



# OPCIONES DE REFRIGERACIÓN: EQUILIBRIO ENTRE SEGURIDAD, RENDIMIENTO Y COSTE REFRIGERACIÓN COMERCIAL

## REFRIGERACIÓN COMERCIAL (40 KW - 150 KW)

A medida que la UE sigue dando prioridad a la competitividad industrial en su agenda política, el papel de las soluciones de refrigeración sostenibles nunca ha sido más crítico para las empresas y los consumidores por igual. Las Hidrofluoroolefins (HFOs), una tecnología de refrigerantes ampliamente adoptada, están ahora en el centro de un posible cambio normativo.

El abandono de las HFOs requeriría la disponibilidad de alternativas adecuadas. Sin embargo, las actuales alternativas industriales para la refrigeración comercial, como el propano, el CO<sub>2</sub> y el amoníaco, podrían suponer un aumento de los costes para la industria debido a su menor rendimiento, mayor mantenimiento, menor eficiencia energética y falta de viabilidad de las soluciones de adaptación. Además, a diferencia de las alternativas, las HFOs no son tóxicas y tienen una baja inflamabilidad, lo que tranquiliza a los usuarios finales preocupados por la seguridad.

## PRINCIPALES APLICACIONES



**Supermercados y tiendas de comestibles:** Se utilizan para mantener frescos para los consumidores los productos agrícolas, lácteos, cárnicos y congelados.



**Centros sanitarios:** Se utilizan en hospitales y clínicas para almacenar medicamentos, sangre y muestras de laboratorio de forma segura.



**Procesamiento industrial:** Fundamental en industrias alimentarias y de bebidas para procesar y conservar productos.



**Almacenes frigoríficos:** Diseñados para el almacenamiento a largo plazo de grandes cantidades de productos perecederos.



**Edificios de oficinas:** Ayuda a mantener ambientes confortables y un control preciso del clima.



**Restaurantes y hoteles:** Vital para el funcionamiento de la cocina, el almacenamiento de ingredientes y el servicio a los clientes.

# HFO FRENTE A ALTERNATIVAS - REFRIGERACIÓN COMERCIAL (40 KW - 150 KW)

Como puede verse en la tabla siguiente, en casi todas las métricas, desde la eficiencia energética hasta la clasificación de peligros y la gestión del fin de vida útil, las HFO cumplen o superan las expectativas. Esto demuestra claramente la inigualable utilidad de los HFO en comparación con otras alternativas industriales dentro de la refrigeración comercial.

|                                               | HFO y mezclas de HFO (454C / 455A)                                                                                     | Propano                                                                                                                    | CO <sub>2</sub>                                                                                                           | Amoníaco*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eficiencia energética (dispositivo y sistema) | 454C y 455A contra 410-A <sup>1</sup>                                                                                  | Menor eficiencia (entre un 5% y un 21% más de energía que las mezclas con HFO) <sup>1</sup>                                | Menor eficiencia (entre un 8% y un 50% más de energía que las mezclas con HFO) <sup>1</sup>                               | N/A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Viabilidad técnica del sistema                | Técnicamente viable con el coste estándar del sistema <sup>2</sup>                                                     | Técnicamente factible, pero mayor coste del sistema <sup>3</sup>                                                           | Técnicamente factible, pero el coste inicial del sistema es mayor <sup>4</sup>                                            | Técnicamente factible, pero mayor coste del sistema <sup>5</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Clasificación ASHRAE                          | A2L <sup>7</sup>                                                                                                       | A3 <sup>7</sup>                                                                                                            | A1 <sup>7</sup>                                                                                                           | B2L <sup>7</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Clasificación de riesgos (CLP)                | H280 - Gas a presión <sup>8</sup><br> | H280 - Gas a presión <sup>10</sup><br>    | H280 - Gas a presión <sup>11</sup><br> | H280 - Gas a presión <sup>12</sup><br>H331-Tóxico por inhalación <sup>12</sup><br>H314- quemaduras graves en la piel / lesiones oculares <sup>12</sup><br>H400-Muy tóxico para la vida acuática <sup>12</sup><br>H411- Efectos acuáticos duraderos <sup>12</sup><br> |
| Productos atmosféricos                        | TFA, % varía con las mezclas <sup>13</sup>                                                                             | Contribuye al ozono troposférico y a los aldehídos <sup>14,15</sup>                                                        | Acumulación atmosférica <sup>16</sup>                                                                                     | Baja calidad del aire, partículas finas y óxidos de nitrógeno (NOx) <sup>17,18</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Gestión del final de la vida                  | Recuperación o destrucción según lo dispuesto en el Reglamento sobre F-gas de la UE (art. 8) <sup>19</sup>             | Recuperación y reciclado para sistemas comerciales <sup>20</sup>                                                           | No obligatorio, normalmente se libera a la atmósfera <sup>21</sup>                                                        | Obligatorio, aunque técnicamente complejo/costoso, requiere incineración o un tratamiento acuoso <sup>20</sup>                                                                                                                                                                                                                                          |
| Disponibilidad actual de refrigerante         | Aceptable <sup>8,9</sup>                                                                                               | Aceptable <sup>10</sup>                                                                                                    | Aceptable <sup>11</sup>                                                                                                   | Aceptable <sup>12</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Equipamiento/ Adopción del sistema            | Amplia gama (comercio minorista de alimentación restauración, refrigeradores, centros de datos) <sup>23</sup>          | Aplicaciones más pequeñas (carga limitada o en cascada) <sup>23</sup>                                                      | Sistemas híbridos (cámaras frigoríficas, supermercados, centros de datos) <sup>23</sup>                                   | Comercial (Cascada con CO <sub>2</sub> (climas cálidos >38 °C), Industrial <sup>23,24</sup> )                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Periodo de amortización / ROI                 | Supuesta base de referencia <sup>2,22</sup>                                                                            | Aumento (varios compresores detección de fugas/ alarmas adicionales) <sup>3</sup>                                          | Aumento (electrónica personalizada, componentes adicionales/ software) <sup>4</sup>                                       | Aumento (costes iniciales más elevados, aumento neto de los costes a lo largo de 20 años)                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Desarrollo futuro**                           | Permite la nueva generación de turbocompresores de alta eficiencia <sup>25</sup>                                       | Permite turbocompresores de alta eficiencia de última generación, con disponibilidad limitada hasta la fecha <sup>25</sup> | Incompatible con turbocompresores, requiere lubricantes <sup>25</sup>                                                     | Incompatible con turbocompresores, limitaciones de material <sup>25</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                               |

\* Aplicaciones especializadas en el sector comercial

\*\* La refrigeración por turbocompresor utiliza compresores centrífugos de alta velocidad para comprimir y enfriar refrigerantes, consiguiendo un control eficaz de la temperatura para aplicaciones industriales y comerciales a gran escala, como el aire acondicionado o la refrigeración de procesos.

## Designaciones ASHRAE y clasificaciones de seguridad de los refrigerantes<sup>1</sup>

|                                       |                             | GRUPO DE SEGURIDAD               |                                  |
|---------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|                                       |                             | A3                               | B3                               |
| AUMENTO DE LA INFLAMABILIDAD          | Mayor inflamabilidad        | A3                               | B3                               |
|                                       | Menor inflamabilidad        | A2                               | B2                               |
|                                       |                             | A2L <sup>2</sup>                 | B2L <sup>2</sup>                 |
|                                       | Sin propagación de la llama | A1                               | B1                               |
|                                       |                             | Clasificación de riesgo inferior | Clasificación de riesgo superior |
| AUMENTO DE LA CERTIFICACIÓN DE RIESGO |                             |                                  |                                  |

1 ASHRAE <https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/refrigeration/unep---ashrae-factsheet--english----april2023.pdf>

2 A2L and B2L are lower flammability refrigerants with a maximum burning velocity of < 3.9 in/s (10 cm/s)

# REFERENCIAS E REFRIGERACIÓN COMERCIAL:

1. Oak Ridge National Laboratory (2023). Technology Option for Low Environmental Impact Air-Conditioning and Refrigeration Systems. Pub200582.pdf (ornl.gov)
2. Carrier (2019). Case Study: Gatwick Airport Ultra Low GWP. Case study - Gatwick Airport Ultra Low GWP | Carrier Europe
3. Climate & Clean Air Coalition (2016). Lower-GWP Alternatives in Commercial and Transport Refrigeration: An expanded compilation of propane, CO<sub>2</sub>, ammonia and HFO case studies (pg 56-58). Climate and Clean Air Coalition (CCAC)
4. Climate & Clean Air Coalition (2016). Lower-GWP Alternatives in Commercial and Transport Refrigeration: An expanded compilation of propane, CO<sub>2</sub>, ammonia and HFO case studies (pg 70-73). Climate and Clean Air Coalition (CCAC)
5. Climate & Clean Air Coalition (2016). Lower-GWP Alternatives in Commercial and Transport Refrigeration: An expanded compilation of propane, CO<sub>2</sub>, ammonia and HFO case studies (pg 20-23). Climate and Clean Air Coalition (CCAC)
6. Climate & Clean Air Coalition (2016). Lower-GWP Alternatives in Commercial and Transport Refrigeration: An expanded compilation of propane, CO<sub>2</sub>, ammonia and HFO case studies (pg 52-55). Climate and Clean Air Coalition (CCAC)
7. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2022). ANSI/ASHRAE Standard 34-2022: Designation and Safety Classification of Refrigerant. (ASHRAE)
8. Safety Data Sheets – 454C and 455A
9. European Chemical Agency (ECHA) (2025). REACH Registration Dossier – 1234ze
10. European Chemical Agency (ECHA) (2025). REACH Registration Dossier – Propane
11. European Chemical Agency (ECHA) (2025). REACH Registration Dossier – Carbon Dioxide
12. European Chemical Agency (ECHA) (2025). REACH Registration Dossier – Ammonia, \*Harmful to aquatic life with lasting effects
13. United Nations Environment Programme (UNEP). (2022). Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer: 2022 Assessment Report of the Environmental Effects Assessment Panel. Nairobi, Kenya: UNEP. (ISBN: 978-9914-733-91-4), Fig 12.
14. Rosado-Reyes, C. M. and J. S. Francisco (2007). "Atmospheric oxidation pathways of propane and its by-products: Acetone, acetaldehyde, and propionaldehyde." J.Geophysic.Res. Atmo. 112(D14). <https://doi.org/10.1029/2006JD007566>
15. Huo, Erguang et al. (2022). The combustion mechanism of leaking propane (R290) in O<sub>2</sub> and O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O environments: ReaxFF molecular dynamics and density functional theory study. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.03.080>
16. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Sixth Assessment Report (2023), Frequently Asked Questions (FAQ) 5.1, 5.3. IPCC\_AR6\_WGI\_FAQ\_Chapter\_05.pdf
17. Li et al (2020). Human Ammonia Emission Rates under Various Indoor Environmental Conditions. Human Ammonia Emission Rates under Various Indoor Environmental Conditions (acs.org)
18. Jan Willem Erisman (2021). How ammonia feeds and pollutes the world. Science (374),685-686. <https://doi.org/10.1126/science.abm3492>.
19. Regulation 2024/573/EU of the European Parliament and of the Council on fluorinated greenhouse gases (2024), OJ 20.2.2024,(Article 8) L\_202400573EN.000101.fmx.xml
20. Association of European Refrigeration Component Manufacturers (ASERCOM) (2019). Guideline: Safety Standards and Components for flammable refrigerants. English\_SafetyStandardsandComponentsforFlammableRefrigerants.pdf
21. Commercial CO<sub>2</sub> Product Guide (Emerson, pg 10) (2021). CO<sub>2</sub> product guide
22. Climate & Clean Air Coalition (2014). Low-GWP Alternatives in Commercial Refrigeration: Propane, CO<sub>2</sub>, and HFO case studies. Low-GWP\_Alternatives\_in\_Commercial\_Refrigeration-Case\_Studies-Final.pdf (pg 27).
23. Nordic Council of Ministers (2024). End-of-life treatment of Hydrofluoroolefins (HFOs). End-of-life treatment of Hidrofluoroolefinas (HFOs).
24. Climate & Clean Air Coalition (2016). Lower-GWP Alternatives in Commercial and Transport Refrigeration: An expanded compilation of propane, CO<sub>2</sub>, ammonia and HFO case studies (pg 16-19). Climate and Clean Air Coalition (CCAC)
25. El Samad, T., et al. (2024). "A review of compressors for high temperature heat pumps." Thermal Sci & Engineering Prog. 51: 102603. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2024.102603>