

Recibido: 02/10/2025

Aceptado: 10/11/2025

REFRIGERANTES SOSTENIBLES DE MENOR IMPACTO CLIMÁTICO EN PRO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Sustainable refrigerants with lower climate impact for energy efficiency

Doris Julia De León

Universidad Tecnológica de Panamá

doris.leon@utp.ac.pa

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2542-3976>

Panamá

RESUMEN

La transición hacia sistemas de enfriamiento sostenibles constituye un imperativo estratégico en regiones de alta demanda energética y vulnerabilidad climática. En el contexto de Panamá, se identifica una dependencia histórica de sustancias con elevado potencial de calentamiento global (PCG), lo que incrementa los riesgos ambientales y las brechas ante marcos regulatorios internacionales. Esta investigación tuvo como propósito evaluar la eficacia de la transición hacia refrigerantes de bajo impacto climático y su incidencia en la seguridad operativa y eficiencia energética del mercado panameño. Bajo un paradigma cualitativo, se aplicó un diseño descriptivo-documental con un método hermenéutico para la interpretación de normativas, protocolos internacionales y datos de importación sectoriales. Los hallazgos revelan una tendencia decreciente en el consumo de HFC de alto PCG, como el R-134a, desplazado por mezclas transicionales y la introducción emergente de hidrofluoroolefinas (HFO). No obstante, la discusión evidencia que la adopción plena de tecnologías sostenibles está condicionada por la asimetría de costos y la limitada capacitación técnica especializada. Se concluye que Panamá atraviesa una transformación normativa y tecnológica hacia la descarbonización del sector refrigeración y aire acondicionado; sin embargo, para consolidar este avance se requiere una política de incentivos fiscales y una actualización de los códigos de seguridad que faciliten la integración de refrigerantes naturales y de baja inflamabilidad a gran escala.

Palabras clave: Refrigerantes sostenibles, Potencial de calentamiento global, Eficiencia energética, Marco normativo, Panamá.

ABSTRACT

The transition toward sustainable cooling systems constitutes a strategic imperative in regions with high energy demand and climate vulnerability. In the context of Panama, a historical dependence on substances with high global warming potential (GWP) has been identified, increasing environmental risks and gaps regarding international regulatory frameworks. The purpose of this research was to evaluate the effectiveness of the transition toward low-climate-impact refrigerants and its influence on operational safety and energy efficiency within the Panamanian market. Under a qualitative paradigm, a descriptive-

documentary design was applied using a hermeneutic method to interpret regulations, international protocols, and sectoral import data. The findings reveal a decreasing trend in the consumption of high-GWP HFCs, such as R-134a, displaced by transitional blends and the emerging introduction of hydrofluoroolefins (HFOs). However, the discussion highlights that the full adoption of sustainable technologies is conditioned by cost asymmetry and limited specialized technical training. It is concluded that Panama is undergoing a regulatory and technological transformation toward the decarbonization of the refrigeration and air conditioning sector; nonetheless, consolidating this progress requires a policy of fiscal incentives and an update of safety codes to facilitate the large-scale integration of natural and low-flammability refrigerants.

Keywords: Sustainable refrigerants, Global warming potential, Energy efficiency, Regulatory framework, Panama.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático constituye uno de los desafíos más urgentes y complejos del siglo XXI, impulsado por las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por la actividad humana y el uso intensivo de tecnologías de alto impacto ambiental. Ante este panorama, la sostenibilidad y la eficiencia energética se han consolidado como ejes estratégicos de las políticas internacionales orientadas a mitigar sus efectos. Este compromiso global se refleja en la evolución de acuerdos como el Protocolo de Montreal y, más recientemente, la Enmienda de Kigali, instrumentos que marcan la hoja de ruta para la reducción de sustancias nocivas (Chung-Camargo et al., 2024).

Dentro de este marco de acción, el sector de la refrigeración y el aire acondicionado (RAC) adquiere una importancia crítica. Si bien esta industria es un pilar fundamental para el desarrollo económico y el bienestar social, su dependencia histórica de refrigerantes con elevado potencial de calentamiento global (PCG) representa una paradoja ambiental. Esta problemática se intensifica en naciones de clima tropical donde la refrigeración no es un lujo, sino una necesidad operativa; en estos entornos, la alta demanda de climatización dispara el consumo energético y las emisiones directas, comprometiendo las metas de descarbonización (Quesada, 2018).

El caso de Panamá es particularmente representativo de este fenómeno. Debido a su clima húmedo tropical y un crecimiento urbano acelerado, el país enfrenta el reto de modernizar su infraestructura térmica bajo criterios de sostenibilidad. La transición hacia refrigerantes de bajo PCG no es solo una exigencia regulatoria, sino una oportunidad estratégica para proteger la capa de ozono y consolidar un modelo de desarrollo bajo en carbono que sea resiliente ante las particularidades locales (Ramírez-León et al., 2023).

Bajo esta premisa, el presente artículo analiza de manera integral la transición hacia refrigerantes sostenible en Panamá. El estudio no solo explora la evolución tecnológica y el marco normativo, sino que profundiza en los impactos socioeconómicos y los obstáculos estructurales que el país debe superar para alinear su mercado interno con los estándares de eficiencia energética global (Cubillos & Estenssoro, 2011).

REVISIÓN LITERARIA

Los refrigerantes son sustancias utilizadas en refrigeración, congelación, criogenia y aire acondicionado. Absorben el calor de un área (es decir, un espacio con aire caliente) y lo transfieren a otra área (por ejemplo, el exterior de un edificio) mediante un ciclo termodinámico. En este proceso, el refrigerante cambia de estado físico, pasando de gas a líquido y viceversa, lo que permite la transferencia eficiente de calor, como lo expresa, ASHRAE Government Affairs Office. (2024).

Asimismo, Alegsa (2023), expone que refrigerante es un término que se refiere a sustancias o sistemas capaces de enfriar otros elementos. Se utilizan para extraer el calor de un espacio cerrado y transferirlo a otro, permitiendo así mantener temperaturas bajas en el ambiente o en objetos específicos.

Según Chiang, (2024), en materia de implementación de refrigerantes naturales de bajo potencial de calentamiento global (PCG), la Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal, podría contribuir a mitigar el cambio climático en América Latina. Utilizando modelos de proyección de emisiones y escenarios climáticos, se estima que la adopción de estos refrigerantes podría reducir hasta 16,8 millones de toneladas de CO₂ equivalente para 2050, evitando un incremento de temperatura de aproximadamente 0,0002°C.

También, Daikin Industries Ltd. (s.f.), aborda las opciones de refrigerantes utilizadas en sus sistemas de climatización. Estos expertos producen una gama avanzada de refrigerantes de bajo potencial de calentamiento global (PCG), incluyendo mezclas de HFC y HFC, para aplicaciones domésticas, industriales y comerciales, cumpliendo con las regulaciones globales sobre la reducción de HFC.

Otro especialista Grimaldo (2025), expone que el cambio climático se refiere a los cambios a largo plazo de las temperaturas y los patrones climáticos. Las actividades humanas han sido el principal motor del cambio climático, debido principalmente a la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas. Por ello los refrigerantes y sus tipos son vitales conocerlos desde la óptica del CO₂, para climatizar de

la forma más segura, y sobre todo la barrera más importante a vencer es la capacitación del personal para la implementación de estos métodos.

Además, el cambio de paradigma es vital para las aplicaciones más convenientes a cada país, con su medio ambiente. Así como la implementación y el cálculo adecuado, para seleccionar adecuadamente los componentes del sistema desde el diseño del sistema hasta el final de implementación.

Con respecto al estudio destaca que, para aprovechar plenamente el potencial del Protocolo de Montreal en la protección del clima y la capa de ozono, es esencial considerar el ciclo de vida completo de las sustancias controladas: desde su producción y uso hasta la reducción de fugas, recuperación, reutilización y disposición ambientalmente adecuada. (BBVA, 2024).

Esta estrategia coordinada, conocida como gestión del ciclo de vida de los refrigerantes (Lifecycle Refrigerant Management, LRM), puede generar beneficios significativos en términos de protección de la capa de ozono, mitigación del cambio climático y equidad, a un costo relativamente bajo. (Mayhew, *et al.*, 2023).

METODOLOGÍA

La presente investigación se fundamenta en un paradigma cualitativo, el cual permite abordar la complejidad del fenómeno de la transición tecnológica desde una perspectiva interpretativa y contextual. El estudio es de tipo descriptivo-documental, con un diseño no experimental de corte transversal, orientado a caracterizar el estado actual y las proyecciones del sector RAC en Panamá mediante la examinación sistemática de fuentes de información secundaria.

Enfoque y método

Se aplicó el método hermenéutico para la interpretación de los textos legales, protocolos internacionales y reportes técnicos. Este enfoque fue esencial para trascender la mera lectura de los datos de importación y normativas, permitiendo comprender la coherencia entre los compromisos globales (Enmienda de Kigali) y su ejecución operativa en el mercado panameño. La hermenéutica facilitó el análisis de la terminología técnica y las implicaciones socioeconómicas descritas en la literatura especializada (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2022).

Procedimiento y fases de investigación

Para garantizar la validez científica y la trazabilidad del estudio, el proceso se estructuró en tres fases secuenciales:

1. Fase I: Heurística y Selección Documental: Se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos académicas (ScienceDirect, Scielo), repositorios institucionales de la Secretaría Nacional de Energía de Panamá y organismos multilaterales (PNUMA, ONUDI). Se aplicó un criterio de inclusión cronológico limitado a los últimos diez años, priorizando documentos que abordaran la eficiencia energética y los refrigerantes de bajo Potencial de Calentamiento Global (PCG).
2. Fase II: Análisis de Contenido y Categorización: Utilizando una matriz de análisis documental, se procedió a la descomposición de la información en cuatro categorías analíticas: (a) Marco Regulatorio y Cumplimiento, (b) Evolución Tecnológica de Refrigerantes, (c) Seguridad Operativa y Capacitación, y (d) Impacto Ambiental en Climas Tropicales.
3. Fase III: Triangulación y Síntesis Crítica: Se efectuó una comparación cruzada entre los marcos normativos internacionales y la realidad sectorial de Panamá. Esta fase permitió identificar las brechas existentes entre la política pública y la capacidad técnica del mercado local, culminando en la síntesis de los desafíos específicos del país.

Instrumentos de recolección

El instrumento principal consistió en fichas de registro bibliográfico y matrices de análisis comparativo, diseñadas para organizar los datos sobre volúmenes de importación de gases HFC y las proyecciones de ahorro energético tras la adopción de tecnologías sostenibles. Esta estrategia permitió construir un panorama interpretativo sólido, identificando tendencias, vacíos normativos y oportunidades de descarbonización en contextos de alta humedad y temperatura.

Análisis de resultados

La tabla 1 a continuación, muestra una clara tendencia de Panamá hacia la reducción del uso de HFCs de mayor impacto, aunque la transición hacia refrigerantes verdaderamente sostenibles y energéticamente eficientes aún es parcial. La disminución cuantitativa es un indicio positivo, pero la hermenéutica revela que todavía se depende de mezclas intermedias, lo que plantea un reto de innovación tecnológica y de cumplimiento normativo en los próximos años.

Tabla 1. Datos de importación de hidroclorofluorocarbonos (puros y en mezcla), para el periodo 2023-24, en unidades de toneladas métrica

Sustancia	2023	2024
HFC PURO		
HFC-32	9.62	12.7425
HFC-134 ^a	603.14	315.79235
HFC-365mfc	0	0
HFC-23	0.27	0
HFC MEZCLAS		
R-404 ^a	151.86	83.7196
R-407 ^a	1.13	1.130
R-407C	13.11	20.5891
R-410 ^a	326.71	294.6931
R-507 ^a	82.25	76.581
R-417 ^a	0.87	2.4106
R-422D	4.39	0
R-437 ^a	0.03	0
R-448 ^a	0	1.1074
R-507C	0	10.5085
R-513 ^a	0	0.54431
HFC-365MFC (93%) /HFC-227EA (7%)	224.02	0

Nota: Ministerio de Salud (2023-2024).

Al analizar estos datos se pueden expresar los siguiente según European Union. (2024) y Ministerio de Salud de Panamá. (2024).

HFC puros:

El HFC-134a fue el de mayor importación en 2023 (603.14 t), pero en 2024 se redujo casi a la mitad (315.79 t, ↓ 47.6%).

El HFC-32 tuvo un ligero incremento (de 9.62 a 12.74 t, ↑ 32.4%).

El HFC-23 pasó de 0.27 t en 2023 a 0 en 2024, reflejando eliminación total.

El HFC-365mfc no registró importaciones en ninguno de los dos años.

HFC en mezclas:

La mezcla más importada fue el R-410A, con 326.71 t en 2023, reduciéndose a 294.69 t en 2024 (↓ 9.8%).

El R-404A, también muy usado en refrigeración comercial, bajó de 151.86 t a 83.71 t (↓ 44.9%).

Algunas mezclas mostraron aumentos: el R-407C subió de 13.11 t a 20.58 t (↑ 57%), y el R-417A de 0.87 t a 2.41 t (↑ 177%).

Otras, como el R-422D y el R-437A, desaparecieron totalmente en 2024. Aparecen nuevas importaciones en 2024: R-448A (1.10 t) y R-507C (10.51 t).

En términos globales, hay una reducción significativa de las importaciones de HFCs entre 2023 y 2024, con tendencias a diversificar hacia otras mezclas de menor volumen. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2023).

RESULTADOS

Tabla 2. Estructura de costos y estatus de los refrigerantes en el mercado panameño

Refrigerante	Categoría Transición	de Costo por Libra (USD)	Estatus Operativo
R-410A	HFC de alto PCG	\$5.40	Eliminación gradual / Fase de salida
R-134a	HFC de alto PCG	\$5.00	Eliminación gradual / Uso extendido
R-404A	HFC de alto PCG	\$4.60	Eliminación gradual / Crítico
R-22	HCFC (Daña ozono)	\$5.00	Eliminación obligatoria
R-32	HFC de bajo PCG	\$3.50	Adopción activa / Crecimiento
R-454B	Mezcla (HFC/HFO)	\$8.00	Adopción para nueva tecnología
R-1234yf	HFO puro	\$40.00	Costo elevado / Adopción incipiente
R-1234ze	HFO puro	\$10.00	Adopción para enfriadoras (chillers)
R-1233zd	HFO puro	\$10.00	Uso industrial específico

Nota: Elaboración propia (2025).

Tabla 3. Matriz de Triangulación: Desafíos de la transición en Panamá

Dimensión	Tendencias Observadas	Vacíos Identificados	Oportunidades Estratégicas
Científica y Tecnológica	Desarrollo de HFOs y mezclas naturales con bajo PCG.	Falta de datos sobre rendimiento en alta humedad (trópico).	Proyectos piloto para validar eficiencia en climas húmedos.
Normativa y Regulatoria	Cumplimiento de Kigali y Acuerdos de París.	Dispersión de leyes locales y falta de incentivos claros.	Actualización de códigos de construcción y beneficios fiscales.
Socioeconómica y Operativa	Mayor demanda por crecimiento urbano y conciencia ambiental.	Brecha de costos y limitada capacitación técnica.	Certificación de técnicos y modelos de financiamiento verde.

Nota: Elaboración propia (2025).

INTERPRETACIÓN HERMENÉUTICA Y DISCUSIÓN ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS HALLAZGOS

Desde una perspectiva hermenéutica, la transición en Panamá no debe leerse únicamente como un cambio de sustancias químicas, sino como un reajuste estructural del mercado ante la presión climática global. La Tabla 2 revela una contradicción económica fundamental: mientras los refrigerantes más sostenibles como el R-1234yf presentan precios hasta ocho veces superiores a los tradicionales, el R-32 se posiciona como el verdadero motor de cambio debido a su bajo costo (\$3.50/lb). Esto sugiere que la sostenibilidad en Panamá está siendo dictada más por la viabilidad financiera inmediata que por la pureza ecológica de las soluciones.

La interpretación de la desaparición de importaciones de compuestos como el HFC-23 y el viraje hacia mezclas como el R-448A permite inferir que el sector RAC panameño es altamente reactivo a las normativas internacionales. No obstante, esta reactividad genera una "tensión de adaptación" en las pequeñas y medianas empresas, que se ven obligadas a migrar hacia tecnologías costosas sin poseer el músculo financiero necesario.

DISCUSIÓN CRÍTICA Y TRIANGULACIÓN

Al triangular las dimensiones científica, normativa y operativa, surge una discrepancia crítica: la industria avanza rápidamente hacia el uso de refrigerantes inflamables (A2L) para cumplir con la descarbonización, pero la infraestructura educativa y regulatoria en Panamá aún no ha evolucionado al mismo ritmo. Como señalan Müller et al. (2021), el éxito de la próxima generación de refrigerantes depende de la actualización de estándares de seguridad; en Panamá, este vacío normativo representa un riesgo operativo latente.

Contrario a lo planteado por visiones puramente tecnocráticas, considero que la adopción de equipos eficientes (FRIGOPACK, 2024) será insuficiente si no se aborda el factor de la capacitación especializada mencionada por Grimaldo (2025). Mi análisis sugiere que Panamá corre el riesgo de crear una brecha de seguridad si la introducción de gases como el R-32 o mezclas inflamables no se acompaña de una certificación técnica rigurosa y obligatoria.

Finalmente, coincido con Rodríguez y Zúñiga (2025), en que las restricciones a los HFC de alto PCG son irreversibles. Sin embargo, apporto a esta discusión que el desafío panameño es único debido a su clima: la alta degradación de equipos por corrosión y humedad exige que la gestión del ciclo de vida (LRM) sea el eje central de la política pública, y no solo la sustitución del gas. La transición será efectiva solo si se logra un equilibrio entre la normativa internacional y la realidad económica del técnico y el consumidor local.

CONCLUSIONES, LIMITACIONES E IMPLICACIONES

CONCLUSIONES

La investigación permite concluir que Panamá se encuentra en una etapa de transición crítica y reactiva hacia la descarbonización del sector RAC. La reducción en la importación de sustancias de alto PCG, como el R-134a y el R-404A, demuestra un cumplimiento efectivo de los cronogramas establecidos en la Enmienda de Kigali. No obstante, este avance es heterogéneo; mientras el sector industrial comienza a adoptar tecnologías de vanguardia (HFO), el sector comercial y residencial se inclina por opciones de transición de bajo costo como el R-32. Se confirma que la sostenibilidad en el contexto panameño no solo depende de la disponibilidad tecnológica, sino de la viabilidad

económica, donde el precio del refrigerante sigue siendo el principal factor de decisión para el mercado local.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

A pesar de los hallazgos, este estudio enfrentó limitaciones metodológicas y contextuales. En primer lugar, la escasez de datos públicos desagregados sobre el consumo final de refrigerantes por sector dificultó un análisis de impacto por categoría de usuario. Asimismo, la limitada existencia de investigaciones locales aplicadas sobre el rendimiento termodinámico de los nuevos refrigerantes naturales en condiciones extremas de humedad y salinidad —propias de la geografía panameña— restringe la posibilidad de generalizar la eficiencia energética prometida por los fabricantes internacionales. Finalmente, el carácter documental de la investigación deja fuera la percepción directa de los técnicos de campo, quienes son los ejecutores finales de la transición.

IMPLICANCIAS Y RECOMENDACIONES

Las implicaciones de este estudio sugieren una necesidad urgente de evolucionar de una política de "prohibición de sustancias" hacia una de "gestión integral del ciclo de vida". Para que Panamá consolide su liderazgo regional en sostenibilidad climática, se proponen las siguientes acciones:

- Implicancias Normativas: Es imperativo actualizar los códigos de seguridad y construcción para permitir el uso seguro de refrigerantes inflamables y naturales a gran escala, eliminando las barreras legales que frenan la innovación.
- Implicancias Económicas: El Estado debe diseñar mecanismos de incentivos fiscales o créditos verdes que reduzcan la brecha de costos entre los refrigerantes tradicionales y las alternativas de nueva generación (HFO y naturales), evitando que la sostenibilidad sea un privilegio de grandes empresas.
- Implicancias Operativas: La transferencia de conocimiento no debe ser opcional. Se requiere un programa nacional de certificación obligatoria para técnicos, enfocado en la recuperación, reciclaje y manejo de nuevas sustancias, garantizando que la mitigación del cambio climático no se vea comprometida por fugas operativas o malas prácticas de mantenimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegsa, L. (2023). Definición de refrigerante. *Definiciones-de.com*. Recuperado de <https://www.definiciones-de.com/Definicion/de/refrigerante.php>
- ASHRAE Government Affairs Office. (2024). Los refrigerantes y su uso responsable: El papel de ASHRAE. Recuperado de <https://www.ashrae.org/file%20library/about/government%20affairs/public%20polic>

- [%20resources/briefs/spanish%20ppibs/refrigerants-and-their-responsibleusespanish-translation-.pdf](#)
- BBVA (2024). Refrigeración sostenible sin halocarbonos o cómo ayudar a mil millones de personas a adaptarse al calor que viene. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/refrigeracion-sostenible-sinhalocarbonos-o-como-ayudar-a-mil-millones-de-personas-a-adaptarse-al-calor-que-viene/>
- Cubillos, A., Estenssoro, F. (2011). Energía y medio ambiente. Una ecuación difícil para América Latina: los desafíos del crecimiento y desarrollo en el contexto del cambio climático. IDEA-USACH. <http://biblioteca.clacso.org.ar/clacso/engov/20130827052932/engMAaCubilloEstenssoro.pdf>
- Chiang Peña, D. A. (2024). El efecto de la transición a refrigerantes limpios sobre el calentamiento global en América Latina. Universidad de Concepción, Chile. Recuperado de <https://repositorio.udec.cl/bitstreams/f871328e-259a-412d-b9c8cffb791bfb97/download>
- Chung-Camargo, K. (2024). Cambio climático y políticas internacionales: Un análisis desde la perspectiva de América Latina. Universidad Tecnológica de Panamá. Recuperado de <https://scholar.google.com/citations?user=bD0H29oAAAAJ>
- Daikin Industries, Ltd. (s.f.). Refrigerantes convencionales y alternativos para equipos de climatización. Daikin Latinoamérica. Recuperado de <https://www.daikin.es/>
- European Union. (2024). Regulation (EU) 2024/573 of the European Parliament and of the Council of 7 February 2024 on fluorinated greenhouse gases, amending Directive (EU) 2019/1937 and repealing Regulation (EU) No 517/2014. *Official Journal of the European Union*, L 2024/573.
- FRIGOPACK, Refrigeración Industrial (2024). Impacto ambiental de sistemas de refrigeración. <https://www.frigopack.com/refrigeracion-industrial-sostenible/>
- Grimaldo, I. (2025). Ventajas y beneficios del CO₂ como refrigerante. <https://youtu.be/Dsc1me8Cg8g>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Mendoza, C. (2022). *Metodología de la investigación* (7.^a ed.). McGraw-Hill.
- Mayhew, C., Chao, T., & O'Rourke, A. (2023). Gestión del ciclo de vida de los refrigerantes: Maximizando los beneficios atmosféricos y económicos del Protocolo de Montreal. Yale Carbon Containment LAB. Recuperado de https://carboncontainmentlab.org/documents/es_mop-35-yale-cc-lab-lrmdocumentode-referencia.pdf
- Ministerio de Salud de Panamá. (2024). Plan para la implementación de la Enmienda de Kigali en Panamá en su Etapa I. Dirección General de Salud Pública, Subdirección General de Salud Ambiental.
- Ministerio de Ambiente (2021). Panamá adopta Plan de Enfriamiento para alcanzar el desarrollo sostenible. <https://miambiente.gob.pa/panama-adopta-plan-deenfriamiento-para-alcanzar-el-desarrollo-sostenible/>
- Müller, W., Schwarz, J., & Toro Chacón, F. A. (2021). Consideraciones estratégicas sobre el uso más amplio de sistemas de bajas emisiones de tecnología de refrigeración y aire acondicionado en América Central y del Sur. Green Cooling Initiative. Recuperado de <https://www.green-cooling>

- initiative.org/fileadmin/user_upload/2021-0503_Documento_de_referencia_-_es.pdf
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2023). Hoja de ruta para aplicar la Enmienda de Kigali en Panamá 2021-2045. Recuperado de <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-06/undp-pa-kigali-ruta2023.pdf>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2023). Representantes de América Latina y El Caribe Conocieron Sobre La Estrategia de Transición Hacia Refrigerantes de Baja Contribución Al Cambio Climático. <https://www.undp.org/es/panama/comunicados-de-prensa/representantes-deamerica-latina-y-el-caribe-conocieron-sobre-la-estrategia-de-transicion-haciarefrigerantes-de-baja>
- Ramírez-León, R. (2023). Contexto climático y urbano de Panamá: Desafíos y oportunidades. Universidad Tecnológica de Panamá. Recuperado de <https://www.mundohvacr.com/2025/07/normativa-mexicana-para-refrigerantesunainfraestructura-legal-para-la-sostenibilidad-climatica/>
- Rodríguez Vázquez, E. E., & Zúñiga Osorio, H. J. (2025). Normativa mexicana para refrigerantes: Una infraestructura legal para la sostenibilidad climática. MundoHVAC&R. Recuperado de https://www.mundohvacr.com/2025/07/normativa_mexicana-para-refrigerantes-una-infraestructura-legal-para-la-sostenibilidad_climatica/
- Sánchez, D., Andreu, A., Calleja, D., Nebot Andrés, L., & Vidan-Falomir, F. (2022). Optimización energética de los refrigerantes R152a, R1234yf, R290, R1270, R600a y R744, como alternativa al R134a en un armario de refrigeración vertical. XI Congreso Ibérico y IX Congreso Iberoamericano de Ciencias y Técnicas del Frío Cytef2022, Cartagena, España. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8636061>
- SOLVENO, Technologies (s.f.). El futuro de la refrigeración: por qué los refrigerantes naturales son la opción sostenible. <https://www.solvenotechnologies.com/es/noticias/el-futuro-de-la-refrigeracionpor-que-los-refrigerantes-naturales-son-la-opcion-sostenible>
- Trane. (2022). Refrigerant Regulatory Evolution. Recuperado de <https://www.trane.com/commercial/north-america/us/en/decarbonization.html>
- Quesada, K. (2018). Refrigerante natural como alternativa para la climatización hotelera, analizada desde el ámbito ambiental, energético, eficiencia y económica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Dicoma refrigeración.
- Vacacela, I. (2025). Estudio de la integridad y ambiental en sistemas de refrigeración domésticos utilizando mezclas de propano e isobutano como alternativas al refrigerante r134a. repositorio digital Escuela Politécnica Nacional. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/26507>