

Las crisis de los refrigerantes fluorados, motivada por las restricciones de la Unión Europea sobre su comercialización, han inducido un creciente interés por los sistemas indirectos de refrigeración frente a los convencionales sistemas de expansión directa, en cuanto a su aplicación en refrigeración comercial, industrial y aire acondicionado.

Tradicionalmente en los sistemas directos, el propio refrigerante frigorígeno es directamente distribuido a los distintos servicios a enfriar y retornado de nuevo al compresor. En cambio, en los sistemas indirectos se utiliza un fluido caloportador o refrigerante secundario,

normalmente glicol o salmuera, para el transporte y distribución de frío a los distintos servicios.

Los sistemas indirectos permiten reducir la carga de refrigerante primario entorno al 5 - 15% de la carga de un sistema directo, utilizando diseños compactos completamente ensamblados y ensayados en fábrica, y reduciendo así significativamente el riesgo de fugas. La ubicación de estos equipos al aire libre o en sala de máquinas permite además la utilización de refrigerantes inflamables de forma segura.

USO DE LOS SISTEMAS INDIRECTOS DE REFRIGERACIÓN

# USO DE LOS SISTEMAS INDIRECTOS DE REFRIGERACIÓN

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



LAS GUÍAS DE AEFYT



## TÍTULO DE LA PUBLICACIÓN

“Guía para el uso de los sistemas indirectos de refrigeración en el ámbito de la refrigeración industrial, comercial y el acondicionamiento de aire”

Publicado por primera vez en 2023.

## AUTORES

Javier Cano,  
*Ingeniero. INTARCON*

Enrique Galán,  
*Ingeniero. BELIMO*

José Pedro García,  
*Bioquímico. CHEMOURS SPAIN*

Ricard Giménez,  
*Ingeniero Consultor. Asesor de AEFYT*

Maurizio Giuliani,  
*Ingeniero consultor experto en refrigeración*

Manuel Lamúa,  
*Ingeniero. AEFYT*

Jose Luis Lazaro,  
*Ingeniero. ABR INGENIEROS*

Federico Martínez,  
*Ingeniero. HTF IBERIAN PARTNERS*

Juan Carlos Rodríguez,  
*Ingeniero. CLAUGER REFRIGERACIÓN IBERIA*

Pablo Rodríguez,  
*Ingeniero. KIDE S.COOP.*

Félix Sanz.  
*Ingeniero. AEFYT*

## DISEÑO Y MAQUETACIÓN

Sara Gurrea

ISBN: 978-84-09-53015-1

Deposito legal M-29681-2023

Editorial: Asociación de Empresas de Frío y sus Tecnologías (AEFYT)

## REDACCIÓN

Félix Sanz, ingeniero de AEFYT

Cualquier reproducción, parcial o total de la presente publicación, debe contar con la aprobación por escrito de AEFYT.

AEFYT no acepta ninguna responsabilidad por posibles errores en sus guías o cualquier material impreso, reservándose el derecho de alterar los documentos sin previo aviso.

## Prólogo de AEFYT

En AEFYT se potencia la difusión de todos los campos y conceptos de refrigeración. Por ello tras el desarrollo de varias guías técnico comerciales para fomentar el uso de distintos refrigerantes como el amoniaco, los refrigerantes A2L de bajo potencial de calentamiento atmosférico, el anhídrido carbónico, y mientras espera la guía para refrigerantes inflamables A3, se consideró que realizar una guía sobre sistemas indirectos era interesante. Esta guía es un complemento a todas ellas, ya que es una tecnología que puede aplicarse a cualquier sistema frigorífico con cualquier tipo de los refrigerantes citados.

Además de la colaboración de distintas empresas del sector, para elaborar un documento consensuado entre todos los participantes con reuniones de trabajo periódicas con participación de expertos del sector, se ha contado con el material base del curso desarrollado por AEFYT de "Sistemas indirectos y equilibrado hidráulico en refrigeración" con la colaboración de los profesores del mismo.

Las restricciones de la Unión Europea sobre la comercialización de los refrigerantes fluorados, han inducido un creciente interés por los sistemas indirectos de refrigeración frente a los convencionales sistemas de expansión directa, en cuanto a su aplicación en refrigeración comercial, industrial y aire acondicionado.

Los sistemas indirectos permiten reducir la carga de refrigerante primario entorno al 5 - 15% de la carga de un sistema directo, utilizando diseños compactos completamente ensamblados y ensayados en fábrica, y reduciendo así significativamente el riesgo de fugas. La ubicación de estos equipos al aire libre o en sala de máquinas permite la utilización de refrigerantes con cierta toxicidad e inflamabilidad de forma segura.

Con esta guía queremos aportar nuestro granito de arena facilitando la transmisión de conocimiento que permita la instalación segura de los sistemas frigoríficos, aportando 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 "Uso de los sistemas indirectos de refrigeración en el ámbito de la refrigeración industrial, comercial y el acondicionamiento de aire" as an aid for understanding the history and practical use of indirect systems in refrigeration. 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 indirect systems using other natural refrigerants as primary circuit ever more important, and this publication will promote its use within traditional and diversified industries where indirect systems can be successfully used. IIAR is an association of over 3400 refrigeration professionals dedicated to the safe use of 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](http://www.iiar.org)

El IIAR se complace en ofrecer su apoyo a la Guía sobre el "Uso de los sistemas indirectos de refrigeración en el ámbito de la refrigeración industrial, comercial y el acondicionamiento de aire" recientemente publicada por AEFYT, como una ayuda para comprender la historia y el uso práctico de los sistemas indirectos de refrigeración. 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 los sistemas indirectos utilizando otros refrigerantes naturales como primarios, sea cada vez más importante. Esta publicación promoverá su uso en industrias tradicionales y diversificadas donde los sistemas indirectos se puede usar con éxito. IIAR es una asociación de más de 3400 profesionales de refrigeración dedicados al uso seguro de 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](http://www.iiar.org)



## Prólogo de IOR

*The IOR welcomes this publication by AEFYT as helpful and practical guidance on the use of indirect systems. 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 indirect cooling systems. 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](http://www.ior.org.uk)

El IOR acoge con satisfacción esta publicación de AEFYT como guía útil y práctica sobre el uso de sistemas indirectos. 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 los sistemas indirectos de refrigeración. 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](http://www.ior.org.uk)

# INDICE

## 17 Introducción

## 23 Capítulo 1. Sistemas indirectos de refrigeración

### 23 1.1 Caracterización de los sistemas indirectos

23 Sistema indirecto cerrado

23 Sistema indirecto ventilado

24 Sistema indirecto cerrado ventilado

24 Sistema doble indirecto

24 Sistema indirecto de alta presión

25 Producción centralizada y distribuida. Lazos de frío y lazos de condensación

### 27 1.2 Ventajas y limitaciones de los sistemas indirectos

## 35 Capítulo 2. Normativa aplicable

36 2.1 Reglamento de Seguridad para Instalaciones Frigoríficas RD 552/2019

37 2.2 Reglamento de Ecodiseño

38 2.3 Cálculo del rendimiento estacional (SEPR)

## 41 Capítulo 3. Fluidos Frigoríferos o Refrigerantes secundarios

### 41 3.1 Propiedades termodinámicas

42 *Punto de congelación*

44 *Densidad e índice de refracción*

44 *Dilatación térmica*

44 *Potencia frigorífica*

45 *Otras propiedades termodinámicas. Variación con la temperatura*

### 46 3.2 Soluciones acuosas

47 *Glicoles*

48	<i>Agua amoniacal</i>
49	<i>Salmueras inorgánicas</i>
49	<i>Alcoholes</i>
49	<i>Salmueras orgánicas</i>
52	<b>3.3 Hielo líquido</b>
53	<b>3.4 Aceites térmicos</b>
53	<b>3.5 Fluidos con cambio de fase (PCM)</b>
55	<b>3.6 Comparación de características entre varios fluidos secundarios</b>

## **61 Capítulo 4. Circuitos Indirectos en Refrigeración. Diseño de Circuitos Secundarios**

64	<b>4.1 Sistemas de Lazo de Agua o Condensación Indirecta</b>
66	<b>4.2 Sistemas indirectos con CO<sub>2</sub></b>
68	<b>4.3 Sistemas indirectos con acumulación de frío</b>

## **75 Capítulo 5. Componentes de circuitos secundarios**

75	<b>5.1 Intercambiadores de calor</b>
82	5.1.1 Curva característica de un intercambiador de calor
82	5.1.2 Aeroenfriador adiabático
83	5.1.3 Desescarche de aeroenfriadores
84	5.1.4 Dispositivos de medición de energía
85	<i>Medición de la energía térmica</i>
86	<i>El desafío de la medición del glicol</i>
88	<b>5.2 Tuberías</b>
88	5.2.1 Tuberías metálicas
88	<i>Tipos de tuberías de metal</i>
90	5.2.2 Tuberías plásticas
91	<i>Tipos de tuberías plásticas</i>
94	5.2.3 Aislamiento de tuberías
96	<i>Pérdidas térmicas y Condensaciones superficiales</i>
96	5.2.4 Soporte de tuberías

100	5.2. 5 Dilatación y contracción de tuberías
102	<b>5.3 Bombas hidráulicas</b>
102	5.3.1 Bombas hidráulicas
107	5.3.2 Curva característica de una bomba
109	5.3.3 Curva característica del circuito de la instalación
112	5.3.4 Punto de funcionamiento de la instalación
114	5.3.5 Regulación del punto de funcionamiento de la instalación
117	5.3.6 Selección de la bomba
118	5.3.7 Cavitación

## 125 Capítulo 6. Depósitos

125	<b>6.1 Vasos de Expansión</b>
125	6.1.1 Vasos de expansión abiertos y cerrados
128	Ubicación del vaso de expansión
128	Compensadores hidráulicos y depósitos de inercia
130	Caudal del circuito secundario superior al caudal del circuito primario
130	Dimensionado del compensador hidráulico

## 135 Capítulo 7. Control y equilibrado hidráulico de sistemas indirectos

135	<b>7.1 Regulación y control. Criterios de control de sistemas hidráulicos indirectos</b>
138	7.1.1 Sistemas a caudal constante
139	7.1.2 Sistemas de caudal variable
140	Caudal Primario variable
141	Primario constante - Secundario variable (Primario por etapas)
141	Primario constante - Secundario variable (Primario Secundario)
141	Primario y secundario constante (sistema de caudal constante)
142	Sistemas de refrigeración urbana (district cooling)
142	<b>7.2 Equilibrio hidráulico</b>
144	<b>7.3 Válvulas</b>
145	7.3.1 Curva característica de la válvula de control
146	7.3.2 Autoridad de la válvula de control vs Característica de control. Modificación de la curva característica



148	7.3.3 Tipos de válvulas de control hidráulico
150	7.3.4 Válvulas de dos y tres vías
151	7.3.5 Actuadores de válvulas
152	7.4 Válvulas combinadas. V. Control Equilibradas e Independientes de la Presión (PIBCV)
157	7.5 Puesta en marcha y optimización del bombeo con válvulas PIBCV
158	7.6 Potenciales ahorros energéticos

## 167 Capítulo 8. Contaminantes en sistemas secundarios

170	Válvula rompe vacío
-----	---------------------

## 173 Capítulo 9. Plantas enfriadoras

## 177 Capítulo 10. Seguridad, instalación y puesta en marcha

177	<i>Controles del sistema</i>
177	<i>Pruebas de presión</i>
178	<i>Seguridades</i>
178	<i>Válvula de seguridad</i>
179	<i>Anomalías de funcionamiento</i>
179	<i>Mantenimiento</i>
180	<i>Rellenado</i>

## 185 Capítulo 11. Aplicaciones de los sistemas indirectos en la industria

185	<b>11.1 Industria alimentaria</b>
185	<i>Mataderos frigoríficos</i>
186	<i>Centrales hortofrutícolas</i>
186	<i>Industria pesquera en el mar</i>
187	<i>Industria de la pesca en tierra</i>
188	<i>Industrias lácteas y centrales lecheras</i>
188	<i>Fábricas de bebidas</i>
189	<i>Secaderos para el curado de jamones, embutidos, quesos y pescados</i>
189	<i>Elaboración de productos de confitería, pastelería, bollería y repostería</i>
190	<i>Centros de distribución logística</i>

190	<i>Otros centros de producción de alimentos</i>
<b>190</b>	<b>11.2 Procesos industriales</b>
190	<i>Conformación y transformación de plástico</i>
<b>191</b>	<b>11.3 Otros procesos industriales</b>
191	<i>Industria farmacéutica</i>
191	<i>Industria Química</i>
192	<i>Industria Petroquímica</i>
192	<i>Equipos especiales</i>
<b>192</b>	<b>11.4 Congelación del suelo</b>
<b>194</b>	<b>11.5 Instalaciones de ocio y deporte</b>
<b>194</b>	<b>11.6 Aplicación en el sector terciario</b>
<b>195</b>	<b>11.7 Aplicaciones en el sector de la climatización</b>

<b>199</b>	<b>Conclusión</b>
------------	-------------------

<b>201</b>	<b>Bibliografía y referencias</b>
------------	-----------------------------------

<b>205</b>	<b>Enlaces de interés</b>
------------	---------------------------

# Introducción

Las crisis de los refrigerantes fluorados, motivada por las restricciones de la Unión Europea sobre su comercialización, han inducido un creciente interés por los sistemas indirectos de refrigeración frente a los convencionales sistemas de expansión directa, en cuanto a su aplicación en refrigeración comercial e industrial.

Tradicionalmente en los sistemas directos, el propio refrigerante frigorígeno es directamente distribuido a los distintos servicios a enfriar y re-

tornado de nuevo al compresor. En cambio, en los sistemas indirectos se utiliza un fluido caloportador o refrigerante secundario, normalmente glicol o salmuera, para el transporte y distribución de frío a los distintos servicios.

Los fluidos secundarios o frigoríferos (refrigerantes secundarios, salmueras, soluciones acuosas, etc.) son utilizados en sistemas frigoríficos indirectos para transportar frío desde el evaporador a los servicios, o calor desde el condensador a un

## SISTEMA DIRECTO

El gas refrigerante comprimido y condensado, sale de la zona de las salas de máquinas y se distribuye a las unidades remotas (Evaporadores).



## SISTEMA INDIRECTO

El gas refrigerante se confina en la zona de generación del frío y allí se transfiere la potencia frigorífica, mediante intercambiador de calor, a un fluido intermedio.



Fig. 1 Esquemas indicativos de sistemas directos vs indirectos

elemento de disipación externo, con el objeto de independizar el sistema de producción de frío o calor del sistema a enfriar o calentar. Se genera de esta forma un sistema de transporte de energía térmica. La figura 2 esquematiza un sistema indirecto en evaporación y en condensación, a la vez que indica los perfiles de temperatura de los fluidos secundarios a la largo del circuito.

Los sistemas indirectos permiten reducir la carga de refrigerante primario entorno al 5 - 15% de la carga de un sistema directo, utilizando diseños compactos completamente ensamblados y ensayados en fábrica, y reduciendo así significativamente el riesgo de fugas. La ubicación de estos equipos al aire libre o en sala de máquinas permite además la utilización de refrigerantes

inflamables de forma segura, erradicando por completo el empleo de gases fluorados.

Los sistemas indirectos presentan un mayor coste inicial por los intercambiadores y grupos de bombeo adicionales e implican un consumo energético extra para el transporte del refrigerante secundario. Las últimas tecnologías de bombas con variación de frecuencia junto con los sistemas de control para caudal variable han logrado salvar en cierta medida el anterior inconveniente.

Estos sistemas pueden contener hasta tres circuitos cerrados. El circuito primario es el encargado de generar calor o frío por medio de un sistema de compresión de vapor de forma que

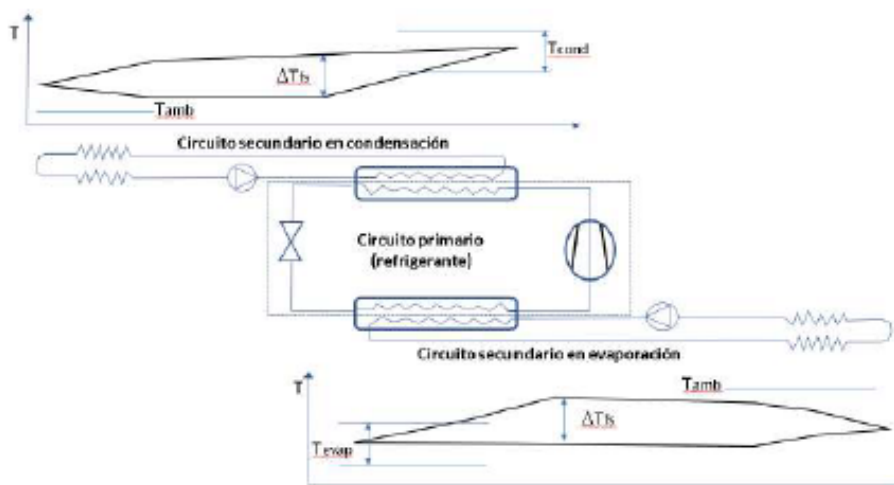


Fig. 2 Esquema de un sistema indirecto y perfiles de temperatura

transporta el frío robado en el evaporador a un primer circuito secundario llevándolo a la zona del condensador o a la zona transcítica en contacto con un segundo circuito secundario. Este circuito primario es el generador de frío/calor, y suelen ser enfriadores de líquidos (enfriadoras de agua) en sus distintas variantes líquido-líquido, líquido-aire, aire-líquido. El primer circuito secundario que aporta calor al evaporador del primario es el circuito que transporta el frío a la zona a enfriar en la aplicación. Esta zona puede contener alimentos, zonas de confort o cualquier tipo de área con necesidad de refrigeración. El segundo circuito secundario, transporta el calor del condensador o enfriador transcítico a un sumidero donde se disipa al exterior, normalmente aire del ambiente, pero también puede ser a un medio diferente (mar, lago, río, etc.).

Se encontrarán casos donde algún circuito secundario no exista. En estos casos el conjunto se simplifica ya que solo existirán los sistemas de generación de frío/calor y un sistema de transporte con una bomba.

Esta guía ha sido posible gracias al patrocinio de

