

USO DEL AMONIACO COMO REFRIGERANTE

en el ámbito de la refrigeración industrial,
comercial y el acondicionamiento de aire

LAS GUÍAS DE AEFYT



USO DEL AMONIACO COMO REFRIGERANTE EN EL ÁMBITO
DE LA REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL, COMERCIAL Y EL
ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

Publicado por primera vez en 2022

Autores

Ricard Giménez, Ingeniero Consultor. Asesor de AEFYT
Juan Carlos Rodríguez, Ingeniero. JOHNSON CONTROLS Y
CLAUGER REFRIGERACIÓN IBERIA
Juan Luis Alvarez, Ingeniero. GEA y CLAUGER REFRIGERACIÓN
IBERIA
Benito Morales, Ingeniero. INTARCON
Javier Cano, Ingeniero. INTARCON
Jose Ramón Botana, Gerente. MAYEKAWA
Joaquín Andueza, Ingeniero. REFRICOMP
Federico García, Ingeniero. DICOSTOCK
Manuel Lamúa, Ingeniero. AEFYT
Félix Sanz, Ingeniero. AEFYT
Además, han participado en la revisión de la misma Técnicos
expertos de TEWIS SMART SYSTEMS y GRUPO DISCO

Diseño y maquetación

Sara Gurrea (Demasiado Estudio)

Publicado por

AEFYT. Asociación de Empresas de Frío y sus Tecnologías
Calle Diego de León 50
28006 Madrid
Asociación sin ánimo de lucro
Tel: +34 915 635 992
aefyt@aefyt.es
www.aefyt.es

ISBN: 978-84-09-39094-6

Copyright

2022 Asociación de Empresas de Frío y sus Tecnologías
Todos los derechos reservados

Ninguna parte de este libro puede ser reproducida,
almacenada en un sistema de recuperación, o transmitida, en
ninguna forma o por cualquier medio, electrónico, mecánico,
fotocopiado, grabado o no, sin el previo permiso de la
Asociación de empresas de Frío Y sus Tecnologías AEFYT.
Esta publicación no pretende incluir todas las disposiciones
necesarias de un contrato.

Prólogo de AEFYT

En AEFYT se potencia la difusión de todos los campos y conceptos de refrigeración, por ello cuando profesionales del sector de la Refrigeración Industrial plantearon que debería realizarse un guía técnico comercial de amoníaco para su difusión en seno de la Asociación empresarial del sector como es AEFYT, se acometió la ejecución de la misma. La idea era excelente y requería la colaboración de distintas empresas del sector, donde para elaborar un documento consensuado entre todos los participantes se realizaron reuniones de trabajo presenciales y virtuales periódicas con participación de expertos del sector.

El amoníaco es el único refrigerante que desde el siglo XIX se ha utilizado de forma ininterrumpida en aplicaciones de refrigeración. Vio como su uso era desplazado en muchas aplicaciones por refrigerantes fluorados como el R12 y el R22, pero se mantuvo en aplicaciones industriales de gran potencia donde sus características termodinámicas justificaban diseños robustos y seguros. Esta pervivencia hace que la experiencia acumulada durante más de 100 años, le postule como una alternativa real en múltiples aplicaciones donde los refrigerantes fluorados debido a las restricciones legales, consecuencia de los daños medioambientales causados por los HFC y CFC ya no se pueden aplicar.

Esta guía pretende trasladar esta experiencia para transmitir tranquilidad en el uso del amoníaco en aplicaciones tanto industriales como del sector terciario y en la climatización. Su incorporación en sistemas de distribución de frío y calor (district cooling/heating) tanto en sistemas de recuperación de calor como como en bombas de calor pueden ayudar a alcanzar los objetivos de "España Circular 2030" y "Agenda 2030".

Los nuevos desarrollos tecnológicos en intercambiadores de calor con volúmenes internos cada vez más redu-

cidos y la compacidad de las instalaciones, han generado que el amoníaco se pueda llevar a aplicaciones impensables hace unas décadas. Este aumento de aplicaciones ha generado un gran reto al sector, con una mayor demanda de profesionales especializados en este refrigerante, y con unas mejoras en la calidad de los sistemas de refrigeración.

Con esta guía queremos aportar nuestro granito de arena facilitando la transmisión de conocimiento que permita la instalación segura de los sistemas frigoríficos, para que los refrigerantes naturales como el amoníaco aporten soluciones sostenibles en un mundo donde el frío cada día es más necesario.

Prólogo de IIAR

The IIAR is pleased to offer its support of AEFYT's recently published Ammonia Refrigeration Guide as an aid for understanding the history and practical use of ammonia as a refrigerant. The guideline addresses the important aspects of environmental sustainability, safety concerns, and system operations. The phaseout of fluorinated refrigerants and concern for energy efficiency make the use of ammonia and other natural refrigerants ever more important, and this publication will promote its use within traditional and diversified industries where ammonia can be successfully used. IIAR is an association of over 3400 refrigeration professionals dedicated to the safe use of ammonia and other natural refrigerants through the development of standards, guidelines, research, and educational programs. We at IIAR, wish the best to our allied association, AEFYT, and congratulate them in creating such an interesting and informative document. www.iiar.org

El IIAR se complace en ofrecer su apoyo a la Guía de refrigeración con amoníaco recientemente publicada por AEFYT como una ayuda para comprender la historia y el uso práctico del amoníaco como refrigerante. Su generatriz aborda aspectos importantes de la sostenibilidad ambiental, las preocupaciones de seguridad y la operatividad del sistema. La eliminación gradual de los refrigerantes fluorados y la preocupación por la eficiencia energética hacen que el uso de amoníaco y otros refrigerantes naturales sea cada vez más importante. Esta publicación promoverá su uso en industrias tradicionales y diversificadas donde el amoníaco se puede usar con éxito. IIAR es una asociación de más de 3400 profesionales de refrigeración dedicados al uso seguro de amoníaco y otros refrigerantes naturales a través del desarrollo de estándares, pautas, investigación y programas educativos. Desde el IIAR deseamos lo mejor a nuestra asociación aliada, AEFYT, y los felicitamos por crear un documento tan interesante e informativo. www.iiar.org

Prólogo de IOR

The IOR welcomes this publication by AEFYT as helpful and practical guidance on the use of ammonia as a refrigerant. IOR has not conducted a detailed review of the text in Spanish but we appreciate the style of presentation and, we support guidance that helps to improve knowledge, awareness and safety of the use of ammonia. The Institute of Refrigeration is the UK professional association and scientific charity for the promotion of the science and practice of refrigeration for the public benefit and provides technical expertise representing over 2000 individual UK members. www.ior.org.uk

El IOR acoge con satisfacción esta publicación de AEFYT como guía útil y práctica sobre el uso del amoníaco como refrigerante. IOR no ha realizado una revisión detallada del texto en español, pero apreciamos el estilo de presentación y apoyamos la orientación que ayuda a mejorar el conocimiento, la conciencia y la seguridad del uso de amoníaco. El Instituto de Refrigeración es la asociación profesional y científica benéfica del Reino Unido para la promoción de la ciencia y la práctica de la refrigeración para el beneficio público y proporciona experiencia técnica que representa a más de 2000 miembros individuales del Reino Unido. www.ior.org.uk

Prólogo Joan Grolzard, director general del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE)

El amoníaco ha sido históricamente uno de los refrigerantes más eficaces. Como se ha demostrado, cuenta con un alto rendimiento energético, supone un bajo coste de producción y tiene un mínimo impacto medioambiental, algo que cada vez adquiere más importancia en todos los procesos industriales.

Desde que se generalizó su uso como refrigerante a finales del siglo XIX, ha sido utilizado ininterrumpidamente, debido a sus excelentes propiedades. Sin embargo, durante este tiempo, se ha avanzado en normativas y reglamentos en el ámbito de su utilización en equipos de compresión con el objetivo de garantizar la seguridad para las personas y el medio ambiente, minimizando al máximo los riesgos de este compuesto que presenta un relevante nivel de toxicidad.

Tal y como se muestra en esta guía, elaborada por la Asociación de Empresas de Frío y Sus Tecnologías (AEFYT), el amoníaco tiene un importante protagonismo en el ámbito de la refrigeración industrial, comercial y el acondicionamiento de aire.

A lo largo de este manual, se muestran sus principales características, la evolución de su utilización en nuestro país, la normativa aplicada, los distintos sistemas de refrigeración en los que se utiliza este compuesto, así como una exhaustiva explicación de las aplicaciones que tiene en la industria, en el sector terciario y en la climatización.

Desde el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE), centro adscrito al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, valoramos muy positivamente el contenido de esta guía y el esfuerzo asumido por AEFYT por ofrecer este completo análisis que servirá de gran ayuda a todo el sector.

Tradicionalmente, el sector industrial ha sido el mayor consumidor de energía de España. Sin embargo, las medidas de ahorro y eficiencia que comenzaron a ponerse en marcha en los años 70, y que se han generalizado a lo largo de los años, así como la mejora de los procesos industriales a través de las nuevas tecnologías, han hecho que la industria mejore sensiblemente su eficiencia energética. Por tanto, en la actualidad, la industria consume el 31% de la energía, por detrás del transporte que se erige como el sector que concentra el mayor consumo alcanzado un 42% de la energía final en España.

Por tanto, es fundamental continuar favoreciendo la eficiencia energética en todos los procesos industriales y en todos los sectores, bien utilizando compuestos eficientes, como en el caso del amoníaco, o bien a través de la innovación tecnológica para optimizar el rendimiento y mejorar la eficiencia.

INDICE

15	1 ¿POR QUÉ SE HABLA DEL AMONIACO?
19	2 EL AMONIACO COMO REFRIGERANTE
19	2.1 Historia
22	2.2 Seguridad y aspectos medioambientales
25	3 NORMATIVA APLICABLE
29	4 SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN CON AMONIACO
29	4.1 En función del procedimiento de obtención del frío
29	• Sistemas de compresión mecánica
29	• Sistemas de simple etapa
29	• Sistemas de compresión de doble etapa
30	• Sistemas de simple etapa con economizador
30	• Sistemas en cascada
30	4.1.1 Instalaciones de absorción
31	4.2 Por la forma en la que se alimenta de refrigerante el evaporador
31	• Expansión seca
32	• Inundados
34	4.2.1 Distribución de líquido en los evaporadores

35	4.3 Por el método de condensación
35	• Condensador por aire
35	• Condensadores mediante evaporación de agua
36	4.4 Por el sistema de transmisión de frío, directo o indirecto
36	4.4.1 Sistemas directos
36	4.4.2 Sistemas indirectos
36	• Comparación de las condiciones de servicio entre sistemas directos e indirectos

39 5 APLICACIONES DEL AMONIACO COMO REFRIGERANTE EN LA INDUSTRIA

39	5.1 Industria alimentaria
39	• Mataderos frigoríficos
39	• Centrales hortofrutícolas
40	• Industria pesquera en el mar
40	• Industria de la pesca en tierra
40	• Industrias lácteas y centrales lecheras
41	• Fábricas de bebidas
41	• Secaderos para el curado de jamones, embutidos, quesos y pescados
41	• Plantas de liofilización
42	• Elaboración de productos de confitería, pastelería, bollería y repostería

42	• Centros de distribución logística
42	• Otros centros de producción de alimentos
43	5.2 Procesos industriales
43	• Conformación y transformación de plástico
43	• Procesos de enfriamiento por vacío
44	5.3 Otros procesos industriales
44	5.3.1 Industria farmacéutica, química y petroquímica
44	• Industria farmacéutica
44	• Industria Química
44	• Industria Petroquímica
45	• Equipos especiales
45	5.4 Generación de energía eléctrica
45	• Optimización turbinas
45	• Servicios auxiliares
45	5.5 Instalaciones de ocio y deporte
47	6 NUEVAS PERSPECTIVAS DE USO DEL AMONIACO
47	6.1 Aplicación en el sector terciario
47	6.2 Aplicaciones en el sector de la climatización.
49	6.3 Nuevas aplicaciones para la producción de calor (Bomba)

53	7 EFICIENCIA ENERGÉTICA
53	7.1 Coeficiente de eficiencia energética COP
53	7.2 Condensación flotante
53	7.3 Evaporación flotante
56	7.4 Control de velocidad por variadores de frecuencia
56	7.5 Sistemas de control
56	7.6 Instalaciones en cascada
59	8 ASPECTOS ECONÓMICOS
59	8.1 Métodos de cálculo
60	8.2 Ciclo de vida, factores a considerar
62	8.2.1 Ejemplo de cálculo del ciclo de vida
65	9 CONTROL DE FUGAS
65	9.1 Sistemas de detección del NH ₃ en el ambiente
67	9.2 Presencia de NH ₃ en circuitos secundarios
69	10 MEDIDAS DE PREVENCIÓN
71	11 CONCLUSIÓN
73	Bibliografía
75	Enlaces de Interés

1 ¿Por qué se habla del amoniaco?

El interés en las aplicaciones del amoniaco como refrigerante se debe primordialmente a las consecuencias que se han constatado durante el uso de los refrigerantes halocarbonados:

- La destrucción de la capa de ozono debida a CFC y HCFC generó su prohibición a través del Protocolo de Montreal
- El calentamiento atmosférico como consecuencia de la emisión de gases que favorecen el efecto invernadero provocó la necesidad de limitar e incluso prohibir, la utilización de los HFC que se habían introducido como sustitutos de los CFC y HCFC, lo que tuvo lugar mediante la formalización del Protocolo de Kioto.

El 15 de octubre de 2016, las 197 partes del Protocolo de Montreal firmaron la enmienda de Kigali para reducir gradualmente el uso de hidrofluorocarbonos (HFC) en todo el mundo. Esta enmienda reforzaba el objetivo del Acuerdo de París cuya meta es mantener el calentamiento global por debajo de 1,5 °C a 2 °C para el año 2100.

Entre los gases de efecto invernadero, además de los fluorados con elevados niveles de potencial de calentamiento atmosférico (PCA), destaca el Anhidro Carbónico (CO₂), pues si bien tiene un PCA muy bajo se emite en cantidades ingentes debido a que es un efecto secundario del consumo energético. En el gráfico adjunto puede verse la contribución de los gases fluorados y del CO₂ (Figura 1, página siguiente).

Finalmente, la Unión Europea para conseguir esta meta, se propuso los objetivos que se reflejan en la figura 2 (Página siguiente).

Para solucionar la futura carencia de refrigerantes se han planteado y desarrollado dos posibilidades:

- a) Sintetizar nuevos refrigerantes
- b) Usar refrigerantes conocidos y compatibles con la protección del medioambiente

Con la opción a), el proceso puede desembocar en lo desconocido, como se desprende de la experiencia actual:

- Después de una gran expansión los CFC y HCFC se han tenido que prohibir (Protocolo de Montreal)
- Los sustitutos "definitivos" HFC constituyeron el siguiente fracaso.
- Se descubrió que el R123 era cancerígeno cuando ya estaba en el mercado
- Los llamados hidrofluorolefinas (HFO), aunque con un potencial de calentamiento atmosférico (PCA) reducido o incluso nulo, continúan siendo HFC o incluso HCFC como se puede comprobar en el Anexo II del Reglamento (UE) 517/2014.

Finalmente, hay que destacar que, en una evaluación de riesgos realizada para el uso de refrigerante de HFO hasta el año 2100, utilizando las emisiones proyectadas del enfoque MIT-5 (Sección 4), el TFA (Ácido Trifluoroacético CF₃C(O)OH) se ha modelado como el producto de descomposición de algunos HFC y HFO. El TFA es una sustancia registrada en REACH como peligrosa si se inhala y es un preparado con efectos nocivos sobre los organismos acuáticos. No es biodegradable con lo que irá aumentando su concentración por lo que el riesgo para el medioambiente solo puede aumentar en el futuro.

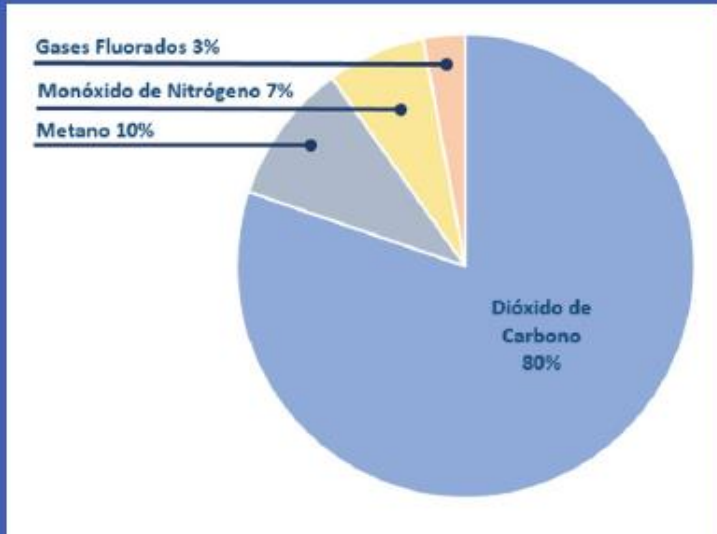


Figura 1. Emisión de Gases de Efecto Invernadero 3n 2018.
Fuente: US Environmental Protection Agency(2020)

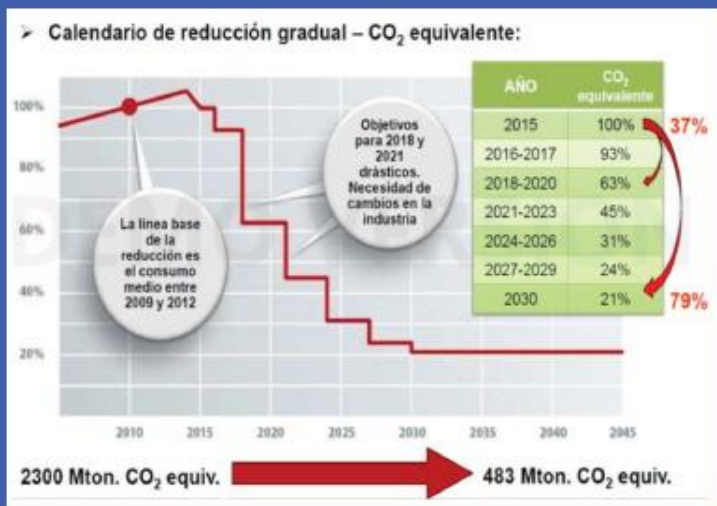


Figura 2. Reducción gradual de HFC.
Fuente: Reglamento F-Gas

La posibilidad b) significa que se elijan fluidos que estén presentes en la naturaleza y por tanto no haya riesgo de que aparezcan efectos secundarios perjudiciales para el entorno. Por esta razón reciben la denominación de "refrigerantes naturales". Como clasificación general, estos refrigerantes son sustancias que existen de forma natural en el medio ambiente, en tanto que los que podríamos denominar "refrigerantes no naturales" o "refrigerantes sintéticos" son productos químicos sintetizados por el hombre a partir de estudios de laboratorio y no se encontraban presentes en el ambiente antes de su obtención.

Puede argüirse que se trata de una falacia, puesto que los llamados "naturales", al fin y al cabo, son también obtenidos artificialmente utilizando procesos industriales. Sin embargo, estas sustancias no contribuyen al agotamiento del ozono, ni al calentamiento global, ni atentan contra la seguridad ecológica, a diferencia de ciertos productos químicos artificiales que permanecen durante años y años sin alteraciones o degradándose a productos nocivos para el entorno. La alta eficiencia de los refrigerantes naturales permite, además, que su contribución indirecta al calentamiento global sea también menor.

Los refrigerantes naturales utilizados en la actualidad son:

- Aire (R-729)
- Agua (R-718)
- Anhídrido carbónico o CO_2 (R-744)
- Amoníaco o NH_3 (R-717)

Hidrocarburos HC: Propano (R-290), propileno (R-1270), butano (R-600), isobutano (R-600a), etano (R-170)

El uso de alguno de estos fluidos puede incluir determinados riesgos, pero estos quedarán controlados mediante una ejecución y mantenimiento apropiados, basados en la extensa experiencia disponible y el cumplimiento de los reglamentos, ordenanzas locales y normas aplicables.

ENLACES DE INTERÉS



Asociación de empresas del frío y sus tecnologías (AEFYT)
www.aefyt.es



International Institute of Ammonia Refrigeration (IAR)
www.iar.org



American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)
www.ashrae.org



INSTITUT INTERNACIONAL DU FROID
INTERNATIONAL INSTITUTE OF REFRIGERATION

International Institute of Refrigeration (IIR)
www.iifir.org



ATMosphere
www.atmosphere.cool



Institute of Refrigeration (IOR)
www.ior.org.uk



Eurammon
www.eurammon.com/



Ammonia21.
www.ammonia21.com/

¿Qué se puede esperar de una guía que promocio-
na el uso del amoniaco, y que ha sido promovida
por profesionales del amoniaco? Algunos podrán
pensar que puede haber una falta de objetividad,
otros que existe un conflicto de intereses que im-
pide el desarrollo de conclusiones imparciales.
Y en nuestra opinión esto es cierto. No podemos
ser objetivos ni imparciales. ¿Entonces? ¿Qué es lo
que hace de esta guía algo especial? La respues-
ta es muy sencilla. Los que promovemos esta guía
hemos trabajado con el amoniaco unos cuantos
decenios, hemos visto como nuestros clientes han
utilizado el amoniaco incluso antes de que noso-
tros fuésemos aprendices de frigoristas, y todos sin
excepción, decimos ¡GRACIAS AMONIACO!

