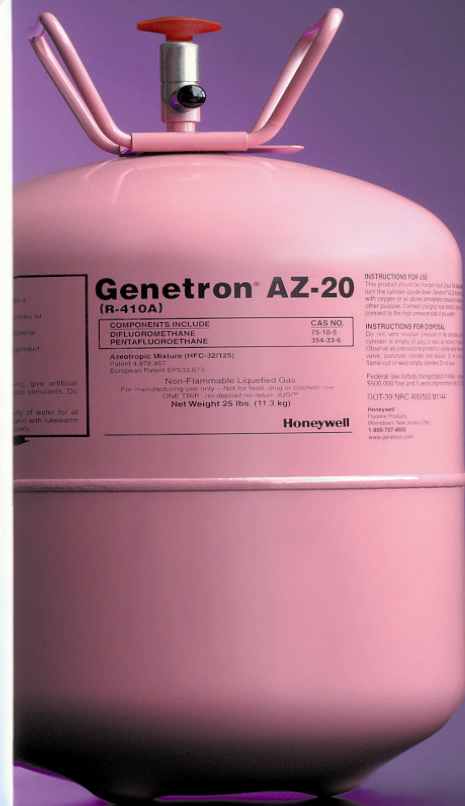
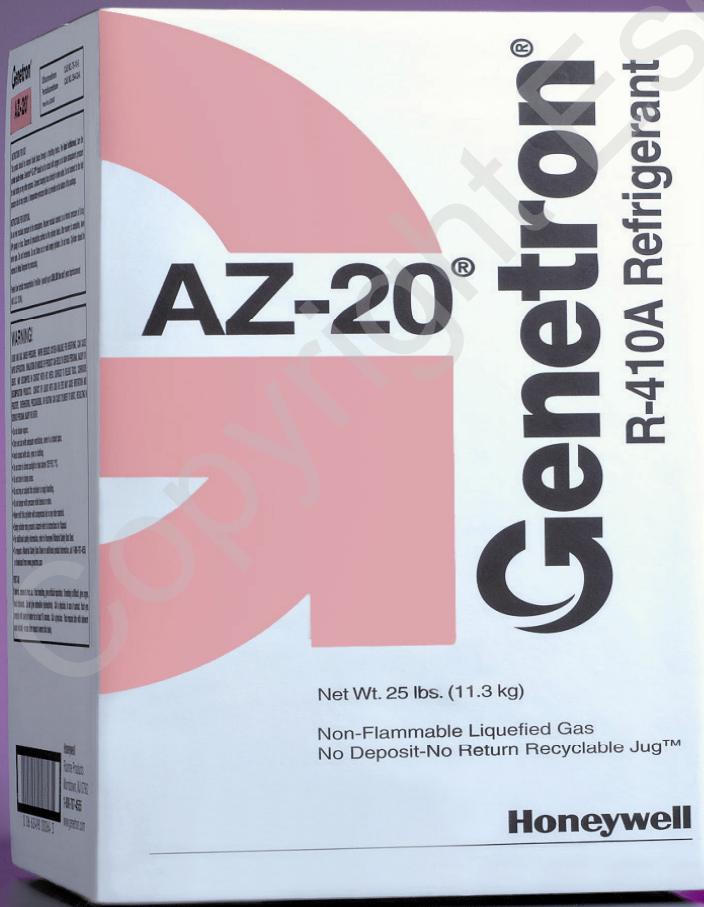




# Seguridad y capacitación universales del R-410A



**Derechos de autor © 2002**

**Delta-T**

Todos los derechos reservados. Excepto según lo permita la Ley de derechos de autor de los Estados Unidos de 1976, ninguna parte de esta publicación se puede reproducir o distribuir De ninguna forma o por ningún medio, ni almacenar en una base de datos o sistema de recuperación, sin la previa autorización por escrito del editor, **ESCO Press**.

**ISBN 1-930044-12-7**

Este libro se escribió como una guía general. Los autores y el editor no tienen obligación alguna ni pueden ser responsables por ninguna persona o entidad, por ningún mal entendido, mal uso o aplicación incorrecta que ocasionaría la pérdida o daño de cualquier tipo, incluyendo la pérdida de derechos, material o lesiones personales, que se afirme que han sido ocasionadas directa o indirectamente por la información que contiene este libro.

Foto de la portada proporcionada por **Honeywell International**.

Esta imagen no se puede reproducir sin la autorización por escrito de Honeywell. Genetron® y AZ-20® son marcas comerciales registradas de Honeywell. Honeywell no ha revisado el material incluido aquí y no asume ninguna obligación o responsabilidad por su uso.

Impreso en los Estados Unidos de América

7 6 5 4 3 2 1

# Índice

## Secciones

### I R-410A y discontinuación del R-22

Historial	1
Programa de discontinuación del HCFC	2
Regulación y cambio	4
El futuro	5
Seguridad y R-410A	5

### II Fundamentos de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado

Objetivos	7
Sistema de refrigeración por compresión de vapor	7
Presión de condensación	7
Presión de evaporación	9
Estados y condiciones del refrigerante	9
Saturación	9
Presión de vapor	10
Sobrecalentamiento	10
Subenfriamiento	12
Componentes básicos del sistema de refrigeración	
<i>Compresor</i>	12
Relaciones de compresión	14
Consideraciones del R-410A	14
<i>Línea de descarga</i>	15
<i>Condensador</i>	15
Consideraciones del R-410A	17
<i>Receptor</i>	17
<i>Filtro/secadores</i>	18
Consideraciones del R-410A	18
<i>Línea de líquido</i>	19
Consideraciones del R-410A	19
<i>Dispositivo de medición</i>	19
Consideraciones del R-410A	20
<i>Evaporador</i>	20
Consideraciones del R-410A	20
<i>Línea de succión</i>	20
Consideraciones del R-410A	22

### III Química y aplicaciones del refrigerante

<b>Objetivos</b>	23
<b>CFC, HCFC y HFC</b>	23
<i>Clorofluorocarbonos (CFC)</i>	24
<i>Hidroclorofluorocarbonos (HCFC)</i>	25
<i>Hidrofluorocarbonos (HFC)</i>	25
<b>Mezclas</b>	25
<b>Fraccionamiento de la mezcla</b>	26
<b>Variación de temperatura de la mezcla</b>	26
<b>Métodos de cálculo del sobrecalentamiento y subenfriamiento para las mezclas casi azeotrópicas</b>	27
<b>Subenfriamiento y sobrecalentamiento con variación de temperatura</b>	28
<b>Cálculo de sobrecalentamiento del evaporador</b>	29
<b>Cálculos del subenfriamiento del condensador</b>	29
<b>Lubricantes de mezcla</b>	31
<b>Candidatos para el reemplazo del HCFC-22</b>	31
<b>R-410A</b>	31
<i>Presiones de funcionamiento típicas</i>	32
<i>Variación de temperatura y fraccionamiento</i>	32
<i>Tabla de presión/temperatura</i>	33
<b>R-407C</b>	34
<i>Variación de temperatura y fraccionamiento</i>	34
<b>Herramientas de mantenimiento básicas</b>	36
<b>Manifold medidor</b>	36
<b>Consideraciones del R-410A</b>	36
<b>Medidor de micrones</b>	36
<b>Bombas de vacío</b>	36
<b>Consideraciones del R-410A</b>	37
<b>Detectores de fuga</b>	37
<b>Consideraciones del R-410A</b>	37
<b>Sistemas de recuperación del refrigerante</b>	38
<b>Recuperación pasiva (dependiente del sistema)</b>	38
<b>Recuperación activa (autocontenida)</b>	39
<b>Consideraciones del R-410A</b>	39
<b>Carga del refrigerante</b>	40
<b>Insuficiencia de carga</b>	40
<b>Sobrecarga</b>	40
<b>Carga del sistema de R-410A</b>	41
<b>Carga para el subenfriamiento adecuado de R-410A</b>	42
<b>Carga para el sobrecalentamiento adecuado de R-410A</b>	44
<b>Precauciones</b>	44
<b>Carga del sistema de R-407C</b>	45
<b>Fugas del refrigerante R-407C y detectores de fugas</b>	45

## **IV Aceites refrigerantes y sus aplicaciones**

<b>Objetivos</b>	<b>47</b>
<b>Grupos de aceites</b>	<b>48</b>
<b>Aceites sintéticos</b>	<b>48</b>
<b>Alquibenceno</b>	<b>48</b>
<b>Glicoles</b>	<b>49</b>
<b>Esteres</b>	<b>49</b>
<b>Aceite de desecho</b>	<b>49</b>
<b>Lubricantes para <i>HFC R-410A, R-407C y R-134a</i></b>	<b>50</b>
<b>Ventajas de los lubricantes POE comparadas con los aceites minerales</b>	<b>50</b>
<b>Consideraciones especiales con los lubricantes de poliolester (POE)</b>	<b>51</b>

## **V Seguridad**

<b>Objetivos</b>	<b>53</b>
<b>Protección de seguridad personal</b>	<b>53</b>
<b>Seguridad eléctrica</b>	<b>54</b>
<b>Manejo seguro del refrigerante</b>	<b>56</b>
<b>Cilindros de almacenamiento</b>	<b>56</b>
<b>Envío</b>	<b>57</b>
<b>Norma 34 de ASHRAE</b>	<b>58</b>
<b>Seguridad del cuarto del equipo/lugar de trabajo</b>	<b>58</b>
<i>Monitores</i>	<b>59</b>
<i>Alarmas</i>	<b>59</b>
<i>Ventilación</i>	<b>59</b>
<i>Ventilación de purga</i>	<b>59</b>
<i>Aparato de respiración</i>	<b>59</b>
<b>Generalidades de seguridad</b>	<b>59</b>
<b>Consideraciones del R-410a</b>	<b>60</b>
<b>Hoja de datos de seguridad de materiales</b>	<b>61</b>
<b>Generalidades de las MSDS</b>	<b>61</b>
<i>Toxicidad</i>	<b>61</b>
<i>Inflamabilidad</i>	<b>61</b>
<i>Combustibilidad</i>	<b>61</b>
<i>Ingestión</i>	<b>61</b>
<i>Contacto con la piel u ojos</i>	<b>61</b>
<i>Inhalación</i>	<b>62</b>
<i>Descomposición del refrigerante</i>	<b>62</b>
<b>Consideraciones ambientales</b>	<b>62</b>
<b>Hoja de datos de seguridad de materiales de R-410A (Honeywell)</b>	<b>63</b>
<b>Hoja de datos de seguridad de materiales de R-407C (Honeywell)</b>	<b>71</b>

## **VI Apéndice I**

<b>Historia de los refrigerantes</b>	<b>81</b>
--------------------------------------	-----------

## **VII Apéndice II**

<b>Glosario</b>	<b>85</b>
-----------------	-----------



## **Seguridad universal del R-410A**

### **Prefacio**

Este manual de certificación se escribió para ayudar a la capacitación y certificación de los técnicos de HVACR en la seguridad, el manejo y la aplicación adecuados del refrigerante R-410A. Dos miembros actuales y un miembro emérito de la facultad del Departamento de HVACR de la Universidad Ferris State escribieron el manual.

El programa se escribió con la convicción de que la solución para la transición de lograr refrigerantes y aceites ambientalmente más seguros, al mismo tiempo que mantiene al público y a los técnicos protegidos contra daños, es la educación y capacitación. Este programa de valor agregado contiene aplicaciones prácticas acerca de la tecnología para el sistema de refrigeración y aire acondicionado, fundamentos de refrigerantes y aceites y las características del R-410A, un refrigerante que merece una consideración de seguridad.

Este proyecto se realizó con la colaboración de varios fabricantes y asociaciones, los cuales en su mayoría se mencionan con reconocimientos en este manual. Su ayuda hizo que las soluciones y partes de seguridad de este manual fuesen posibles. Al momento de su impresión, la información sobre los refrigerantes y aceites era toda la tecnología actual.

## ***Reconocimientos bibliográficos***

---

Deseamos agradecer a las siguientes organizaciones, cuyo material utilizado en la investigación hizo posible este proyecto.

Air Conditioning Contractors of America (ACCA)  
Air Conditioning and Refrigeration Institute (ARI)  
Amana  
The Air Conditioning, Heating and Refrigeration News  
American Society of Heating, Refrigeration & Air Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE)  
Blissfield Manufacturing Company  
Bohn Heat Transfer Company  
BVA Oils  
Carlyle  
Carrier  
Castrol  
Chevron  
Copeland  
Danfoss, Inc.  
The Delfield Company  
Departamento de Transporte  
DuPont Chemicals  
Environmental Protection Agency (EPA)  
ESCO Institute (Educational Standards Corp)  
Frigidaire Company  
General Motors  
Goodman Manufacturing  
Honeywell  
HVAC Excellence  
Industrial Technology Excellence (ITE)  
Johnson Controls  
Lennox  
Merit Mechanical Systems, Inc.  
Mobil  
National Refrigerants  
Newsweek  
Plumbing Heating and Cooling Contractors (PHCC)  
Refrigeration Research, Inc.  
Refrigeration Service Engineers Society (RSES)  
Rheem  
Rhuud  
Ritchie Engineering  
Robinair (SPX)  
Scientific American  
Tecumseh Corporation  
Thermal Engineering Company  
TIF Corporation (SPX)  
Time  
Trane  
York





La Coalición de seguridad de AC&R desarrolla y establece las prácticas del trabajo seguro y paradigmas para el personal de Calefacción, Ventilación, Aire Acondicionado y Refrigeración. Esto se logra a través de los programas de educación, capacitación y certificación que tratan las necesidades de seguridad de nuestra industria.

### Miembros fundadores:



Refrigeration Service Engineers Society



# *R-410A y discontinuación del R-22*

# 1

## **Historial:**

Es ampliamente aceptado que los refrigerantes a base de cloro contribuyen con la reducción del ozono estratosférico de la tierra. En años recientes, la industria del aire acondicionado y refrigeración ha apoyado los esfuerzos globales para hacer una transición al uso de refrigerantes más seguros que no contengan cloro. En los países en desarrollo del mundo, el refrigerante CFC-12 (R-12), que se utilizó ampliamente desde 1930, ahora está discontinuado y se reemplazó por los refrigerantes que no reducen el ozono. Los HCFC (incluyendo el R-22) que se han utilizado ampliamente en las aplicaciones para aire acondicionado y refrigeración desde 1940, también están discontinuados. Los cambios tecnológicos que continúan evolucionando con los refrigerantes, el diseño del compresor, los aceites de refrigeración altamente refinados y la eficiencia mejorada, son verdaderamente revolucionarios. Los retos que enfrenta la industria de refrigeración y aire acondicionado continúan apareciendo mientras que proporcionados enfriamiento, comodidad y preservación de alimentos industriales y la “calidad de vida” necesaria para nuestra sociedad. Este manual trata uno de estos retos; la transición del R-22 al R-410A.

Con base en la teoría de Molina-Rowland de 1974, de que el cloro y el bromo eran los responsables de la reducción de la capa de ozono de la tierra que nos protege contra la radiación ultravioleta, se han tomado varias acciones globales para revertir este problema ambiental. Veamos algunos de estas acciones significativas:

- ◆ En 1978 EE.UU. prohíbe todos los aerosoles no esenciales que contienen cloro o bromo.
- ◆ En 1978 empiezan a surgir las preocupaciones por el calentamiento global.
- ◆ En 1987, EE.UU. y otros 22 países firman el Protocolo de Montreal original que establece cronogramas y programas de discontinuación para los CFC y HCFC.
- ◆ En 1990, la Ley del aire limpio (CAA, por sus siglas en inglés) se firmó en EE.UU. para el uso de refrigerantes, reducciones de producción, reciclaje y reducción de emisiones y la discontinuación eventual de los CFC y HCFC.
- ◆ En 1992, se establece como ilegal liberar los CFC y HCFC en la atmósfera.
- ◆ En 1994, se requiere una certificación técnica para comprar y utilizar los CFC y HCFC.
- ◆ En 1995, se estableció como ilegal liberar refrigerantes alternativos (sustitutos) tales como los HFC en la atmósfera.
- ◆ En 1996, se discontinuó la producción de refrigerantes de CFC en EE.UU.
- ◆ En 1996, se redujeron los niveles de producción de HCFC.
- ◆ En 1997, se estableció el Protocolo de Kyoto en respuesta a las inquietudes por el calentamiento global.
- ◆ En 2010, se discontinuó el uso de HCFC-22 (R-22) para el equipo nuevo.
- ◆ En 2020, se discontinuará la producción del HCFC-22.

## 2 R-410A y discontinuación del R-22

---

### Programa de discontinuación del HCFC

Las siguientes declaraciones en itálica están resumidas y se volvieron a imprimir del sitio Web de EPA de EE.UU.

*Todos los países desarrollados que son Miembros del Protocolo de Montreal están sujetos a un límite de su consumo de hidroc fluorocarbonos (HCFC).*

*El consumo está calculado por la siguiente fórmula:*

***consumo = producción más importaciones menos exportaciones.***

*El límite se establece en el 2.8% del consumo de cloro fluorocarbonos de ese país desde 1989 + 100% del consumo de HCFC de ese país desde 1989. (Las cantidades de químicos medidas bajo el límite son ponderadas por ODP, lo que significa que cada contribución relativa del químico a la reducción del ozono se toma en cuenta.)*

*Bajo el Protocolo de Montreal, EE.UU. y otros países desarrollados están obligados a alcanzar cierto porcentaje de progreso hacia la discontinuación total de los HCFC, en determinadas fechas. Estas naciones utilizan el límite como una referencia para medir su progreso hacia el cumplimiento de estas metas de porcentaje.*

*La siguiente tabla muestra el programa de EE.UU. para la discontinuación del uso de HCFC según los términos del Protocolo. La Agencia pretende cumplir los límites establecidos bajo el Protocolo al acelerar la discontinuación de HCFC-141b, HCFC-142b y HCFC-22. Estos son los HCFC más dañinos. Al eliminar estos químicos en las fechas especificadas, la Agencia considera que cumplirá con los requisitos establecidos por los Miembros del Protocolo. La tercera y cuarta columnas de la tabla muestran cómo los Estados Unidos cumplirá con las obligaciones internacionales descritas en las primeras dos columnas.*

Debido a que los niveles de producción se basan en los límites, los niveles de producción en aumento de los HCFC han activado una discontinuación acelerada de algunos HCFC por parte de los fabricantes del nuevo equipo de aire acondicionado, antes del programa de discontinuación establecido.

TABLA DE DESCONTINUACIÓN			
Protocolo de Montreal		Estados Unidos	
Año en el cual los países desarrollados deben alcanzar % de reducción en el consumo	% de reducción en el consumo usando el límite como una referencia	Año a implementarse	Implementación de la discontinuación del HCFC por medio de los reglamentos de la Ley de aire limpio
2004	35.0%	2003	No más producción ni importación del HCFC-141b
2010	65%	2010	No más producción ni importación del HCFC-142b y HCFC-22, excepto para el uso en equipo fabricado antes del 1/1/2010 (así que no más producción ni importación del equipo NUEVO que utiliza estos refrigerantes)
2015	90%	2015	No más producción ni importación de cualquier HCFC, excepto para el uso de refrigerantes en el equipo fabricado antes del 1/1/2020
2020	99.5%	2020	No más producción ni importación del HCFC-142b y HCFC-22
2030	100%	2030	No más producción ni importación de cualquier HCFC

Debido a la presión ambiental y competitiva, los HCFC se están discontinuando. En respuesta a esto, varios fabricantes están creando equipo de aire acondicionado por medio de R-410A a base de HFC. Es importante que los contratistas y técnicos comprendan la seguridad, el manejo seguro, la carga adecuada, las características de funcionamiento y las aplicaciones adecuadas de esta mezcla de refrigerante.

A medida que nos acercamos a la siguiente etapa y cumplimos con estas cláusulas y reglamentos globales y nacionales que solicitan la eliminación de todas las sustancias que reducen el ozono, debemos prepararnos a nosotros mismos.

### **Regulación y cambio:**

Las presiones públicas que surgieron en el Protocolo de Montreal y los reglamentos impuestos por la CAA han dado como resultado, la transición de nuestra industria a los refrigerantes más seguros. Otros múltiples factores tales como el calentamiento global, la utilización de energía, los desarrollos en el diseño del compresor y aceites para refrigeración también continúan generando cambios.

El calentamiento global es un reto que probablemente reciba una mayor atención a medida que nuestra industria cambia al uso de refrigerantes más nuevos y equipo más eficiente. El Protocolo de Kyoto que se estableció en 1997 solicita la reducción de los gases de efecto invernadero en un promedio de 5.23% a partir de los niveles de 1990 en los países en desarrollo. Mientras que solo algunas naciones han ratificado el Protocolo de Kyoto, muchos países están reaccionando fuertemente y nuestra industria puede ser desafiada a buscar refrigerantes alternativos que reduzcan el calentamiento global. Las medidas del calentamiento global tales como el Impacto total del calentamiento equivalente (TEWI, por sus siglas en inglés) toman en consideración los efectos directos e indirectos del calentamiento global y pueden representar una mayor parte en la selección de nuevos refrigerantes y en el desempeño del sistema.

El desarrollo del compresor de espiral y la rápida adopción del compresor alternativo han abierto la puerta a los nuevos refrigerantes y han facilitado más el reto para nuestra industria. El compresor de espiral no solo es más eficiente, sino también puede soportar presiones considerablemente más altas que son inherentes al R-410A.

Algunos años atrás, el Departamento de Energía de EE.UU. solicitó que las eficiencias del aire acondicionado aumentaran de 10 SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) (Índice de eficiencia de energía estacional) a 13 SEER o más.

Se debe tomar en cuenta el impacto directo e indirecto del R-410A en el calentamiento global. El impacto directo del R-410A es el que tiene un potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés) ligeramente mayor que el R-22. El impacto indirecto del R-410A ocurre debido a la mayor eficiencia, los sistemas del R-410A utilizan menos energía, con lo cual se reducen las emisiones de dióxido de carbono de las plantas eléctricas. El TEWI debe ser menor. Probablemente la presión aumentará en nuestra industria no solo para cambiar a los refrigerantes más seguros sino también para reducir aún más las emisiones de refrigerantes, producir equipo más eficiente y mantener estos sistemas en su nivel óptimo de eficiencia. Ese es nuestro reto.

La Ley federal de aire limpio requiere la discontinuación del R-22 a base de HCFC sin más producción ni importación a partir del año 2020. Sin embargo, los fabricantes del equipo de aire acondicionado discontinuaron el uso del R-22 a base de HCFC en el equipo nuevo a partir del 1 de enero de 2010. Los sistemas recién diseñados que contienen el R-410A, utilizan tuberías de paredes más gruesas, compresores y componentes recién diseñados y un aceite de grado superior que requiere procedimientos diferentes de instalación y servicio.

### **El futuro:**

Los HFC tales como R-410A, R-407C, R-404A, R-407A, R417A, R422B, R-422C, R-422D, R-427A y R-134a son los refrigerantes a elegir para esta generación. Estos refrigerantes solucionan el problema inicial de la reducción del ozono estratosférico, pero tienen un potencial de calentamiento global (GWP) significativo.

Algunos otros refrigerantes naturales que no tienen impacto ambiental directo son el amoníaco NH<sub>3</sub> (R-717), dióxido de carbono CO<sub>2</sub> (R-744) y propano HC (R-290). Tanto el amoníaco como el propano tienen ODP cero y GWP muy bajos, pero son inflamables.

Es importante que reconozcamos esto como un proceso de evolución. A medida que continuamos la transición al R-410A y a estos otros refrigerantes, podríamos ver cambios tecnológicos y presiones que traerían refrigerantes más recientes o naturales más antiguos al uso común, agregando aún más transiciones.

Los reglamentos de la CAA prohíben liberar los refrigerantes de HFC y podemos esperar un mayor énfasis en las áreas de contención de refrigerantes y reciclaje de todos los refrigerantes. Con una atención mayor en el calentamiento global y cambio climático, podremos ver una nueva familia de refrigerantes y cambios en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado. La escasez de energía, junto con las cuentas por servicios públicos de mayor costo pueden ocasionar una mayor demanda de procedimientos de mantenimiento y servicio que garanticen que los sistemas de HVACR funcionen con un desempeño óptimo.

### **Seguridad y R-410A:**

El R-410A es una mezcla binaria (de dos partes) casi azeotrópica y en la actualidad se vende bajo los nombres comerciales de AZ-20 “Puron” or “Suva..” El capítulo 3, “Química y aplicaciones del refrigerante” de este manual ofrece una buena base y explicación de las propiedades del R-410A.

Estos sistemas de aire acondicionado a base de R-410A recién fabricados requerirán que los contratistas y técnicos cambien a diferentes

## 6 *R-410A y discontinuación del R-22*

---

herramientas, equipo y normas de seguridad al instalar o cambiar (modificar) los sistemas de A/C divididos anteriores y al reparar los sistemas en el campo. El capítulo 5, “Seguridad” proporcionará el historial, fundamento y procedimientos para realizar este cambio.

Debemos saber que el R-410A solo se puede utilizar en equipo específicamente diseñado y fabricado para el R-410A. Los sistemas de R-22 no se pueden modificar, sin las actualizaciones de los componentes principales, al R-410A. Debemos saber que el R-410A funciona con presiones considerablemente superiores y porqué se necesitan cilindros, medidores y equipo de recuperación especiales. Más importante aún, debemos saber cómo manejar el R-410A de forma segura. Debido a que el R-410A utiliza aceites a base de Poliéster (POE) y no aceite mineral, debemos saber cómo instalar y dar servicio correctamente a estos sistemas que no toleran tanto la humedad.

El R-410A funciona con presiones significativamente superiores y mayor capacidad de refrigeración. Es importante saber porqué todos los controles de flujo del refrigerante, dispositivos de alimentación, secadores y compresores están específicamente diseñados para el R-410A.

Las secciones siguientes lo prepararán para la finalización exitosa de la “Certificación de R-410A de la coalición de seguridad de AC&R”. Esta certificación mostrará evidencia de su capacidad profesional para manejar y trabajar de forma segura con esta nueva generación de refrigerantes.



## **Seguridad y capacitación universales del R-410A**

Este manual se desarrolló para brindarle al personal de servicio de campo la capacitación y el conocimiento práctico necesarios para realizar el servicio de manera segura en los sistemas que contienen R-410A y R-407C. Además, este manual incluye información sobre; la discontinuación del R-22, aplicaciones adecuadas del refrigerante y aceite, técnicas de servicio, así como manejo seguro del R-410A.

Este manual contiene toda la información que los técnicos necesitarán para prepararse para recibir su Certificación de seguridad para el uso de R-410A.

La Certificación de seguridad para el uso de R-410A se lleva a cabo por medio de los patrocinios de la membresía de la Coalición de seguridad de AC&R.