*; 15(21), 8082; <https://doi.org/10.3390/en15218082>. <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/21/8082>.
32. Ulloa-de Souza, R. C., Reyna-Tenorio, L. J., & Chere-Quiñónez, B. F. (2022). Cogeneración eléctrica a través de turbina de gas: una visión desde los empresarios en Manabí. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(6), 237-250.
33. Universidad de Sevilla. (s/f). Programas de Certificación de enfriadoras. <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/4309/fichero/4.Programas+de+certificaci%C3%B3n+de+enfriadoras.pdf>, pp.77-115.
34. Villalobos, M. (2023). Estrategias Inteligentes para Mantener Frescos los Edificios y Reducir la Ganancia de Calor. Energy Efficiency Policy Consultant. <https://es.linkedin.com/pulse/estrategias-inteligentes-para-mantener-frescos-los-y-la-villalobos>.