OBSERVACIONES DE SEGURIDAD Y ORIENTACIÓN DE DIMENSIONAMIENTO DE LA CARGA CUANDO SE UTILIZAN MEZCLAS DE HFO A2L CON BAJO GWP

por Neil Roberts





Introducción

Como ha sido bien documentado, en los últimos 30 años se han implementado muchas regulaciones a nivel mundial que se centran en el impacto ambiental de los refrigerantes y equipos. Este panorama legislativo siempre cambiante ha impulsado una transición de clorofluorocarbonos (CFC) a hidroclorofluorocarbonos (HCFC) e hidrofluorocarbonos (HFC), y ahora, debido a regulaciones como EU 517/2014[1] (F-Gas) en la Unión Europea y futuras regulaciones que resultarán del acuerdo de Kigali[2] es necesario cambiar nuevamente a productos con bajo potencial de calentamiento global (GWP), como los productos basados en hidrofluoroolefina (HFO) Opteon™.

En comparación con el R-507A (GWP 3985), las alternativas basadas en el HFO de GWP más bajo varían de un 45% a un 96% de reducción en el GWP. Sin embargo, la mayoría de los refrigerantes con un GWP <500 tienen cierto grado de inflamabilidad, lo que dificulta el camino a seguir para lograr la transición necesaria requerida para cumplir con la reducción de la regulación de F-Gas.

En muchos casos, se requerirá un enfoque de dos pasos para reemplazar los productos de alto GWP, como el R-404A y el R-507A. Inicialmente, las alternativas no inflamables, como Opteon™ XP40, pueden usarse para reacondicionamiento y en equipos nuevos, pero para cumplir con el cronograma de eliminación gradual, será necesario utilizar alternativas poco inflamables de bajo GWP, como el Opteon™ XL20.

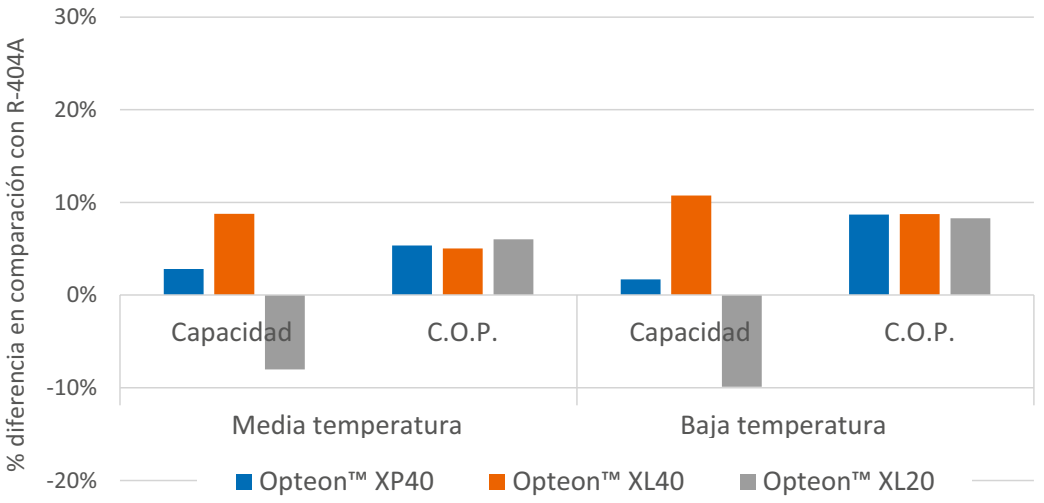


Así que... ¿cuál es el plan?

En primer lugar, debe haber productos disponibles que no sólo tengan un GWP más bajo, sino que también mantengan el rendimiento de los productos que reemplazan, siendo la eficiencia energética particularmente importante, ya que el aumento de las emisiones indirectas del mayor consumo de energía reducirá en gran medida la ganancia neta de bajar de el refrigerante GWP.

La gama de refrigerantes Opteon™ ofrece opciones de bajo GWP para remplazar R-404A, R-410A, R-407C y R-134a, que cumplen con los criterios de rendimiento necesarios (*Figura 1*).

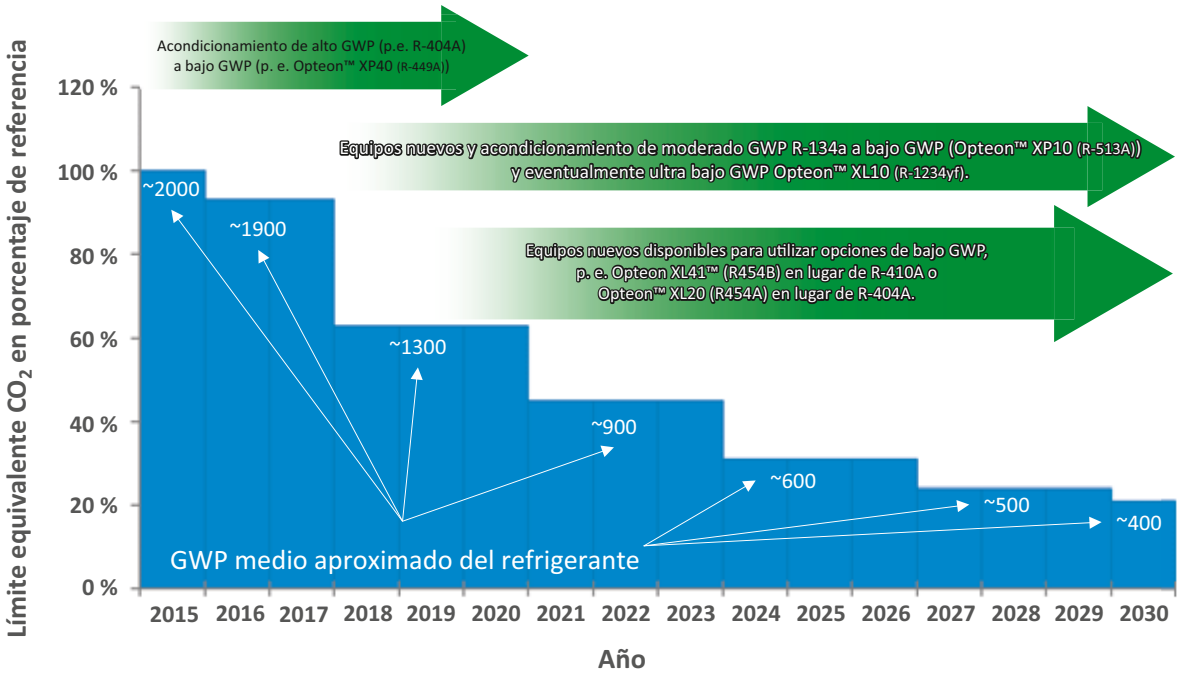
Figura 1 – **Comparación del rendimiento de los refrigerantes Opteon™ de bajo GWP con el R-404A.**



Cálculo teórico del ciclo, utilizando Refprop 10. Media temperatura T_{evap} = -12°C, Baja temperatura T_{evap} = -35°C, eficiencia isoentrópica del compresor = 0,7, sobrecalentamiento evaporador = 5K, subenfriamiento total = 3K, succión de línea de sobrecalentamiento = 5K, desplazamiento igual del compresor.

Teniendo experiencia con las eliminaciones previas de CFC y HCFC, a menudo se piensa que la reducción de HFC en la normativa F-Gas seguirá un camino similar. Sin embargo, la forma en que está redactada la normativa F-Gas, con las prohibiciones máximas en el uso final del producto GWP y una rápida reducción en términos equivalentes de dióxido de carbono (CO_2eq utilizando datos de IPCC[3]) de los HFC que se ponen en el mercado, la necesidad de hacer una transición a alternativas con un GWP más bajo tiene que hacerse ahora de forma más acelerada en comparación con transiciones hechas bajo las regulaciones anteriores. Idealmente, una vez que se introdujo la normativa F-Gas en 2015, los sistemas que utilizan refrigerantes con alto GWP, como el R-404A (GWP 3922) o el R-507A, deberían haber sido adaptados (*Figura 2*) a una opción de GWP inferior, por ejemplo, Opteon™ XP40 (R-449A, GWP 1397) pero la "oleada" de adaptación no se produjo de manera significativa en 2015 y 2016, ya que R-404A todavía estaba disponible, probablemente debido a la importante compra anticipada en 2014, como puede verse en el informe de la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA) sobre los gases fluorados de efecto invernadero[4].

Figura 2 – **Estrategia ideal de transición para reducir el promedio de GWP de refrigerantes en línea con la disminución.**



Esto tuvo el efecto de comprimir la escala de tiempo disponible cuando la disponibilidad de R-404A se restringió, provocando un rápido aumento en la actividad de modernización y altos precios de mercado[5] para el R-404A. Es probable que este patrón se repita a medida que el próximo paso de reducción se acerque

Tabla 1 – **Opciones refrigerantes con bajo GWP**

Refrigerante de bajo GWP	GWP[3]	ASHRAE #	Clasificación ISO 817	Reemplazo
Opteon™ XP10	631	R-513A	A1	R-134a
Opteon™ XL10	4	R-1234yf	A2L	R-134a
Opteon™ XL20	148	R-454C	A2L	R-407C/R-404A
Opteon™ XL40	238	R-454A	A2L	R-404A/R-507A
Opteon™ XL41	466	R-454B	A2L	R-410A

a fines de 2020, a menos que los programas de actualización continúen y haya un aumento notable en el uso de las opciones disponibles de refrigerante con bajo GWP (<650). Como puede verse en la *Tabla 1*, hay una serie de opciones disponibles, pero la mayoría de las opciones de bajo GWP están clasificadas como A2L, ligeramente inflamables.

Hasta 2010, se reconocieron tres clases de inflamabilidad: 1, sin propagación de la llama (por ejemplo, R-134a), 2: inflamable (por ejemplo, R-152a) y 3: altamente inflamable (por ejemplo, propano). Con la necesidad de cambiar a los refrigerantes con GWP más bajo, se observó que aunque muchos de los candidatos con bajo GWP eran inflamables, un cierto número presentaba un riesgo de seguridad más bajo que el R-152a o el propano, y por lo tanto se realizaron investigaciones para estudiar cuáles son los riesgos de inflamabilidad relativos y cómo se podía trazar un límite sensible entre categorías.

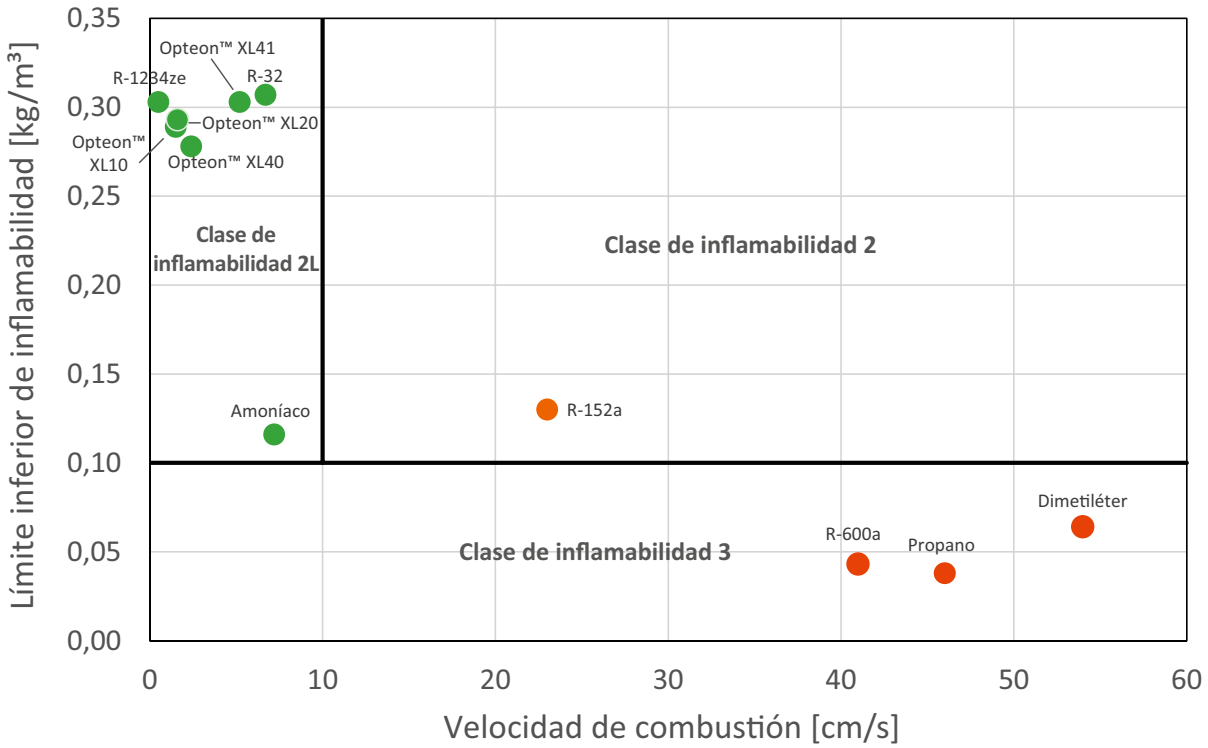
Las conclusiones de los estudios presentaron una propuesta para agregar una subdivisión de la



segunda clasificación, donde, además del calor de combustión (HOC) <19.000 kJ/kg y un Límite Inferior de Inflamabilidad (LII) de >0,1 kg/m^3, los refrigerantes con una velocidad de combustión <10 cm/s, se clasificarían como 2L (*Figura 3*).

Si bien el uso de refrigerantes inflamables es bien conocido – p.e. prácticamente todos los refrigeradores domésticos en Europa utilizan R-600a y todas las normas y regulaciones sobre el uso de refrigerantes inflamables se desarrollaron según las clases de inflamabilidad 2 y 3, que requerían precauciones de seguridad más estrictas que los nuevos refrigerantes clasificados de 2L. Como puede verse en la *Tabla 2*, las propiedades de inflamabilidad de los refrigerantes A2L presentan un riesgo significativamente menor. Por ejemplo, además de la menor velocidad de combustión y el calor de combustión, los refrigerantes A2L requieren una mayor cantidad de refrigerante para alcanzar la LII, el rango de inflamabilidad se reduce y la energía mínima de ignición (EMI) requerida es de una magnitud mayor a la requerida para productos A3.

Figura 3 – **Clasificación de Inflamabilidad de refrigerantes según la velocidad de combustión y el Límite Inferior de Inflamabilidad**



Después de la adopción formal de la clase 2L por los estándares ASHRAE Standard 34 (2010) e ISO 817 (2014), la clasificación fue reconocida por el ASHRAE Standard 15 "Código de seguridad para refrigeración mecánica" (EE. UU.) e ISO 5149 sobre "Sistemas de refrigeración y bombas de calor – Requisitos de seguridad y medioambiente" y, finalmente, incorporados en la

norma europea EN 378: 2016. Aunque existen otros estándares específicos para equipos que prevalecerán sobre la norma EN 378 (por ejemplo, las bombas de calor IEC 60335-2-40 y los aparatos de refrigeración comercial IEC 60335-2-89), muchos de ellos aún están en proceso de actualización. Para muchas aplicaciones que están fuera de estos estándares de equipos específicos, EN 378:2016 será la base para evaluar lo referido al uso seguro de los refrigerantes A2L. La parte 1 de la norma es de particular interés, ya que detalla los tamaños máximos de carga permitidos dentro de la guía de esta norma. Se debe tener en cuenta que el cumplimiento con la norma EN 378 no elimina la necesidad de realizar evaluaciones de riesgo en las fases de diseño, instalación, uso y mantenimiento, y que los componentes del equipo utilizados con A2L deben cumplir con la Directiva de Equipos a Presión (PED, 2014/68/UE).

Tabla 2 – **Comparación de las propiedades de inflamabilidad de los refrigerantes A3, A2 y A2L típicos.**

Parámetro	Propano	R-152a	Opteon™ XL10	Opteon™ XL20
Clasificación de seguridad	A3	A2	A2L	A2L
Límite Inferior de Inflamabilidad (vol. %) [kg/m^3]	2,2 [0,038]	3,9 [0,130]	6,2 [0,289]	7,7 [0,293]
Límite Superior de Inflamabilidad (vol. %) [kg/m^3]	10,0 [0,192]	16,9 [0,563]	12,3 [0,573]	15,0 [0,569]
LSI – LII (vol. % - gama)	7,8	13,0	6,1	7,3
Energía Mínima de Ignición (EMI) (mJ)	0,25	0,38	> 5.000	300-1.000
Velocidad de combustión (cm/s)	46	23	1,5	1,6
Calor de combustión (MJ/g)	46,3	16,5	10,7	10,5

Cálculos de la carga máxima según EN 378-1:2016

El Anexo C de la norma EN 378-1:2016 establece los criterios para determinar la carga máxima de refrigerante permitida. Cuando se usan refrigerantes A2L en sistemas de refrigeración herméticos (Otras Aplicaciones) y sistemas fijos para el confort humano (Human Comfort), hay una carga mínima, 1,5 x m_1 (donde m_1 = 4m^3 x LII kg/m^3), que puede usarse siempre sin precauciones de seguridad adicionales e independientes del tamaño de la habitación. También hay una carga mínima para sistemas de CA o bombas de calor no fijos, sellados de fábrica, más allá de la cual no se requieren precauciones de seguridad adicionales y también es independiente del tamaño de la habitación. Ejemplos de estos tamaños mínimos de carga se muestran en la *Tabla 3*.

En el Anexo C, la Tabla C.2 aborda específicamente el uso de refrigerantes clasificados A2L. Los cálculos de carga se determinan asignando categorías de acceso específicas, clasificaciones de ubicación y aplicación, que son para "Human Comfort " u "Otras Aplicaciones".

Las categorías de acceso se detallan en la *Tabla 4*, siendo la categoría "a" la menos restrictiva y la categoría "c" la más restrictiva.

Hay cuatro clasificaciones de ubicación (*Tabla 5*). Las clases de ubicación I, II y III están directamente relacionadas con la ubicación de las partes del sistema que contienen refrigerante, por ejemplo: totalmente dentro, parcialmente dentro o completamente fuera del espacio ocupado. La clase IV es para diseños especiales, donde incluso si el sistema está dentro del espacio ocupado, está diseñado de tal

Tabla 3 – **Carga de refrigerantes mínima más allá de la cual no se necesitan precauciones de seguridad adicionales y también es independiente de la dimensión de la habitación.**

Aplicación	Propano	Opteon™ XL10	Opteon™ XL20	Opteon™ XL40	Opteon™ XL41
Otras Aplicaciones herméticas y de confort humano. Tamaño mínimo de carga (kg)	0,15	1,73	1,76	1,67	1,82
Tamaño mínimo de carga (kg) de sistemas de CA o bombas de calor no fijas, selladas en fábrica.	0,15	1,16	1,17	1,11	1,21



Tabla 4 – EN 378:2016 Categorías de acceso

Ocupación general	Ocupación supervisada	Ocupación autorizada
Categoría a	**Categoría b**	**Categoría c**
Habitaciones, partes de edificios, edificios donde: ▪ Se proporcionan instalaciones para dormir ▪ Las personas están restringidas en su movimiento ▪ Un número ilimitado de personas tienen acceso sin precauciones de seguridad	Habitaciones, partes de edificios, edificios donde: ▪ Sólo un número limitado de personas tiene acceso, algunas de las cuales están familiarizadas con las precauciones de seguridad	Habitaciones, partes de edificios, edificios donde: ▪ Sólo las personas autorizadas tienen acceso, que estén familiarizadas con las precauciones de seguridad ▪ Se lleva a cabo fabricación, transformación o almacenamiento de productos.
Ejemplos: hospitales, estaciones de tren, tiendas, hoteles, apartamentos, edificios públicos	**Ejemplos:** oficinas, laboratorios, lugares para la fabricación en general	**Ejemplos:** fábricas, almacenes, áreas no públicas en supermercados, carnicerías

manera que no exista peligro de fuga dentro del espacio ocupado.

Las categorías de acceso, tipo de aplicación y clase de ubicación se organizan en una matriz que puede ser referenciada para consultar la guía de tamaño de carga relevante. Los

cálculos del tamaño de la carga pueden variar según la aplicación, es decir, Human Comfort u Otras Aplicaciones, y ofrecen opciones para escenarios donde no se requieren medidas de protección adicionales, o para la clase de ubicación II, se pueden tomar medidas de protección adicionales para permitir la utilización de una carga mayor de refrigerante. La clase de ubicación III no tiene restricciones de carga, siempre que los criterios de diseño de la sala de máquinas cumplan con la norma EN 378-3:2016 4.2 o 4.3, pero como se mencionó anteriormente, aún será necesaria una evaluación exhaustiva de los riesgos.

Tabla 5 – Clasificaciones de ubicación EN 378

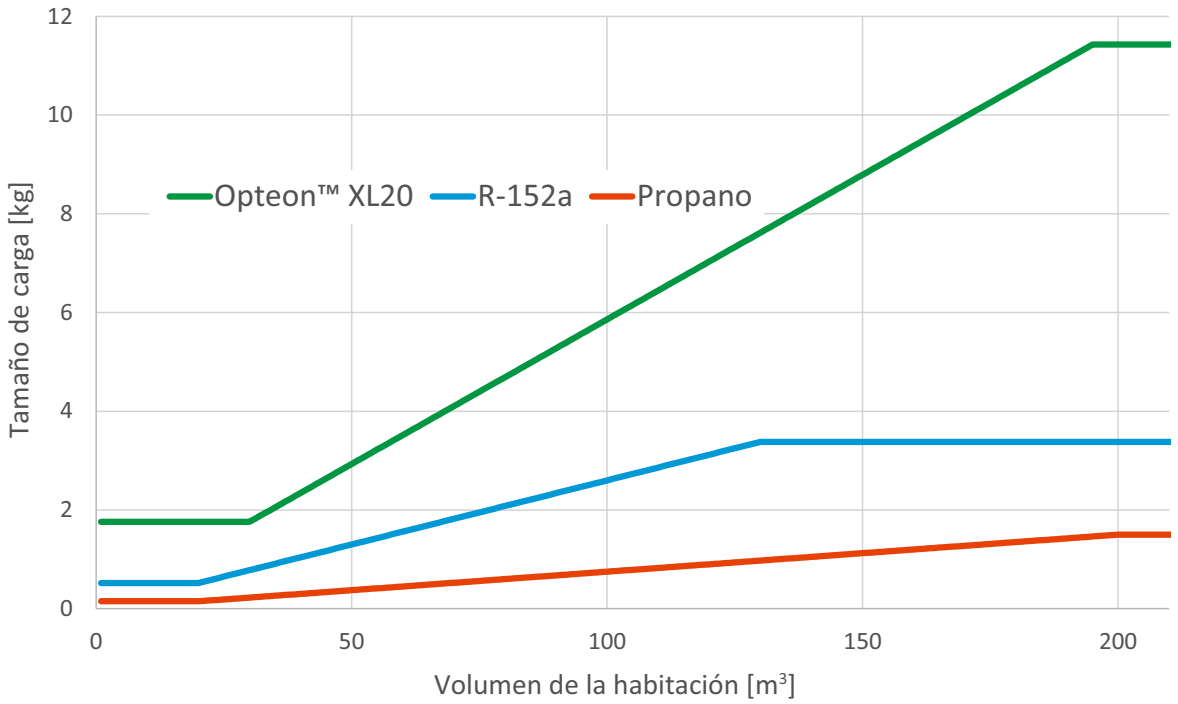
Equipos mecánicos dentro del espacio	Compresores en sala de máquinas o al aire libre	Sala de máquinas o al aire libre	Recinto ventilado
Clase I	**Clase II**	**Clase III**	**Clase IV**
			
Ejemplos: gabinetes, aire acondicionado portátil, refrigeradores…	**Ejemplos:** unidades de condensación, split-AC/HP…	**Ejemplos:** Enfriadores, bombas de calor…	**Ejemplos:** Diseño especial



Tamaño de carga para otras aplicaciones en las clases de ubicación I y II sin medidas de protección adicionales

La ubicación de clase I y las categorías de acceso *a*, *b* y *c* (donde la ocupación es >1 persona/10 m^2) y la categoría de acceso de clase de ubicación a, sin medidas de protección adicionales, tienen una carga máxima de refrigerante del 20% de la LII (kg/m^3) multiplicada por el volumen de la sala hasta un máximo de m_2 x 1,5 (donde m_2 = 26m^3 x LII kg/m^3). La *Figura 4* muestra los tamaños máximos de carga para los refrigerantes típicos A2L, A2 y A3 en estas clases. Claramente, se puede ver que los tamaños de carga permitidos para los refrigerantes A2L pueden ser >10 veces más grandes que para los refrigerantes A3. Como se mencionó anteriormente, en los sistemas sellados (herméticos) no hay un requisito para reducir la carga más allá de m_1 x 1,5 (*Tabla 3*), pero para los sistemas no sellados, el cálculo del volumen de la sala sí se aplica.

Figura 4 – Ejemplos de tamaño máximo de carga para los refrigerantes A2L, A2 y A3 para la Clase de Ubicación I, las categorías de acceso a, b y c y la categoría de acceso de la Clase de Ubicación II a.



Un ejemplo práctico de una categoría de acceso de clase I sería un expositor de alimentos en una pequeña tienda. Si la sala fuera de 6 m x 5 m x 3,5 m (105 m^3), un gabinete con Opteon™ XL20 podría usar una carga máxima de refrigerante de 6,15 kg comparado con el propano para el cual, la carga máxima sería de solo 0,788 kg. Saber que varios sistemas pueden estar en la misma habitación, ya que cada sistema se considera de forma aislada.

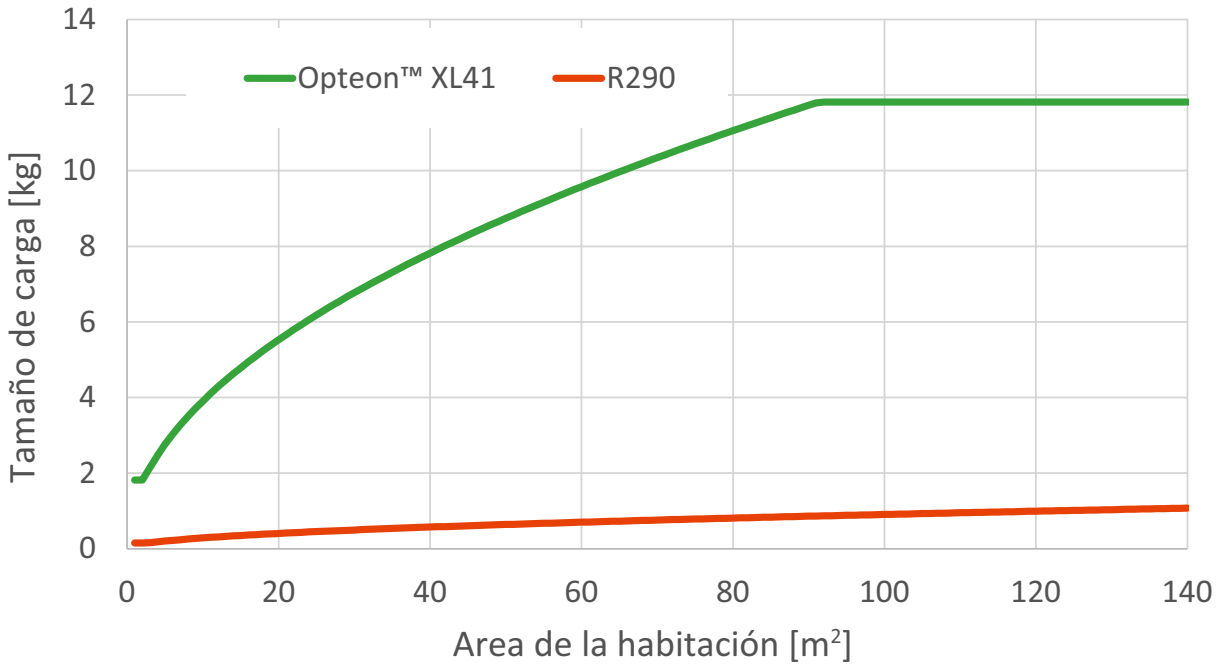
La clase de ubicación II y las categorías de acceso *b* y *c* (donde la ocupación es >1 persona/10 m^2) requieren el mismo cálculo de tamaño de carga que la categoría de acceso *a*, pero permiten un aumento de carga máxima de hasta 25 kg.

Si la categoría de acceso es *c* y el nivel de ocupación es <1 persona/10 m^2, entonces para la clase de ubicación I, la carga máxima se incrementa hasta 50 kg, y para la clase de ubicación II no hay restricción de carga, siempre que los criterios de diseño de la sala de máquinas sean compatibles con EN 378-3:2016 4.2 o 4.3.

Dimensión de la carga Human Comfort para la ubicación de clase I y II sin medidas de protección adicionales.

Dentro de la categoría de aplicación Human Comfort, el cálculo del tamaño máximo de carga para sistemas fijos es el mismo para las Clases de ubicación I y II, y las categorías de acceso *a*, *b*, & *c*. Este cálculo, $m_{max} = 2,5 \times LII^{5/4} \times h_0 \times A^{1/2}$, tiene en cuenta un factor de altura (h_0) que se puede seleccionar desde la ubicación del piso (0,6 m), pared (1,8 m), ventana (1,0 m) o montado en el techo (2,2 m) y se basa en el área del piso de la sala (A). La carga máxima permitida es de $1,5 \times m_2$.

Figura 5 – **Ejemplos de tamaño máximo de carga para refrigerantes A2L y A3 para "Human Comfort montado en el techo"**



Alternativamente, la ecuación se puede reorganizar para permitir el área de piso de la habitación mínima permitida para una carga de refrigerante dada, es decir, $A_{min} = m_2/(2,5 \times LII^{5/4} \times h_0)^2$. En la *Figura 5* se muestra una

comparación de ejemplo de los tamaños de carga alcanzables para un sistema Human Comfort montado en el techo que utiliza refrigerantes típicos A2L y A3.

Dentro de la guía de aplicación de Human Comfort en la EN 378-1:2016 Anexo C2.2, existe un requisito especial para sistemas de aire acondicionado o bombas de calor de paquete único, no fijos, sellados de fábrica, con una carga superior a 4 x LII (kg/m^3) pero menor o igual a 8 x LII (kg/m^3). Para un refrigerante como Opteon™ XL41, esto se aplicaría a tamaños de carga superiores a 1,2 kg y hasta 2,4 kg y puede restringir el uso de dichos sistemas en habitaciones con una area de piso inferior a 14,55 m^2.

Mayores tamaños de carga implementando medidas de protección adicionales – Ventilación mínima de límite de cantidad (QLMV) y Ventilación adicional de límite de cantidad (QLAV)

Como se mencionó anteriormente, hay disposiciones dentro de la norma EN 378:2016 que permitirán que se utilicen mayores tamaños de carga con refrigerantes A2L en Human Comfort y Otras Aplicaciones, siempre que se implementen medidas de seguridad adicionales. Las disposiciones se establecen en la EN 378-1:2016, Anexo C.3 y requieren:

- el sistema está en la clase de ubicación II,
- la carga no supera los 150 kg y no excede m_3 x 1,5 (donde m_3 = 130 m^3 x LII kg/m^3),
- la capacidad nominal de refrigeración (calefacción) de cada una de las unidades interiores no supera el 25% de la capacidad total de refrigeración (calefacción) del sistema exterior,
- la unidad interior tiene protección contra daños por hielo y rotura del ventilador,
- solo se usan juntas permanentes dentro del espacio ocupado (a excepción de las juntas hechas en el sitio que conectan directamente la unidad interior a la tubería,



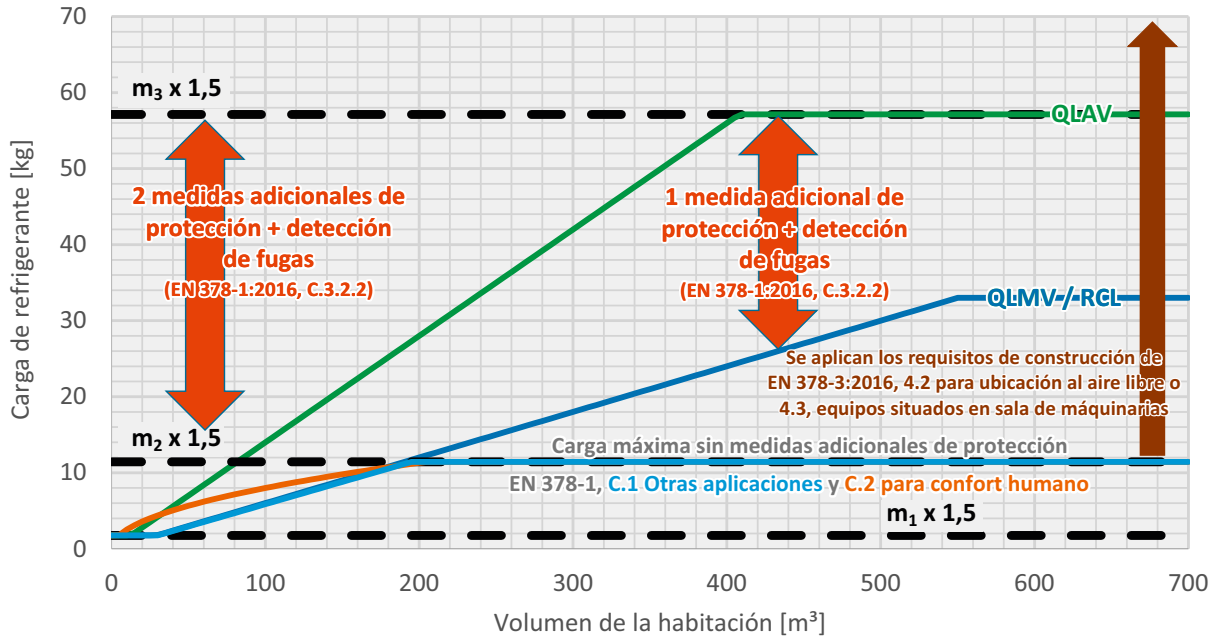
- las tuberías del refrigerante en el espacio ocupado están protegidas contra daños accidentales causados por factores ambientales (por ejemplo, agua, temperatura, escombros, etc.) o el movimiento de componentes o elementos del sistema (por ejemplo, vibración, muebles en movimiento, etc.),

- el cierre no es hermético,

- el efecto del flujo hacia abajo (a los pisos debajo del sistema) se mitiga con la ventilación en esas áreas.

Para los cálculos de QLMV y QLAV, el área máxima de piso de la sala que se puede usar es de 250 m^2. Si la cantidad de carga excede el valor de QLMV, entonces deben emplearse medidas de protección adecuadas, como ventilación adicional (natural o mecánica), válvulas de cierre de seguridad o alarma de seguridad en conjunto con un dispositivo de detección de fugas. De acuerdo con la norma EN 378-1:2016 Anexo C3.2.2, para habitaciones sobre el suelo, si la carga de refrigerante se encuentra entre el valor QLMV y el valor QLAV, se debe implementar al menos una de estas medidas. Si el tamaño de carga es superior al valor QLAV, se deben aplicar al menos dos de estas medidas. Como puede verse en la *Figura 6*, la aplicación de las medidas de protección adicionales requeridas da como resultado cargas máximas de más de 50 kg.

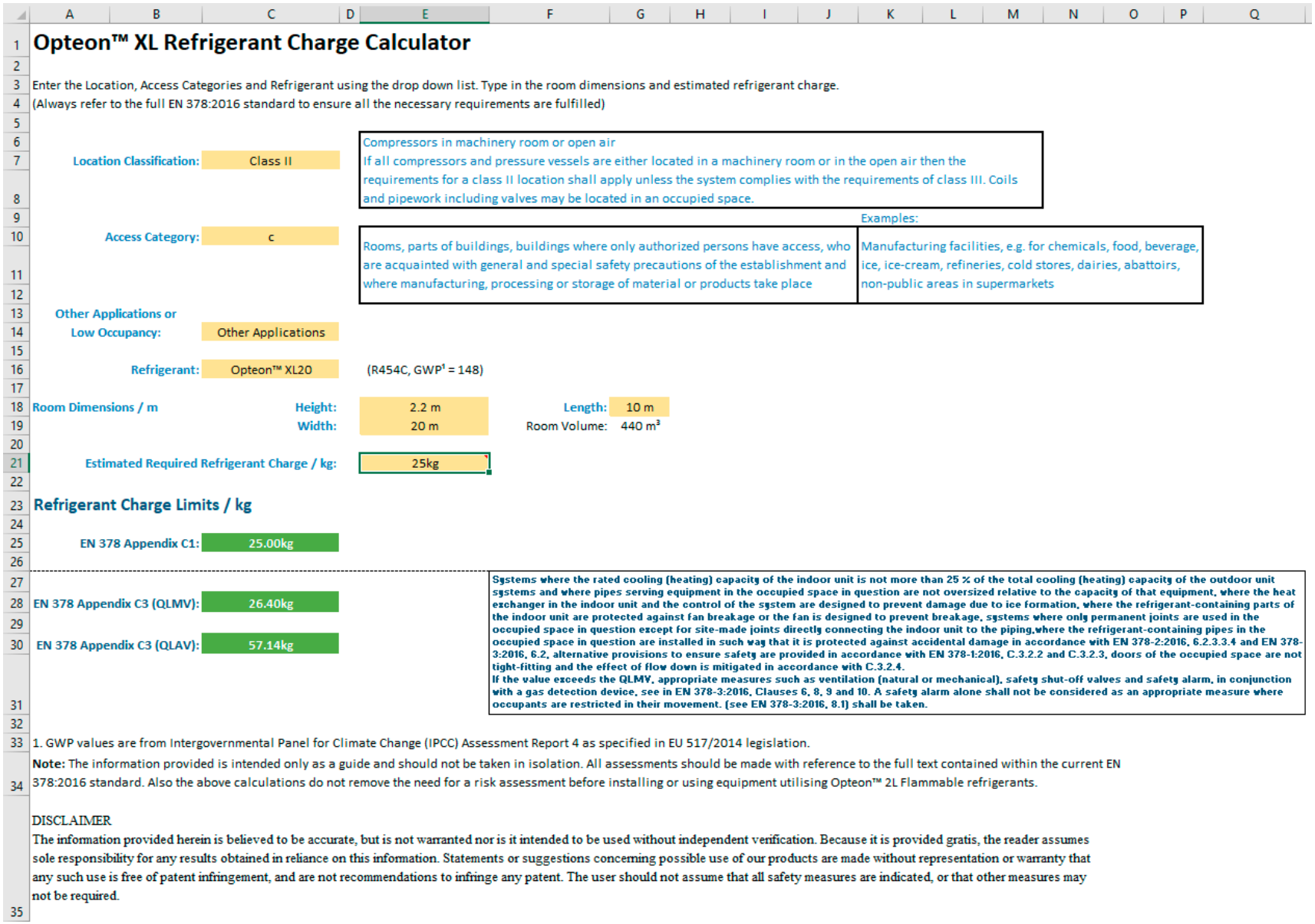
Figura 6 – Ejemplo con Opteon™ XL20 que muestra la carga máxima de refrigerantes utilizando el cálculo QLAV (EN 378-1:2016, Anexo C.3) comparado con el cálculo sin medidas de protección adicionales (EN 378-1:2016, Anexo C.1 o C.2)



Para simplificar el proceso de cálculo, Chemours ha desarrollado una hoja de cálculo que incorpora todos los distintos cálculos. Los cálculos para Human Comfort u Otras Aplicaciones están disponibles en hojas de trabajo separadas. Una vez que se elige la hoja de trabajo de aplicación correcta, el usuario solo tiene que seleccionar la Clase de ubicación, Categoría de acceso adecuada, seleccionar el refrigerante de interés, ingresar las dimensiones de la habitación (se supone una habitación rectangular; para otras formas, el volumen de la habitación o el área del piso se deben calcular y se introducirán las dimensiones adecuadas para lograr el mismo volumen o área del espacio y, si se conoce, la carga de refrigerante estimada para la instalación. Luego se calcula la carga máxima sin medidas de protección adicionales (C.1 o C.2), así como los valores de QLMV y QLAV (C.3). Si el tamaño de carga requerido se encuentra por debajo de la carga máxima calculada, la carga calculada aparecerá sombreada en verde, pero si la carga estimada es mayor que la carga calculada, la carga calculada aparecerá sombreada en rojo. Un ejemplo de un cálculo para Otras Aplicaciones se muestra en la *Figura 7*.

El uso de la hoja de cálculo permite que la guía adecuada para el tamaño de carga de EN 378:2016 se evalúe de forma rápida y sencilla. Es posible utilizar tamaños de carga superiores a los indicados en la norma, pero el diseñador/instalador/usuario del sistema debe poder demostrar, a través del proceso de evaluación de riesgos, que el uso de una carga mayor presenta un nivel de riesgo aceptable.

Figura 7 – Ejemplo del cálculo de tamaño máximo de carga de refrigerantes para Otras Aplicaciones basado en EN 378-1:2016



Opteon™ XL Refrigerant Charge Calculator

Enter the Location, Access Categories and Refrigerant using the drop down list. Type in the room dimensions and estimated refrigerant charge.
(Always refer to the full EN 378:2016 standard to ensure all the necessary requirements are fulfilled)

Location Classification:	Class II	Compressors in machinery room or open air If all compressors and pressure vessels are either located in a machinery room or in the open air then the requirements for a class II location shall apply unless the system complies with the requirements of class III. Coils and pipework including valves may be located in an occupied space.
Access Category:	c	Rooms, parts of buildings, buildings where only authorized persons have access, who are acquainted with general and special safety precautions of the establishment and where manufacturing, processing or storage of material or products take place Examples: Manufacturing facilities, e.g. for chemicals, food, beverage, ice, ice-cream, refineries, cold stores, dairies, abattoirs, non-public areas in supermarkets
Other Applications or Low Occupancy:	Other Applications	
Refrigerant:	Opteon™ XL20	(R454C, GWP[1] = 148)

Room Dimensions / m				
Height:	2.2 m	Length:	10 m	
Width:	20 m	Room Volume:	440 m³	
Estimated Required Refrigerant Charge / kg:	25kg			

Refrigerant Charge Limits / kg

EN 378 Appendix C1:	25.00kg
EN 378 Appendix C3 (QLMV):	26.40kg
EN 378 Appendix C3 (QLAV):	57.14kg

Systems where the rated cooling (heating) capacity of the indoor unit is not more than 25 % of the total cooling (heating) capacity of the outdoor unit systems and where pipes serving equipment in the occupied space in question are not oversized relative to the capacity of that equipment, where the heat exchanger in the indoor unit and the control of the system are designed to prevent damage due to ice formation, where the refrigerant-containing parts of the indoor unit are protected against fan breakage or the fan is designed to prevent breakage, systems where only permanent joints are used in the occupied space in question except for site-made joints directly connecting the indoor unit to the piping,where the refrigerant-containing pipes in the occupied space in question are installed in such way that it is protected against accidental damage in accordance with EN 378-2:2016, 6.2.3.3.4 and EN 378-3:2016, 6.2, alternative provisions to ensure safety are provided in accordance with EN 378-1:2016, C.3.2.2 and C.3.2.3, doors of the occupied space are not tight-fitting and the effect of flow down is mitigated in accordance with C.3.2.4.
If the value exceeds the QLMV, appropriate measures such as ventilation (natural or mechanical), safety shut-off valves and safety alarm, in conjunction with a gas detection device, see in EN 378-3:2016, Clauses 6, 8, 9 and 10. A safety alarm alone shall not be considered as an appropriate measure where occupants are restricted in their movement. (see EN 378-3:2016, 8.1) shall be taken.

1. GWP values are from Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC) Assessment Report 4 as specified in EU 517/2014 legislation.

Note: The information provided is intended only as a guide and should not be taken in isolation. All assessments should be made with reference to the full text contained within the current EN 378:2016 standard. Also the above calculations do not remove the need for a risk assessment before installing or using equipment utilising Opteon™ 2L Flammable refrigerants.

DISCLAIMER

The information provided herein is believed to be accurate, but is not warranted nor is it intended to be used without independent verification. Because it is provided gratis, the reader assumes sole responsibility for any results obtained in reliance on this information. Statements or suggestions concerning possible use of our products are made without representation or warranty that any such use is free of patent infringement, and are not recommendations to infringe any patent. The user should not assume that all safety measures are indicated, or that other measures may not be required.

Evaluación de riesgos – consideraciones de inflamabilidad

Ya se ha indicado que el cumplimiento de la norma EN 378:2016 no elimina el requisito de una evaluación de riesgos. Aunque a menudo se pasa por alto, siempre ha sido un requisito realizar evaluaciones de riesgo para cualquier equipo que utilice refrigerantes, independientemente de la clasificación de inflamabilidad. El uso de refrigerantes inflamables obviamente presenta riesgos adicionales potenciales y, por lo tanto, cualquier proceso de evaluación de riesgos estándar utilizado para refrigerantes con clasificación A1 debe revisarse para garantizar que la evaluación de los riesgos relacionados con la inflamabilidad esté completamente cubierta.

Dentro de la Unión Europea, la Directiva ATEX 137 para el Lugar de Trabajo (1999/92/EC)[6] es la guía principal a considerar. Esta directiva se implementará a nivel nacional en cada país y puede tener un nombre diferente, p. ej. en el Reino Unido, la Directiva ATEX 137 existe como el "Reglamento de Sustancias Peligrosas y Atmósfera Explosiva (DSEAR)". Curiosamente, el Reglamento DSEAR del Reino Unido requiere una evaluación de riesgos DSEAR (ATEX) para cualquier gas presurizado, ya sea inflamable o no, lo que significa que el proceso de evaluación de riesgos cuando se utiliza un refrigerante ligeramente inflamable no es fundamentalmente tan diferente a cuando se utiliza un refrigerante no inflamable, aunque es probable que el uso de un refrigerante ligeramente inflamable agregue cierta complejidad al proceso. Cabe señalar que en algunos países pueden existir requisitos nacionales adicionales y los usuarios deben asegurarse de que estos también se tengan en cuenta.

Los principios fundamentales de la evaluación de riesgos, con respecto a la formación de posibles atmósferas inflamables, se describen en la norma EN 60079-10-1:2015, que requiere la identificación de:

- posibles fuentes de emisión,
- tasa, frecuencia y duración de la emisión,
- efectividad de la ventilación,
- tipo de zona (atmósfera inflamable presente continuamente, ocasionalmente o no durante el funcionamiento normal)
- extensión (tamaño) de la zona.

Las formas principales de fuentes de ignición que deben considerarse para aplicaciones de refrigeración son aquellas que producen energía en forma de calor, electricidad, mecánica y química, pero se puede encontrar una lista completa y una descripción de las posibles fuentes de ignición en EN 1127-1:2012.

Se requerirán evaluaciones de riesgo individuales en todas las etapas de uso, desde el diseño y la fabricación, hasta las etapas de instalación/desmantelamiento, mantenimiento y uso normal. En general, se acuerda que el mayor riesgo se produce durante la instalación, el mantenimiento o la clausura. Durante estas operaciones puede ser necesario introducir zonas de riesgo temporal adicionales y medidas de seguridad.

Una vez que se hayan definido las zonas, será necesario identificar y eliminar cualquier fuente de ignición dentro de la zona o establecer controles para evitar un evento de ignición en caso de que ocurra una atmósfera inflamable.

Como se muestra en la *Tabla 2*, las propiedades de inflamabilidad son significativamente diferentes a las de los refrigerantes A3, como el propano. Muchas fuentes de ignición potenciales que podrían causar una ignición con propano no son fuentes de ignición para muchos de los refrigerantes A2L. Los resultados de las pruebas[7] realizadas por el Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración (AHRI) se muestran en la *Tabla 6* y muestran claramente que muchos aparatos eléctricos domésticos e incluso chispas de fricción y cigarrillos humeantes no pueden considerarse fuentes de ignición cuando se usan los refrigerantes A2L. De hecho, el cigarrillo fue extinguido por el refrigerante a los dos minutos de haber sido colocado dentro de la mezcla de refrigerante inflamable.

Tabla 6 – **Resultados de las pruebas de ignición que utilizan refrigerantes A2L en la mezcla estequiométrica con aire (atmósfera inflamable) del Informe AHRI no. 8017**

Fuente potencial de ignición	R-32	Opteon™ XL55	Opteon™ XL10
Alambre caliente	D	D	D
Fósforo	D	D	L
Inserción de llama más ligera	D	L	L
Fuga incidiendo en la vela	L	N	L
Cigarro	N	N	N
Encendedor de barbacoa	N	N	N
Enchufe y receptáculo	N	N	N
Cambio de luz	N	N	N
Batidora de mano	N	N	N
Taladro inalámbrico	N	N	N
Chispas por fricción	N	N	N
Secador de pelo	N	N	N
Tostadora	N	N	N
Inserción de placa caliente	N	N	N
Inserción de calentador de espacio	N	N	N

Leyenda: **D** – Deflagración (llama propagada lejos de la fuente de ignición), **L** – Llama localizada (sin propagación de la llama), **N** – Sin combustión de refrigerante



Resumen

Desde la publicación de los primeros artículos en 1974 que revelaron los efectos ambientales de las emisiones de refrigerantes a la atmósfera, la comprensión de los efectos de estas emisiones ha llevado al desarrollo de productos cada vez más sostenibles ambientalmente, con una legislación internacional que alienta a los usuarios a alejarse de los productos perjudiciales para el medio ambiente. Los últimos acuerdos que abordan las preocupaciones sobre la contribución de las emisiones de refrigerante al cambio climático han llevado a una ruta desde el uso de productos con alto GWP, como el R-404A, hasta los refrigerantes sostenibles a largo plazo basados en HFO, ligeramente inflamables, como la serie Opteon™ XL a través de productos no inflamables de bajo GWP, como el Opteon™ XP40, que eventualmente logrará una reducción de >80% en las emisiones directas equivalentes de CO_2.

El uso de refrigerantes ligeramente inflamables todavía es nuevo en la industria, pero las regulaciones y los estándares están cambiando y ofrecen orientación sobre cómo usar estos productos de manera segura con respecto a los tamaños de carga, que pueden ser 10 veces mayores que los tamaños de carga considerados "seguros" cuando se usan hidrocarburos altamente inflamables en espacios ocupados. Esta flexibilidad de tamaño de carga está generando oportunidades para que los fabricantes de equipos y los usuarios finales puedan pasar a opciones de bajo GWP sostenibles de manera segura y rentable, al tiempo que mantienen el rendimiento y utilizan la misma tecnología básica a la que han estado acostumbrados. Se están desarrollando aplicaciones desde aire acondicionado y bombas de calor, hasta pequeños sistemas de venta minorista y sistemas comerciales de múltiples compresores, para aprovechar las propiedades mejoradas de los refrigerantes de la serie Opteon™ XL y el equipo técnico de Chemours está listo y dispuesto a ayudarle con estos desarrollos.

Referencias

1. Reglamento (UE) nº 517/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de abril de 2014, sobre los gases fluorados de efecto invernadero.
2. Enmienda al Protocolo de Montreal sobre sustancias que agotan la capa de ozono, Kigali, 15 de octubre de 2016, referencia: C.N.872.2016.TREATIES-XXVII.2.f.
3. La base de la ciencia física. Contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor y H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EE. UU., 33, 2007.
4. Gases fluorados de efecto invernadero 2018 Datos reportados por las empresas sobre la producción, importación, exportación y destrucción de gases fluorados de efecto invernadero en la Unión Europea, 2007-2017, Informe EEA no 211/2018, ISBN 978-92-9213-991-9, Doi: 10.2800/16180.
5. Seguimiento de los precios de los refrigerantes en el contexto del Reglamento (UE) nº 517/2014 Q3 /2018 - enero de 2019, Öko-Recherche, contrato nº 4.0201 / 2015/716695 / SER / CLIMA.C.2.
6. DIRECTIVA 1999/92 / CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 1999 sobre requisitos mínimos para mejorar la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores potencialmente expuestos a atmósferas explosivas (15ª Directiva individual en el sentido del artículo 16 (1) de la Directiva 89/391/CEE), (DO L 23 de 28.1.2000, p. 57).
7. Informe AHRI No. 8017, Investigación de energía producida por fuentes potenciales de ignición en aplicaciones residenciales, Informe final, 3 de noviembre de 2017, Dennis K. Kim y Peter B. Sunderland, Departamento de Ingeniería de Protección contra Incendios, Universidad de Maryland, College Park, Maryland.

Sobre los refrigerantes Opteon™



La gama de refrigerantes Opteon™ ofrece un equilibrio óptimo de sostenibilidad medioambiental, prestaciones, seguridad y coste para ayudar a cumplir tanto la normativa como los objetivos de negocio.

Específicamente, en Europa, la gama de refrigerante de muy bajo GWP Opteon™ XL apoya los cambios del mercado que requiere la normativa F-Gas y permite a los clientes seleccionar su solución óptima – teniendo en cuenta las prestaciones, seguridad, sostenibilidad y coste total del propietario.

Los negocios confían en los Refrigerantes Opteon™ por ofrecer:

Bajo GWP:
Hasta un 99% de reducción en comparación a otras generaciones previas de refrigerantes.

No afecta a la capa de ozono:
La familia de refrigerantes basada en HFO no afecta a la capa de ozono.

Facilidad de conversión:
Minimiza los costes y tiempos de parada por conversión.

Excelente capacidad:
Prácticamente similar a muchas tecnologías con base HCFC y HFC.

Eficiencia energética:
Un menor consumo de energía genera ahorros a largo plazo durante la vida útil del sistema.

Cumplimiento normativa a largo plazo:
Los refrigerantes con base HFO pueden cumplir o superar las normas de los estándares globales y locales.

Expertos informados:
Con más de 85 años de experiencia en la industria, los expertos en refrigerantes de Chemours pueden ayudar a los clientes tanto a cumplir normas como a lograr las mejores prestaciones.

Visite Opteon.com/regulations para más información sobre la sustitución de HFC o para contactar con nuestros expertos.

Chemours™

La información aquí expuesta se proporciona de forma gratuita y se basa en datos técnicos que Chemours considera confiables. No ofrecemos ninguna garantía, expresa o implícita, y no asumimos ninguna responsabilidad en relación con el uso de esta información. Nada en este documento debe tomarse como una licencia para operar o una recomendación para infringir cualquier patente o solicitud de patente.

©2019 The Chemours Company FC, LLC, Opteon™ y los Logos asociados son Marcas Registradas o copyrights de The Chemours Company FC, LLC. Chemours™ y el Logo de Chemours son Marcas Registradas de The Chemours Company.