

¿QUÉ SON LOS REFRIGERANTES A2L Y POR QUÉ SON NECESARIOS?

por Stephen Spletzer

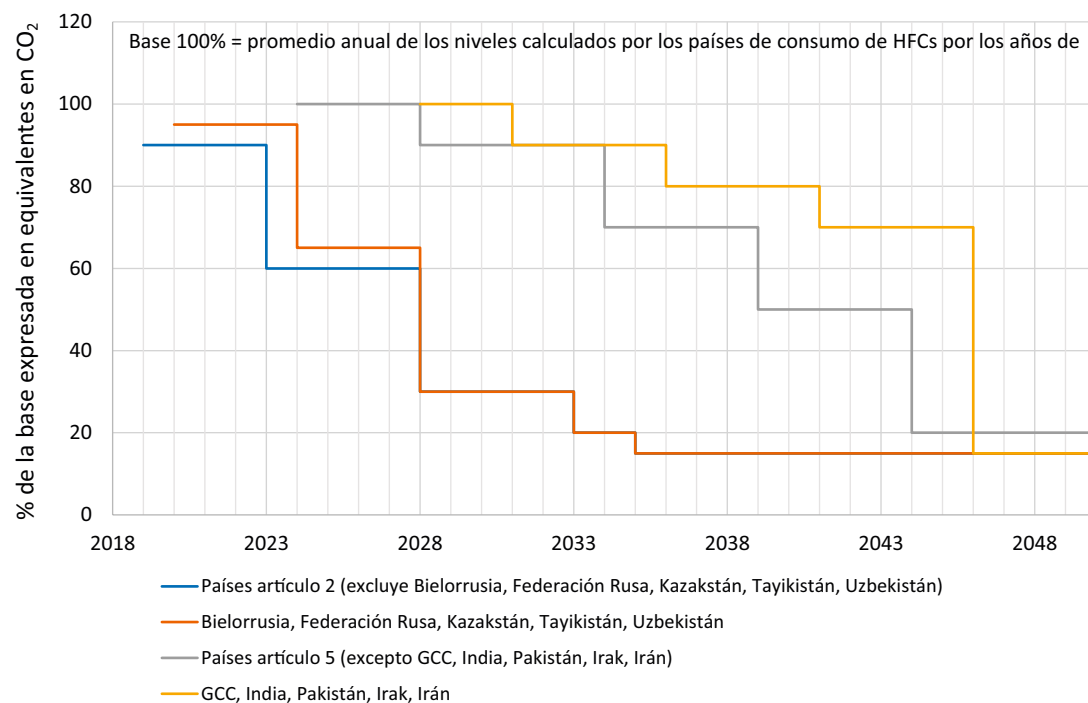


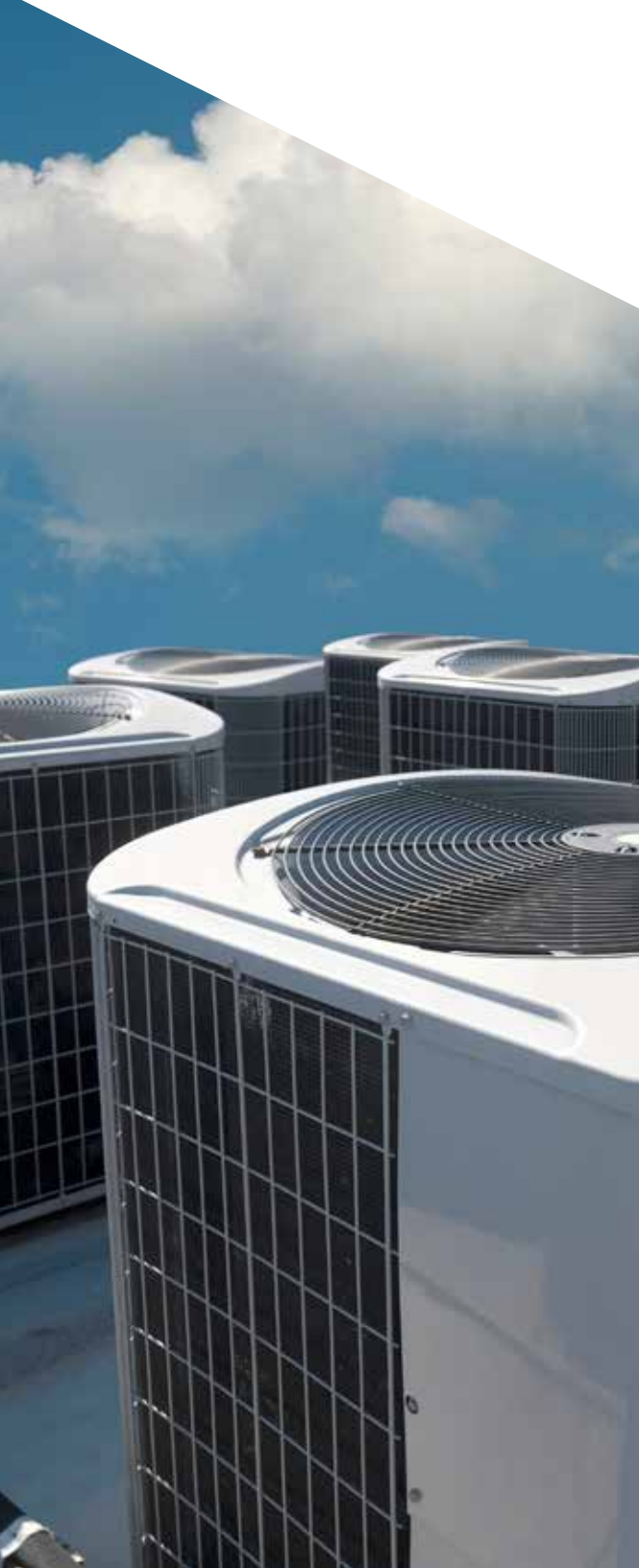


Introducción

Las normativas que se centran en luchar contra el cambio climático a niveles globales, regionales, nacionales, e incluso locales, dan lugar a una transición de la industria de Refrigeración y Aire Acondicionado (RAC) hacia soluciones refrigerantes con menor potencial de calentamiento global (GWP). A nivel internacional, la Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal establece el marco para una disminución gradual de los refrigerantes HFC, que se define sobre la base del peso del GWP. Se han establecido líneas básicas de comienzo diversas y calendarios para las distintas agrupaciones por países (ver *Figura 1*). El resultado final de esto es que los países que participan tendrán que reducir su base de peso

Figura 1 – Enmienda de Kigali con planificación de reducción





de GWP en sus niveles de consumo de HFC/ HCFC en un 15 al 20% de sus líneas básicas establecidas. Hasta ahora, esta enmienda ha sido ratificada por más de 60 países y entró en vigor el 1 de enero de 2019.

Como respuesta a la Enmienda de Kigali, las normativas regionales y nacionales van tomando forma en muchas partes del mundo. La normativa F-Gas en Europa, anterior a Kigali, ya ha establecido una serie de rebajas en el consumo del HFC en la UE, a la vez que los límites específicos de aplicación del GWP que serán de aplicación en los próximos años. Japón y Canadá también han establecido límites específicos de aplicación del GWP. En EEUU, la EPA ha introducido varias normas SNAP (Significative New Alternatives Policy/Política de Nuevas Alternativas Significativas) que aprueban alternativas de menor GWP. Otros países y áreas geográficas están desarrollando diversas propuestas. No obstante, prevalece una línea en todas estas políticas, que es que los

GWP de los refrigerantes que utiliza la industria RAC tendrán que reducirse en gran medida para cumplir estas obligaciones normativas.

Se han desarrollado innovadores y nuevos refrigerantes, tales como las hidrofluoro-olefinas (HFOs), que tienen un GWP considerablemente menor que el de los HFC. Estas y otras alternativas (p.e. los hidrocarburos [HC], mezclas, etc.) poseen, no obstante, distintos grados de inflamabilidad. Con este fin, la industria RAC ha pasado los últimos años preparándose para una transición a los refrigerantes inflamables. Este informe ofrece una visión general de algunos de los refrigerantes de menor GWP que se han desarrollado, junto con factores clave que deben tenerse en cuenta al trabajar con refrigerantes inflamables. Se han revisado también las clases de seguridad y los parámetros de inflamabilidad, así como su efecto en la selección del refrigerante. Por último, también se destaca el impacto de códigos y normas.

Cómo encontrar el equilibrio perfecto

Los hidrofluorocarburos (HFCs) han servido como los sustitutos primarios para los refrigerantes nocivos para la capa de ozono (p.e. los clorofluorocarburos [CFCs] y los hidroclorofluorocarburos [HCFCs]) durante casi tres décadas - productos como R-134a, R-404A, y R-410A. Sin embargo, muchos de estos sustitutos poseen un GWP relativamente elevado, y por eso se centran en ellos los esfuerzos de la normativa actual para reducir el impacto medioambiental de las emisiones de refrigerantes. Se han desarrollado algunos refrigerantes con un GWP menor, entre ellos Opteon™ XP41 (R-463A), XP40 (R-449A), XP44 (R-452A), XP10 (R-513A), y XP30 (R-514A). Mientras que algunos de estos productos están teniendo un efecto significativo sobre la reducción del impacto de calentamiento de los sistemas RAC por medio de una eficiencia mayor y GWPs perceptiblemente menores, algunos de ellos se quedan cortos con respecto a los objetivos de un GWP muy bajo (<150) impuesto por algunos de los requisitos normativos más estrictos. En la actualidad, no existen alternativas no inflamables de muy bajo GWP con presiones cercanas a las de R-22, R-404A y R-410A. En muchas aplicaciones existentes,

la industria debe evaluar el uso de opciones inflamables (p.e. los productos Opteon™ XL) que cumplan con los requisitos normativos futuros (ver alternativas de Clase 2L, *Tabla 1*).

Durante décadas se han utilizado alternativas a los HFCs existentes, que tenían GWPs más elevados. Los químicos industriales,

como los hidrocarburos, amoníaco (R-717) y CO₂ poseen GWPs bajos y sus aplicaciones están aumentando. No obstante, todos estos productos tienen sus límites. Los hidrocarburos son altamente inflamables (índice de seguridad A3 - ISO 817-2014 - y también norma ANSI/ASHRAE 34-2016), lo que suele limitar su uso a cargas menores de refrigerante en equipos

*Tabla 1 - Alternativas de refrigerantes de GWP más bajo**

Refrigerante standard de la industria (GWP)	Alternativas no inflamables - Clase 1 (GWP)	Alternativas medianamente inflamables - Clase 2L (GWP)
R-123 (79)	R-1233zd (1) Opteon™ XP30 - R-514A (2)	-----
R-134a (1300)	R-450A (547) Opteon™ XP10 - R-513A (573)	Opteon™ XL10 - R-1234yf (<1) R-1234ze (<1)
R-22 (1760) R-404A (3943)	R-448A (1273) Opteon™ XP40 - R-449A (1282) Opteon™ XP44 - R-452A (1945)	Opteon™ XL40 - R-454A (238) Opteon™ XL20 - R-454C (146)
R-410A (1924)	Opteon™ XP41 - R-463A (1377)	R-32 (677) Opteon™ XL55 - R-452B (676) Opteon™ XL41 - R-454B (467)

*los valores GWP se basan en AR5 (100 años)

autónomos. El amoníaco posee elevada toxicidad e inflamabilidad mediana (índice de seguridad B2L), a la vez que preocupa por su compatibilidad con otros materiales. Su uso se da en la mayoría de los casos en aplicaciones industriales. El CO₂ no es inflamable, pero posee presiones muy elevadas y una temperatura crítica relativamente baja (31 °C), lo que afecta a su uso y eficiencia en determinadas áreas geográficas. Además, todos estos productos precisan que se rediseñe significativamente la arquitectura de los sistemas existentes con HFC.

Dadas las limitaciones de los químicos industriales y la falta de alternativas no inflamables de muy bajo GWP para muchas aplicaciones, se precisan soluciones nuevas y diferentes. La industria se pregunta si se podrían desarrollar nuevos refrigerantes que ofrezcan mejor equilibrio para los requisitos de prestaciones de los diseños de sistemas RAC. ¿Podrían encontrarse fluidos que proporcionen muy bajos GWP, al tiempo que reducen los riesgos asociados al uso de refrigerantes altamente inflamables y minimicen el nivel del rediseño del sistema requerido para el uso de

los químicos industriales? La respuesta a esta pregunta es afirmativa.

Los HFO han llegado recientemente al mercado de RAC. Aunque son químicamente estables dentro de los sistemas RAC, los HFO se desintegran fácilmente en la atmósfera, y por ello tienen muy bajo GWP y un impacto mínimo en el medio ambiente. De hecho, los GWP de varios HFO son menores que los de los químicos industriales como el CO₂. Algunos HFO no son inflamables (índice de seguridad A1), pero son de baja presión (p.e. son similares al R-123). Otros son medianamente inflamables (índice de seguridad A2L) con presiones medias (p.e. parecidos al R-134a). Aunque los HFO prometen alternativas de bajo GWP a los HFC y HCFC, son claramente menores en capacidad a los productos existentes de alta presión (p.e. R-22, R-404A, o R-410A) y no los pueden reemplazar directamente en muchas aplicaciones. Por ello, a menudo se mezclan con HFCs para producir mezclas con un GWP inferior (p.e. Opteon™), muchas de las cuales son medianamente inflamables (índice de seguridad A2L).



Hay dos grupos principales de refrigerantes inflamables que compiten al cumplir los requisitos de alternativas de menor GWP para muchas aplicaciones RAC - A3 (p.e. hidrocarburos) y A2L, que se componen

principalmente de HFC R-32, HFOs y mezclas HFO. Aunque todos estos productos son inflamables, existen diferencias considerables en sus clasificaciones de seguridad y sus parámetros de inflamabilidad. Estas diferencias

afectan a la forma en que estos productos pueden aplicarse con seguridad e impactan a los riesgos relativos asociados a su uso.

Clasificaciones de seguridad y parámetros de inflamabilidad

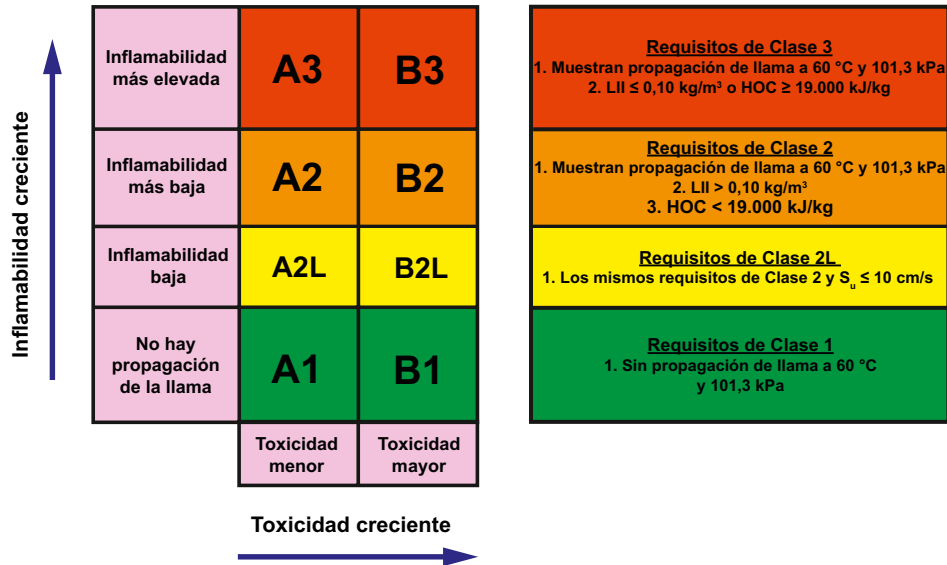
Los grupos de seguridad de los refrigerantes se basan en los requisitos de toxicidad e inflamabilidad de las normas ISO 817 (2014) y ANSI/ASHRAE Standard 34 (2016). La toxicidad se divide en dos clases - 'A' para toxicidad más baja y 'B' para toxicidad más elevada. Los refrigerantes de mayor toxicidad (p.e. R-123 y R-717) se limitan por lo general a sistemas indirectos, tales como los enfriadores de las salas de máquinas. La inflamabilidad se divide en cuatro clases distintas - Clase 1, Clase 2L, Clase 2, y Clase 3. Los hidrocarburos, tales como el propano o isobutano, tienen índices de seguridad de A3. Muchas mezclas con base de HFOs o HFO y algunos HFCs tienen

índices de seguridad A2L. En la *Figura 2* se muestra una matriz de grupos de seguridad en refrigerantes, junto con los criterios para las distintas clases de inflamabilidad.

Un requisito para todas las clases de seguridad de refrigerantes inflamables (p.e. 2L, 2, y 3) es que debe darse propagación de la llama al probarlos según la ASTM E681, *Método de ensayo estándar para la concentración de límites de inflamabilidad de productos químicos (vapores y gases)* (2002). No obstante, es importante observar que ciertos refrigerantes que se describen como típicamente no inflamables con una clase de seguridad de 1

que no muestran propagación de la llama, pueden descomponerse al verse expuestos a la llama. Al evaluar los requisitos de ensayos para cada clase, puede resultar difícil para un observador casual evaluar el impacto conjunto que las distintas clases tienen en el diseño o la seguridad del equipo. No obstante, se enumeran también varios parámetros de inflamabilidad en los requisitos del ensayo, incluidos el Límite Inferior de Inflamabilidad (LII), Temperatura de Ignición, y la Velocidad de Combustión (S_{D}). Hay que tener en cuenta los parámetros de inflamabilidad para hacer comparaciones objetivas del impacto relativo que los distintos refrigerantes poseen en el diseño y la seguridad

Figura 2 - Clasificaciones de seguridad y requisitos de ensayos de inflamabilidad



del sistema. En la *Tabla 2* se muestra una lista de los parámetros más importantes de inflamabilidad, junto con datos de propiedades de R-1234yf, R-32 y R-290. R-1234yf es un HFO, mientras que R-32 es un HFC. Ambos poseen un índice de seguridad A2L y se utilizan como alternativas a refrigerantes de GWP más elevado o como componentes en mezclas refrigerantes. El R-290, o propano (índice de

seguridad A3), es un hidrocarburo que está viendo cómo se incrementa su uso en equipos de refrigeración comercial autónomos.

Límites de inflamabilidad, ASTM E681 y ASTM D3065

Los límites de inflamabilidad se determinan utilizando el ensayo estándar ASTM E681

mencionado anteriormente. Todos los refrigerantes inflamables, tengan inflamabilidad baja (p.e. A2L) o alta (p.e. A3), pueden propagar la llama y por tanto tendrán límites de inflamabilidad. Estos límites (LII y LSI) definen las concentraciones mínima y máxima de una sustancia en el aire que pueden propagar la llama. Por encima del LSI, la concentración es demasiado elevada y no hay suficiente oxígeno en el aire. A menor LII, mayor riesgo, ya que se puede llegar a una concentración inflamable por fugas más fácilmente. A mayor diferencia entre LSI y LII, mayor ventana de concentración en la que podría potencialmente darse la combustión. Tal como se ve en la *Tabla 2*, el R-290 posee un LII muy inferior a R-32 y R-1234yf. Por eso, es potencialmente más fácil alcanzar una concentración inflamable de una pérdida con R-290. Esto es lo característico de los A3 frente a los A2L, ya que los hidrocarburos (A3) tienden a tener límites de inflamabilidad inferiores que los A2L. Además, los pesos moleculares de estas moléculas tienden también a ser inferiores que las de los A2L, lo que significa que se precisa una masa menor para alcanzar una concentración inflamable. Esto resulta crítico al

Tabla 2 - Parámetros de inflamabilidad de refrigerantes

Refrigerante, ASHRAE #	R-1234yf	R-32	R-290
Clasificación de seguridad	A2L	A2L	A3
Límite Inferior de Inflamabilidad (LII) (vol.-% en el aire / kg/m ³)	6,2/0,289	14,4/0,307	2,2/0,038
Límite Superior de Inflamabilidad (LSI) (vol.-% en el aire)	12,3	29,3	10,0
LSI - LII (vol.-% en el aire)	6,1	14,9	7,8
Energía Mínima de Ignición (EMI) (mJ)	> 5.000	30 - 100	0,25
Velocidad de combustión (S_u) (cm/s)	1,5	6,7	46
Calor de combustión (HOC) (kJ/g)	10,7	9,4	46,3

diseñar equipos, ya que incide en gran medida en el tamaño de carga del sistema.

El impacto potencial de la diferencia en LII en “escenarios de fuga” puede ser mostrado de manera visual más fácilmente utilizando la norma ASTM D3065, *Métodos de ensayo estándar para inflamabilidad de productos aerosoles* (2001). En esta norma, se utiliza un ensayo de proyección de llama para ver los riesgos de inflamabilidad potencial de los productos aerosoles. Se rocía un bote de aerosol en una llama de vela. Si se propaga la llama, se

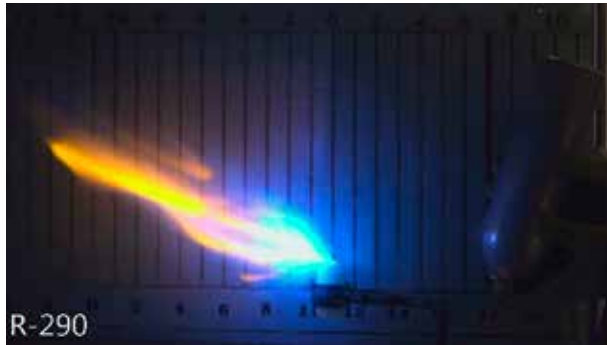
mide la extensión de la llama y se registra. Los R-1234yf, R-32 y R-290 se ensayaron con este procedimiento. Cuando el bote estaba en posición vertical y se rociaba en la vela, la vela se apagaba con los tres refrigerantes. Aunque no se midieran las concentraciones en este caso, esto sugiere que las mezclas refrigerante/aire se mueven a una velocidad considerable, lo que puede que ayudara a apagar la vela. El bote se invertía entonces, para que el refrigerante líquido alimentara la boquilla en lugar del vapor. Con esto, se obtuvieron concentraciones más elevadas de refrigerante con las que alimentar

la vela. En todos los ensayos que se llevaron a cabo con los dos productos A2L (R-1234yf y R-32), también se apagaba la vela, lo que sugiere de nuevo que no se alcanzaba la concentración LII en la vela mientras aún estaba encendida. No obstante, con propano, se producía una llama grande, tal como se muestra en la *Figura 3*. Esto sugiere que con el R-290 se produjo una concentración inflamable en la llama de la vela. No resulta sorprendente, ya que el propano se utiliza a menudo como gas de soldadura. Sin embargo, es importante observar que mientras que a los refrigerantes A2L les cuesta más la ignición que a los A3, una llama abierta puede generarse con cualquier refrigerante inflamable cuando se alcanza una concentración inflamable.

Energía Mínima de Ignición y ASTM E582

La Energía Mínima de Ignición, EMI, es también un parámetro crítico de inflamabilidad a tener en cuenta al diseñar equipos. Se refiere a la cantidad mínima de energía precisa para encender una mezcla inflamable de gas/aire. Las fuentes de ignición por debajo de este nivel no producirán ignición. Los vapores de hidrocarburo pueden

Figura 3 - Imagen de una proyección de llama de R-290 durante un ensayo



prender fácilmente con muchas fuentes de energía, incluso a veces con los niveles mínimos producidos por la electricidad estática. Se muestra un ejemplo de una ignición de propano utilizando ASTM E582 (2013) a 1 mJ en la Figura 4. El EMI de R-290, tal como se ve en la Tabla 2, está en órdenes de magnitud inferiores a los niveles precisos para que prenda los refrigerantes A2L. Las implicaciones de esta diferencia son significativas tanto para la seguridad como para el diseño de equipos, ya que los componentes que se encuentran en la fuente de ignición con los A3 a menudo no pueden ser fuente de ignición para los A2L. Abordaremos

esto más adelante en **Actividades industriales e implicaciones de códigos y estándares.**

Velocidad de combustión y ensayos con encendedor de butano

La velocidad de combustión (S_u) se define como "la velocidad máxima (in./s [cm/s]) a la cual se propaga una llama laminar en una dirección normal en relación al gas no quemado por delante de ella" (ANSI/ASHRAE Standard 34-2016). Se utiliza esta propiedad para ayudar a clasificar los refrigerantes A2L, que deben tener una velocidad de combustión ≤ 10 cm/s. En la Tabla 2, podemos ver que el R-290 (al igual que otros hidrocarburos) posee un S_u significativamente más elevado que los productos A2L. Esto posee implicaciones en seguridad, ya que velocidades más elevadas de ignición pueden producir riesgos potenciales más elevados. Si ocurre una ignición de refrigerantes A3 con velocidades mayores de ignición, se puede dar una propagación y difusión más rápida de la llama. A una propagación más rápida de la llama, se pueden producir índices más rápidos de elevación de la

Figura 4 - Imágenes progresivas de un ensayo de energía mínima de ignición de un R-290 realizado @ 1 mJ

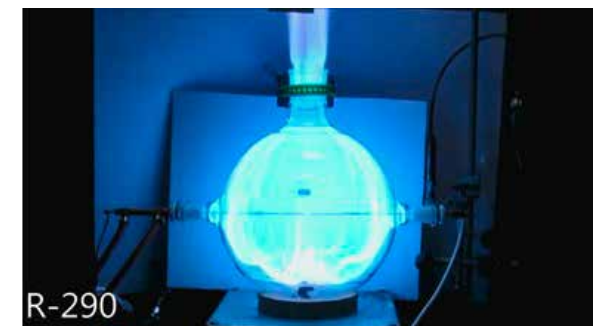
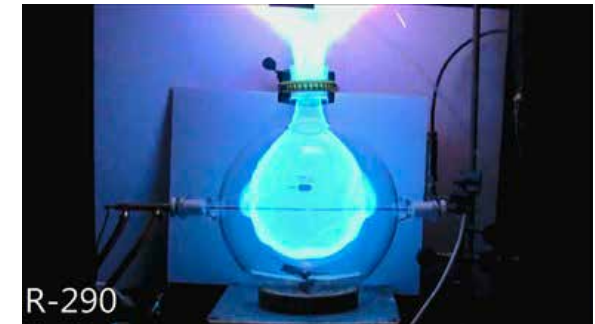


Tabla 3 - Concentraciones de refrigerante durante la prueba con encendedor de butano

Refrigerante, ASHRAE #	R-1234yf	R-32	R-290
Clasificación de seguridad ASHRAE	A2L	A2L	A3
Concentración estequiométrica (vol. %)	7,73	17,32	4,02
Concentración durante la prueba (vol. %)	9,0	19,0	4,2
Carga del refrigerante durante la prueba (g)	5,12	4,93	0,92

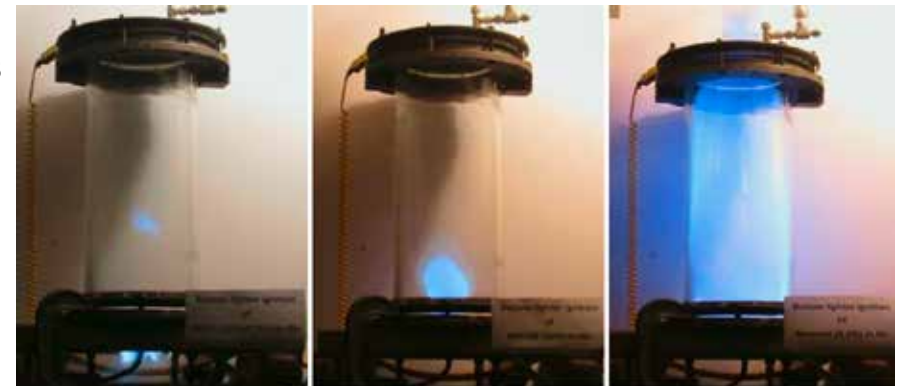
presión, que puede aumentar la gravedad de los sucesos de ignición.

Aunque no se prestan específicamente para la caracterización de la velocidad de combustión o la elevación de la presión, las imágenes contiguas están tomadas de videos de ensayos de encendedores de butano pueden dar sentido de las diferencias en las velocidades de ignición e índices de elevación de presión de distintos refrigerantes. En la realización de este ensayo, un encendedor con llama de butano se inserta en la parte superior de un recipiente vertical cargado con refrigerante inflamable. La llama asciende por la vasija y emerge por un tope de goma que reposa ligeramente sobre la parte superior del conjunto de ensayo para aligerar

la presión ascendente. Los “peores casos de concentraciones” de R-1234yf, R-32 y R-290, que estaban ligeramente por encima de la estequiométrica de cada refrigerante, se cargaron en el recipiente y prendieron. La Tabla 3 muestra las concentraciones

utilizadas durante los ensayos. Los tamaños de carga de productos A2L eran cinco veces mayores que el tamaño de carga del R-290. La Figura 5 muestra el ensayo llevado a cabo para cada refrigerante a 0,083 s después de producirse la ignición. En este punto temporal, el R-1234yf (que tenía el S_u más bajo) produjo la llama más pequeña. El R-32, con una velocidad de combustión más elevada, de 6,7 cm/s, muestra una llama mayor y más desarrollada y expandida. Para R-290, que posee una velocidad de combustión mucho mayor, la llama ya ha envuelto el recipiente y ha salido por la parte superior, extendiéndose fuera del campo de vista de la cámara. Mientras tanto, el crecimiento de la presión asociada a

Figura 5 - Pruebas con encendedor de butano 0,083 s tras la ignición (R-1234yf [izquierda], R-32 [centro], R-290 [derecho])



la ignición del R-290 ha proyectado el tapón de goma de la vasija a una velocidad elevada, haciendo saltar la tapa. Se observa que, para la ignición de cada refrigerante, la llama envolvió el recipiente al completo y que, al elevarse la presión, el tapón de goma salió despedido. No obstante, en el caso de R-1234yf y R-32, las llamas se propagaron mucho más despacio y el tapón simplemente saltó ligeramente hacia arriba, cayendo sobre el tope del recipiente, en contraposición al lanzamiento de la tapa.

Calor de combustión, temperatura de ignición de superficie caliente y alambre incandescente

El calor de combustión (HOC) es el calor por unidad de masa liberado durante la combustión de una sustancia. Cuanto más alto es el HOC, mayor es el riesgo, ya que esto puede llevar a temperaturas más altas durante un evento de ignición, lo que podría aumentar su peligrosidad. El HOC para R-290 es aproximadamente 4,5 a 5 veces mayor que el de los A2L.

Si bien no se mencionó anteriormente, otro parámetro de inflamabilidad del refrigerante que está siendo investigado actualmente

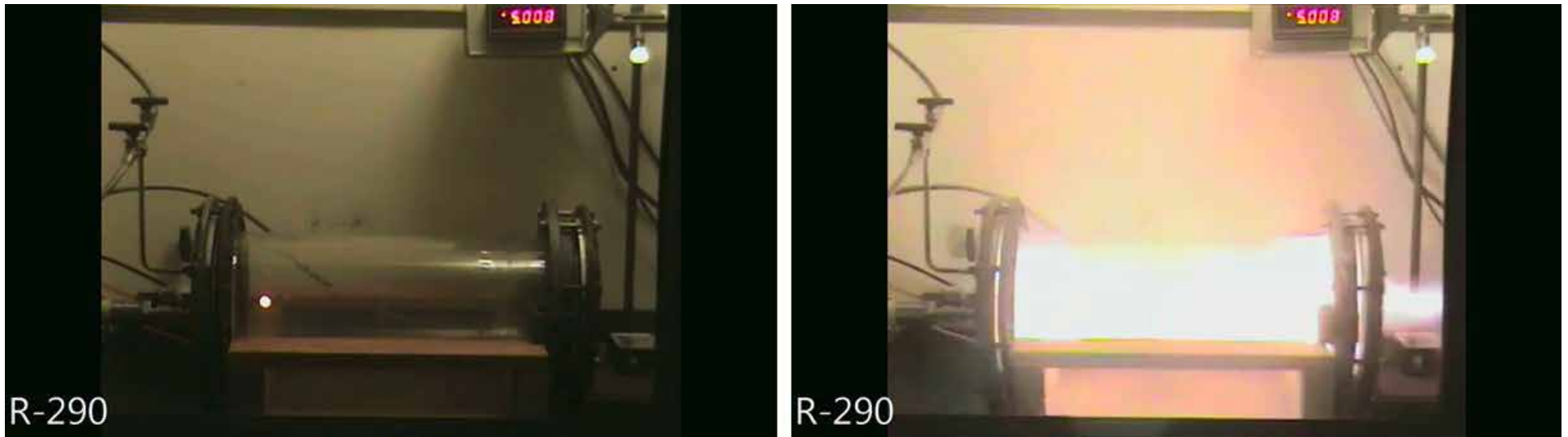
por la industria de RAC, es la temperatura de ignición de superficie caliente (HSIT). Las superficies calientes pueden causar igniciones con refrigerantes inflamables. Esto es motivo de preocupación, como cuando se seleccionan calentadores de resistencia eléctrica para su uso en un sistema RAC. Aunque no es una prueba de HSIT, las pruebas de alambre incandescente se pueden usar para simular el efecto que un calentador eléctrico podría tener en una concentración de aire refrigerante inflamable. Las pruebas se realizaron para R-1234yf, R-32 y R-290. Se cargó un recipiente horizontal con concentraciones en el “peor de los casos” de cada refrigerante (consulte la *Tabla 4*), con tamaños de carga de los A2L entre 4,5 y 5 veces mayores que

la carga de propano. Se calentó un alambre incandescente durante dos minutos o hasta que se produjo la ignición. Un tapón de goma en el lado derecho del recipiente está dispuesto para liberar la presión necesaria en caso de ignición. El cable incandescente alcanza temperaturas estimadas de 500 a 700 °C. Tanto para R-1234yf como para R-32, el cable se calentó durante dos minutos completos, sin que se produjeran igniciones. Sin embargo, con R-290, se inició un encendido 3,53 s después de que se activara el cable incandescente. Las imágenes en la *Figura 6* muestran el inicio de la prueba (izquierda), así como una imagen capturada 0,066 s después de que se viera la primera llama (derecha).

Tabla 4 - Concentración de refrigerante de prueba con alambre incandescente

Refrigerante, ASHRAE #	R-1234yf	R-32	R-290
Clasificación de seguridad ASHRAE	A2L	A2L	A3
Concentración estequiométrica (vol. %)	7,73	17,32	4,02
Concentración durante la prueba (vol. %)	8,13	20,0	4,5
Carga del refrigerante durante la prueba (g)	3,28	3,68	0,70

Figura 6 - Prueba de alambre incandescente con R-290 (Activación de prueba [izquierda], 0,066 s desde el frente de la llama inicial [derecho])



Actividades industriales e implicaciones de códigos y estándares

En los últimos años, se ha realizado una gran cantidad de investigaciones para mejorar nuestra comprensión de cómo usar refrigerantes inflamables de manera segura y las diferencias relativas a la inflamabilidad de las diferentes clasificaciones de seguridad (por ejemplo, A2L vs. A3). El conocimiento obtenido de esta

investigación se está utilizando para configurar códigos y estándares en toda la industria de RAC. Este conocimiento afecta directamente al tamaño de la carga del refrigerante y a otras técnicas de mitigación utilizadas para limitar o eliminar los riesgos asociados con las fugas de refrigerante.

ISO 5149-1 (2014), por ejemplo, ha considerado las diferencias en los grupos de seguridad al asignar límites a los tamaños de carga de refrigerante. Los límites variables de m_1 , m_2 y m_3 se establecen en función de diferentes requisitos de mitigación y tienen límites basados en los LLI de los refrigerantes

individuales. Para los refrigerantes de clase 2L de inflamabilidad, estos límites se incrementan en un factor de 1,5, a diferencia de los de las clases de inflamabilidad 2 y 3, “en reconocimiento de la menor velocidad de combustión de estos refrigerantes, lo que reduce el riesgo de ignición e impacto.” La *Tabla 5* muestra ejemplos de los diferentes tamaños de carga para los tres refrigerantes probados en este informe, basados en los límites establecidos en ISO 5149. Los límites de carga de los A2L son alrededor de 11 a 12 veces mayores que para el propano. Una serie de otras normas de seguridad también están estableciendo límites de carga de refrigerante, basados en los LII de refrigerantes. Esto

permitirá que se diseñen más aplicaciones utilizando A2L, a diferencia de los A3.

Recientemente se realizó un estudio AHRI (Informe AHRI No. 8017-2017) sobre las pruebas de posibles fuentes de ignición encontradas en los hogares. Este estudio descubrió que muchas fuentes de ignición comunes no prendían los refrigerantes A2L. Cuatro fuentes de ignición lo hicieron: alambre caliente, cerilla, un encendedor con llama y una fuga sobre una vela. Se están desarrollando estándares de seguridad que diferencian las fuentes de ignición de los refrigerantes A2L, en comparación con los A2 y los A3. IEC 60335-2-40 Edition 6 (2018), por ejemplo, contiene un

lenguaje que determina si un componente es o no una fuente de ignición para un A2L basado en el uso de recintos de detención de llama, efecto de enfriamiento y tamaño de apertura, o niveles de carga de interruptor eléctrico. Dado que muchos componentes que pueden ser fuentes de ignición para los A3 no son fuentes de ignición para los A2L, se puede implementar más fácilmente una gama más amplia de componentes eléctricos existentes en el diseño de sistemas con refrigerantes A2L ligeramente inflamables. Hay que decir también que se están realizando otras investigaciones para mejorar aún más la aplicación de productos inflamables a las aplicaciones de RAC.

Tabla 5 - Ejemplos de límites máximos de carga de refrigerante basados en ISO 5149 (2014)

ASHRAE #	R-1234yf	R-32	R-290
Clasificación de seguridad	A2L	A2L	A3
m₁ (kg)	1,734	1,842	0,152
m₂ (kg)	11,271	11,973	0,988
m₃ (kg)	56,355	59,865	4,940



Conclusiones

Las regulaciones diseñadas para reducir el impacto de las emisiones de refrigerante en el medio ambiente están llevando a la industria de RAC hacia el uso de refrigerantes inflamables. Desde el punto de vista de las propiedades, los refrigerantes A2L, a menudo denominados levemente inflamables, tienen parámetros de inflamabilidad significativamente más favorables que los A3, lo que permite tamaños de carga mayores y una integración más sencilla de

los componentes eléctricos en los diseños de sistemas. El desarrollo de refrigerantes A2L (por ejemplo, los productos Opteon™ XL) ha aumentado la capacidad de la industria para cumplir de forma segura los objetivos estrictos de GWP en una amplia gama de aplicaciones. Se ha llevado a cabo una extensa investigación para demostrar las diferencias entre la seguridad relativa de los refrigerantes y la forma en que se pueden aplicar con éxito.

En última instancia, la implementación exitosa de refrigerantes inflamables dependerá de la integración adecuada del conocimiento obtenido de esta investigación en los códigos y las normas de seguridad/productos. Además, se requiere una educación extensa de la industria, particularmente en el sector de servicios de RAC.

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](https://www.opteon.com/regulations) para más información sobre la sustitución de HFC o para contactar con nuestros expertos.



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.