

# Preparándose para refrigerantes A2L en refrigeración comercial

*Consideraciones para el aprovechamiento de alternativas con A2L en su transición hacia refrigerantes con PCG más bajo.*



## Resumen

Dentro de la industria de refrigeración comercial, los refrigerantes A2L han sido reconocidos durante mucho tiempo como alternativas potencialmente viables para los refrigerantes de hidrofluorocarbono (HFC) de alto potencial de calentamiento global (PCG). Con valores de PCG de menos de 300 —y en ciertos casos por debajo de los 150 — algunos refrigerantes A2L se encuentran entre las alternativas con el PCG más bajo disponibles actualmente.

Los A2L están compuestos por múltiples componentes químicos, incluidos aquellos con un contenido alto de hidrofluoroolefinas (HFO), lo que puede resultar en diversos grados de inflamabilidad, y por lo cual se le asigna la clasificación de refrigerante A2L o de “ligeramente inflamables” baja.

En los Estados Unidos, la adopción del A2L en refrigeración comercial aún se encuentra en las etapas iniciales. Actualmente, las aprobaciones normativas y las actualizaciones adicionales a las normas de seguridad y a los códigos de construcción están en proceso, para habilitar su adopción generalizada en la industria. Una actualización reciente a las Normas de seguridad de Underwriters Laboratories (UL) — UL 60335- 2-89 — señaló el primer paso clave en este proceso de aprobación. Muchos expertos del sector consideran que esta actualización dispone las bases para una aceleración en la adopción del A2L en los próximos años.

Los refrigerantes A2L ofrecen una solución única dentro del panorama de refrigerantes. Con límites de carga que exceden aquellos aprobados para el R-290, los A2Ls representan una alternativa de, potencialmente, mayor capacidad en aplicaciones autocontenidas. También es posible su aplicación en arquitecturas distribuidas, tales como unidades condensadoras remotas en exteriores o en mini-racks utilizados en tiendas de formatos más pequeños. Independientemente de cuáles sean las aplicaciones de A2L más habituales, estos les ofrecen a las empresas nuevas opciones con las cuales alcanzar el cumplimiento normativo y lograr los objetivos de sostenibilidad operativa.

Pero ¿qué significa esto para las partes interesadas en la industria de la refrigeración comercial? Al planear su transición de refrigerantes a largo plazo, las estrategias de refrigeración con A2L están entre la creciente lista de opciones de equipos viables. Para prepararse para la primera oleada significativa de adopción de los A2L, los fabricantes de equipos originales (OEM) deberían iniciar con sus ciclos de diseño de equipos. Los contratistas, consultores y propietarios/operadores se deben educar en preparación para una adopción generalizada del A2L.

Este documento evaluará los siguientes pasos normativos necesarios para la adopción de refrigerantes A2L, explorará los sistemas A2L y sus aplicaciones en equipos, y analizará las consideraciones de mantenimiento y seguridad.

## Ruta para la aprobación

Para garantizar la seguridad en el uso de refrigerantes A2L de menor inflamabilidad (y A3 de mayor inflamabilidad) en equipos de refrigeración comercial, los organismos gubernamentales están realizando cambios en las normas de seguridad y los códigos de construcción que rigen para el diseño y la aplicación de equipos A2L y A3. Más recientemente, UL aprobó una segunda edición de su norma UL 60335-2-89, la cual incluye las directrices sobre límites de carga de A2L para los sistemas de refrigeración remotos y autocontenidos.

## Nuevos límites de carga en aplicaciones autocontenidos

Para los equipos autocontenidos, la propuesta incluye lineamientos de límites de carga de A2L con base en si el equipo cuenta con un diseño abierto sin puertas o un diseño cerrado con puertas. Es importante señalar que las distintas mezclas de A2L tienen distintos grados de inflamabilidad que deben considerarse, en términos de diseño, para mitigar la posible liberación y concentración de gas en una aplicación.

La variable “m” es la cantidad (masa) de la carga del refrigerante en el sistema, expresada ya sea en libras o kilogramos. La variable “m1” es la máxima carga permisible de un sistema autocontenido, cargado

**$m_1 = 8 \text{ m}^3 \text{ X LFL}$**   
5.1 lbs R-454C

Vitrina Cerrada

**Autocontenida**  
Debe pasar las pruebas del Anexo CC

**$m_1 = 13 \text{ m}^3 \text{ X LFL}$**   
8.3 lbs R-454C

Vitrina Abierta

**Autocontenida**  
Debe pasar las pruebas del Anexo CC

**Definición de autónomo en la UL 2-89**

3.8.112DV autocontenido - equipo compuesto por un sistema de refrigeración ensamblado completamente en fábrica, cargado en fábrica y probado en fábrica, en el cual todas las piezas que contengan refrigerante sean conectadas permanentemente en la fábrica.

en fábrica sin necesidad de detectores de fuga o de medidas adicionales de mitigación, como la ventilación. El "LFL" el límite inferior de infalibilidad, normalmente expresado en porcentaje por el volumen presente en el aire, que puede iniciar ignición a una temperatura y presión normal. Por debajo del LFL, la mezcla vapor/aire no generará ignición.

Los equipos autocontenidos pueden ser diseñados para funcionar de forma adecuada con menos de la carga m1 de refrigerante. Como el R-454C tiene una LFL de 0.291 kg/m3, vitrina cerrada por puertas puede ser cargada con hasta 2.33 kg (5.1 lb.) de este refrigerante. Una vitrina abierta con R-454C se puede cargar con hasta 3,78 kg (8,3 lb.). Siempre y cuando el equipo autocontenido se encuentre por debajo de una carga m1 este no requiere de detección de fugas o mitigación especial. Los equipos con una carga inflamable de refrigerante por encima de los 150 g también deberán pasar las pruebas de fugas del Anexo CC.

### Permitir cargas más altas en sistemas remotos

En sistemas remotos o construidos en campo, la UL2-89 también permite que algunos refrigerantes A2L sean utilizados en cargas con un tamaño de hasta 75,7 kg. (166 lb.). Sin embargo, el uso de cargas de refrigerantes A2L mayores en sistemas remotos requiere de medidas atenuantes de seguridad adicionales. Es importante mencionar que los cálculos específicos de carga se basarán en el LFL del refrigerante A2L específico y en el tipo específico de aplicación.



### Aprobaciones adicionales necesarias

La actualización UL 2-89 es tan solo el primer paso fundamental de una serie mayor de normativas y aprobaciones para habilitar el uso de los A2Ls en la refrigeración comercial en los EE. UU. Las siguientes actualizaciones a las regulaciones y estándares de seguridad también deberán ser aprobadas:

- Aprobación de refrigerantes A2L específicos de la Política de Nuevas Alternativas Significativas (SNAP por sus siglas en inglés) del Organismo de Protección Ambiental (EPA)
- Actualizaciones del Código modelo en el próximo ciclo de revisión
- Actualizaciones de códigos de construcción estatales y locales



Actualmente, expertos del sector están a la espera de la actualización ASHRAE 15 y las aprobaciones de SNAP del EPA que tendrán lugar en el 2022 (para al menos algunos A2L).

Aunque la próxima actualización para el Código modelo está planificada para el 2024, algunos estados han legislado en códigos automáticos de construcción. De esta forma, nuestra industria podría esperar ver algunos A2L aprobados para uso a partir del 2023, y un uso más generalizado en el 2024. Mientras tanto, la instalación de una estrategia de refrigeración basada en A2L normalmente requerirá de la aprobación de las autoridades locales competentes (AHJ por sus siglas en inglés), como jefes de bomberos y/o inspectores de la construcción.



Además, la aprobación en 2020 de la Ley Estadounidense sobre la Innovación y la Fabricación (AIM por sus siglas en inglés) preparó aún más el camino para el uso de A2L en la transición hacia refrigerantes con un PCG más bajo. Esta le dio a la EPA la autoridad para poner fin a los HFC a través de controles sectoriales y realizar una revisión sobre requerimientos de servicio. En mayo del 2021, la SNAP del EPA, Norma 23 aprobó el uso de A2Ls en aplicaciones de aire acondicionado (AC)/bomba de calor (HP por sus siglas en inglés) residenciales. Con la adopción de la UL 2-89, las partes interesadas en la industria esperan directrices y/o aprobaciones de SNAP a corto plazo.



En California, el Consejo de Recursos del Aire de California (CARB por sus siglas en inglés) implementó un límite de PCG de 150 para los nuevos sistemas de refrigeración en establecimientos con más de 50 libras de refrigerante a partir del 2022. Los A2L se encuentran entre las pocas alternativas de refrigerante capaces de cumplir con este umbral de bajo PCG.

## **Conocimiento de las características de inflamabilidad**

En refrigeración comercial, el precedente para el uso de refrigerantes inflamables ha sido establecido con el A3, R-290 (conocido como propano) — el cual comúnmente se utiliza en dispositivos autocontenidos de refrigeración. Es importante entender las características de inflamabilidad de los refrigerantes A2L y A3 a la hora de evaluar las consideraciones de seguridad, los riesgos relativos, y la institución de códigos y normas de seguridad.

En comparación con la clasificación más elevada de inflamabilidad de los R-290, los A2L se clasifican con un menor índice de inflamabilidad.

La diferencia entre estas clasificaciones se puede demostrar a través de las siguientes métricas clave de inflamabilidad:

### **Límite inferior/superior de inflamabilidad (LFL/UFL)**

Los límites inferiores de inflamabilidad de los A2L son aproximadamente ocho veces más altos que los del R-290.

Como resultado, es menos probable que inicie ignición en concentraciones similares de R-290, y permite tamaños de carga posiblemente más grandes para aplicaciones de mayor capacidad.

### **Energía mínima de ignición (MIE por sus siglas en inglés)**

El R-290 tiene una MIE muy baja y, como tal, puede encenderse más fácilmente con fuentes de energía más bajas, como descargas eléctricas estáticas. En comparación, la energía mínima de ignición de los A2L es significativamente mayor y normalmente no se enciende a menos que estén expuestos a una llama abierta o a una gran fuente de energía eléctrica — lo que hace que el uso de los A2L sea más seguro en presencia de ciertos componentes eléctricos.

### **Velocidad de combustión (Su) y calor de combustión (HOC por sus siglas en inglés)**

La Su y el HOC son mucho más bajos en los A2L que en el R-290, lo que hace que los eventos de ignición sean mucho menos graves.

## **Posibles aplicaciones para los A2L**

Desde sistemas independientes y unidades condensadoras, a sistemas de refrigeración en rack más tradicionales, los A2L tienen potencial para una aplicación muy amplia en sistemas y equipos comerciales de refrigeración. Los fabricantes de componentes y los OEMs están desarrollando, o planean desarrollar, equipos aprobados para A2L en las siguientes categorías:

### **Unidades autocontenidas**

Debido a los límites más altos de carga que se permiten para los A2L en aplicaciones autocontenidas, los OEM podrán crear unidades con mayor capacidad que los sistemas R-290. Esto permitirá el uso de compresores con más caballos de fuerza que los que se pueden usar actualmente en aplicaciones de R-290 — lo que hará posible que los OEM cubran cargas de refrigeración más grandes con un solo compresor, en lugar de tener que utilizar múltiples compresores de R-290 para una carga equivalente. Para los usuarios finales, propietarios/operadores y consultores, estos sistemas autocontenidos de mayor capacidad aportan una flexibilidad indispensable y mayores opciones para sus portafolios de productos.



### **Unidades condensadoras remotas**

Los A2Ls le permitirán a los OEMs de unidades condensadoras remotas ofrecer soluciones de refrigeración distribuida con un PCG más bajo, modulares y de mayor capacidad para sus clientes minoristas y de servicio alimentario. Esto incluye el desarrollo de Unidades condensadoras para exteriores (OCU en inglés) que cubran una unidad condensadora por dispositivo, así como con las capacidades de refrigeración múltiples, en las que una unidad condensadora proporciona la carga de refrigeración a múltiples dispositivos.

## ***Racks Scroll en Arquitectura Distribuida***

Los OEM de racks scroll en arquitectura distribuida también deberían comenzar a planear su eventual transición a A2Ls. Hoy en día muchos OEM ya ofrecen opciones HFC con un PCG más bajo, tales como los R-448A y los R-449A con PCG de 1,387 y 1,397, respectivamente — pero los A2Ls les brindarán la posibilidad de ofrecerle a sus clientes soluciones distribuidas que aborden inquietudes en cuanto a redimensionamiento y cumplimiento normativo a largo plazo.



Los racks con compresor scroll son básicamente versiones reducidas y distribuidas de los sistemas de rack convencionales, que ofrecen mayor flexibilidad de refrigeración y una modernización con un PCG más bajo que los sistemas HFC. Estos no solo se pueden instalar cercanos a zonas específicas de refrigeración, sino que también se pueden utilizar para reemplazar secciones más antiguas e ineficientes de los sistemas existentes de expansión directa centralizada (DX por sus siglas en inglés) por tecnologías A2L con un PCG más bajo. En Europa ya se han probado e implementado exitosamente versiones con A2L de estos sistemas. Este alcance les permite a los minoristas disminuir significativamente la carga general de Crefrigerante y reducir su huella de carbono.

## ***Admisión de los refrigerantes A2L***

Nosotros nos comprometemos a respaldar a nuestros fabricantes de equipos originales (OEM por sus siglas en inglés) y a los clientes usuarios finales que están realizando la transición a los refrigerantes A2L. Estamos en el proceso de calificar nuestras líneas de compresores Copeland Scroll y Discus para que utilicen los siguientes A2Ls de PCG más bajo y alto contenido de HFO:



- R-454A (238 PCG)
- R-454C (148 PCG)
- R-455A (146 PCG)

Cada refrigerante ofrece propiedades termodinámicas únicas y excelentes características de rendimiento comparables con los refrigerantes HFC A1 comunes, como el R-404A o el R-448A. Nota: Las mezclas de refrigerantes pueden tener diferentes grados de desplazamiento de temperatura (glide) y, por lo tanto, requerir consideraciones adicionales en cuanto a diseño. Debido a que las características de desempeño variarán dependiendo de la aplicación específica, es importante confirmar con los ingenieros de aplicación para determinar el refrigerante A2L ideal para su aplicación.

Si bien algunos modelos de compresores aprobados para A2L ya están disponibles para la venta hoy en día, ya se encuentran disponibles muestras de todos los compresores que se están aprobando para A2L (y sus datos de desempeño) para que nuestros clientes OEM puedan iniciar con su diseño de equipos.

La plataforma de control y supervisión E3 y los controladores periféricos conectados proporcionan una lógica de optimización del sistema de refrigeración A2L para ejecutar las acciones necesarias en caso de una fuga, como apagar el compresor y otros componentes, o activar las válvulas de cierre y/o aislamiento.

Para respaldar la siguiente generación de tecnologías de refrigeración, la compañía recientemente concluyó la construcción de un establecimiento de investigación y desarrollo de 100.000 pies cuadrados, con una amplia capacidad para pruebas de refrigerantes, incluidos los A2L.:

- 62 bancos de rendimiento
- 300 estands para pruebas
- 110 ingenieros y técnicos bancos de prueba
- Laboratorio exclusivo de ensamblaje
- Laboratorio de electrónica de potencia con área
- de 1,900 pies cuadrados

Actualmente, nuestros ingenieros están trabajando activamente con nuestros OEM para desarrollar la próxima generación de equipos A2L.

## ***Inflamabilidad: mitigación y mejores prácticas de seguridad***

El potencial de inflamabilidad hace que el uso de sensores de fugas y de equipos de detección sea un requisito obligatorio en sistemas remotos con A2L con una carga > m1. Estos sistemas deben estar diseñados para detectar y aislar las fugas de refrigerante A2L a través de una combinación de herramientas y controles:

- Sensores dentro de las vitrinas para detectar fugas
- Válvulas de aislamiento y/o cierre de seguridad en el sistema de refrigeración para limitar la carga liberable
- Controles electrónicos con lógica A2L para llevar a cabo las acciones necesarias en caso de fuga, como apagar el compresor y/u otros componentes
- Controles de gestión del sistema de refrigeración y/o del establecimiento
- Controles de vitrinas
- Ventilación y/o ventiladores adicionales al sistema en vitrinas o cámaras de refrigeración

El mantenimiento de los sistemas A2L impulsará muchas de las buenas prácticas establecidas para la instalación y la reparación de los sistemas HFC. Sin embargo, los técnicos deberán usar equipos clasificados para A2L, tales como manómetros, cilindros y maquinaria de recuperación. Durante la instalación y las reparaciones de A2L, recuperación, evacuación y revisión de fugas a presión serán obligatorios.

## ***Satisfaga la necesidad del mercado de equipos con A2L***

A medida que se acelere la transición de los refrigerantes en los próximos años, las opciones de refrigerantes A2L de PCG bajo se convertirán en alternativas cada vez más viables a los HFC con mayor PCG. Actualmente, los operadores de supermercados y de servicios de alimentación evalúan todas las opciones de refrigerantes que les ayudarán a cumplir con sus objetivos operativos y cumplimiento de las normas. De ahora en adelante, el EPA y el CARB continuarán exigiendo el uso de refrigerantes con PCG más bajo y las alternativas emergentes con A2L figurarán con un creciente papel.

A pesar de que los refrigerantes A2L aún enfrentan algunos obstáculos regulatorios antes de poder ser ampliamente adoptados en los Estados Unidos, en Europa y otras regiones han comprobado ser seguros y eficaces en términos operativos. Los constantes avances en las tecnologías de refrigeración solo se perfeccionarán con base en estas primeras instalaciones.

Con la expectativa de aprobación regulatoria de los A2L dentro de los próximos años, los OEM de refrigeración comercial deben comenzar a planear sus ciclos de diseño hoy mismo. Ya se están lanzando tecnologías y componentes de compresión calificados para A2L que ayudarán a los OEM y a los minoristas a hacer la transición a los refrigerantes A2L en los Estados Unidos y otras regiones. Contáctenos para empezar a prepararse para su futuro con refrigerantes A2L.

La información aquí presentada puede no representar las últimas normas reguladoras y/o actualizaciones. El contenido de esta publicación se presenta únicamente con fines informativos y no debe interpretarse como garantías, expresas o implícitas, relativas a los productos o servicios aquí descritos o a su uso o aplicabilidad. Copeland se reserva el derecho de modificar los diseños o especificaciones de dichos productos en cualquier momento y sin previo aviso. El usuario final es responsable de la correcta selección, uso y mantenimiento de cualquier producto.

**Para más información, visite [copeland.com](https://www.copeland.com)**

2021ECT-38 R2 (SP) (11/22) ©2025 Copeland LP. Todos los derechos reservados.

**COPELAND**  
Engineered for Sustainability