# TECNOLOGÍA QUE PERMITE RECICLAR LOS GASES DE REFRIGERACIÓN

El grupo de I+D KET4F-Gas, formado por 13 entidades socias y 6 asociadas de la Universidad, la empresa y las administraciones públicas de España, Francia y Portugal ha conseguido desarrollar, tras tres años de trabajo, dos sistemas TFE (Tecnologías Facilitadoras Esenciales) que permiten, por primera vez, separar y recuperar los gases utilizados en los sistemas de aire acondicionado y refrigeración para su reutilización, tantas veces como se necesite.

**Ana Belén Pereiro,** investigadora en la universidad NOVA de Lisboa y **Gabriel Zarca Lago**, investigador en la Universidad de Cantabria. Co-directores de KET4F-Gas

Este logro supone un hito en la colaboración científico-técnica entre empresa, Universidad y administraciones públicas financiado por el programa europeo INTERREG-SUDOE.

Desde el punto de vista científico, capturar y regenerar gases fluorados ha supuesto un verdadero reto tecnológico, pues las mezclas refrigerantes suelen diseñarse para comportarse prácticamente como compuestos puros con el objetivo de mejorar la eficiencia de los ciclos de refrigeración. Esto supone que los métodos tradicionales de separación, como la destilación, no sirven para su tratamiento.

La utilización de gases artificiales fluorados (F-gases) de efecto invernadero, en especial los hidrofluorocarbonos (HFC), ha aumentado notablemente en las aplicaciones de refrigeración y aire acondicionado desde 1990. Estos refrigerantes de tercera generación son energéticamente eficientes, no son tóxicos y presentan bajos niveles de inflamabilidad sin causar daños a la capa de ozono. Sin embargo, son potentes gases de efecto invernadero (GEI), con un potencial de calentamiento global (PCG) 23000 veces mayor que el del CO, y tienen una extensa vida atmosférica de hasta



50000 años. Esto significa que pequeñas concentraciones atmosféricas de estos F-gases provocan grandes efectos en la temperatura mundial y, por consiguiente, en el cambio climático.

# EL PROBLEMA DE LAS EMISIONES DE GASES FLUORADOS

Mientras que las emisiones de todos los demás GEI en la UE han disminuido, las emisiones de F-gases han aumentado. La contribución de los F-gases al total de GEI ha aumentado del 1,5% al 3,5% en España, del 2% al 5% en Francia y del 0% al 5% en Portugal. Las emisiones atmosféricas de F-gases se producen durante el ciclo de vida de los equipos, pero también durante su proceso de fabricación y como consecuencia de los residuos no tratados. En la actualidad, se estima que se utilizan casi 4 mil millones de equipos de refrigeración en todo el mundo. Este número puede aumentar hasta 14 mil millones en 2050 como consecuencia del aumento de las temperaturas globales. Sin los acuerdos



internacionales y la aplicación de la legislación a nivel internacional, se prevé que las emisiones directas e indirectas de los sectores de aire acondicionado y refrigeración aumenten al menos un 90% con respecto a los niveles de 2017 para 2050.

En el mercado europeo los refrigerantes más utilizados son el R-134a (1,1,1,2-tetrafluoroetano) como gas puro. y mezclas que contienen R-32 (difluorometano), R-125 (pentafluoroetano) y R-134a, como los refrigerantes R-404A, R-407F y R-410A. Las altas tasas de fuga, la manipulación inadecuada del refrigerante durante el mantenimiento y la eliminación o liberación inadecuada de F-gases de equipos que contienen refrigerantes de alto PCG hacen que estos equipos contribuyan de manera importante al calentamiento global. De hecho, dado que la gestión y el tratamiento de los F-gases tiene numerosos trámites y costes asociados, en la mayoría de los casos los equipos se encuentran vacíos de F-gases en el momento de iniciar su gestión como residuo. La transición de la UE a los refrigerantes de cuarta generación, con bajo PCG está en curso. Se han realizado grandes esfuerzos en la investigación de refrigerantes naturales (con problemas de toxicidad y/o inflamabilidad), hidrofluoroolefinas (HFO), HFC con bajo PCG, y sobre nuevas mezclas de HFC-HFO (con baja toxicidad e inflamabilidad nula). Algunas mezclas de HFC-HFO ya están reemplazando a los HFC en la refrigeración comercial e industrial. Algunos ejemplos son el R-448A y el R-449A, (mezclas de los R-32, R-125 y R-134a con los HFO 1234yf y 1234ze), y el R-450A y R-513A (mezclas del HFC R-134a con los HFO R-1234ze y R-1234yf, respectivamente). Hay que tener en cuenta que estas nuevas alternativas, debido a su condición de productos nuevos, están protegidas por patentes industriales, lo que representa un coste adicional para su uso, mientras que los F-gases recuperados no están sujetos a impuestos



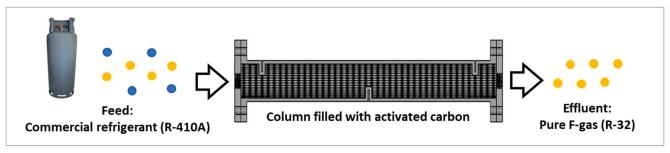


adicionales. Portugal, Francia y España han reducido ligeramente sus emisiones (se trata de datos oficiales que no incluyen las emisiones procedentes del mercado ilegal). Esta reducción se debe a los esfuerzos de estos gobiernos nacionales que han puesto en marcha un conjunto de medidas fiscales, legislativas, voluntarias e informativas a raíz de los acuerdos mundiales y, más concretamente, de las normativas europeas.

### POR QUÉ RECICLAR LOS GASES FLUORADOS

La ausencia real de tecnologías desarrolladas para reciclar los F-gases en el final del ciclo de vida afecta considerablemente al sector de la refrigeración porque la mayoría de los F-gases se incineran. Existe una necesidad fundamental no sólo de reducir la liberación de F-gases a la atmósfera, sino también de separar y reciclar los HFC puros al final de la vida útil de los equipos de





Proceso de adsorción, utilizando matrices sólidas y porosas para la separación selectiva de gases.

refrigeración y aire acondicionado, para reutilizarlos y reciclarlos en la posterior producción de refrigerantes de cuarta generación, aplicando una economía circular real. La investigación de tecnologías basadas en materiales ambientalmente inocuos que capturen, separen y reciclen de manera eficiente los F-gases es fundamental para desarrollar procesos sostenibles que reduzcan el impacto ambiental de los refrigerantes basados en F-gases. En este contexto, el proyecto KET4F-Gas propone una estrategia multinivel, analizando la combinación de diferentes tecnologías facilitadoras esenciales (TFEs). La fertilización cruzada debido a la combinación de los diferentes TFEs individuales mejoró el rendimiento general del proceso y se han construido dos prototipos para la recuperación eficiente de los HFC de

alto valor añadido (como el R-32) de las mezclas de refrigerantes de alto PCG (como el R-410A) presentes en los equipos al final de su vida útil, con el fin de reutilizarlos en nuevas mezclas de refrigerantes respetuosas con el medio ambiente y de bajo PCG.

# LAS SOLUCIONES DE KET4F-GAS

En el marco del proyecto KET4F-Gas, se han construido dos prototipos para la recuperación eficiente de los HFC de valor añadido (como el R-32) de las mezclas de refrigerantes de alto PCG (R-410A) presentes en los equipos al final de su vida útil, con el fin de reutilizarlos en nuevas mezclas de refrigerantes respetuosas con el medio ambiente y de bajo PCG. Estos dos prototipos se basan en dos procesos de separación avanzados

diferentes, adsorción en materiales porosos y tecnología de membranas, que proporcionan altos rendimientos y tienen bajos consumos de energía.

La primera TFE desarrollada se basa en procesos de adsorción desarrollados por la Universidade Nova de Lisboa. Uno de los componentes de la mezcla se adsorbe preferentemente en un material poroso, mientras que el resto sale de la columna de adsorción. Luego, la columna de adsorción se regenera para recuperar el compuesto que fue adsorbido selectivamente.

La segunda TFE se basa en un proceso de separación de gas por membrana, desarrollado por la Universidad de Cantabria. Un compuesto de la mezcla se permea preferentemente a través de películas delgadas altamente selectivas debido a las diferencias en el tamaño de las moléculas de gas y a las interacciones gas-membrana. Los prototipos de KET4F-Gas consisten en una columna de adsorción provista de carbón activado y en un sistema de membranas que contiene dos membranas poliméricas planas apiladas funcionalizadas con líquidos iónicos.

Los sistemas son muy selectivos para la separación del R-410A, proporcionando una alta capacidad de adsorción y una gran permeabilidad respecto del R-32, lo que da lugar a un alto rendimiento de separación y una gran pureza del R-32 (>99%) cuando ambos prototipos se utilizan en serie. Los prototipos presentados de KET4F-Gas proporcionarán muchas ventajas a los gestores de residuos, ya que representan una





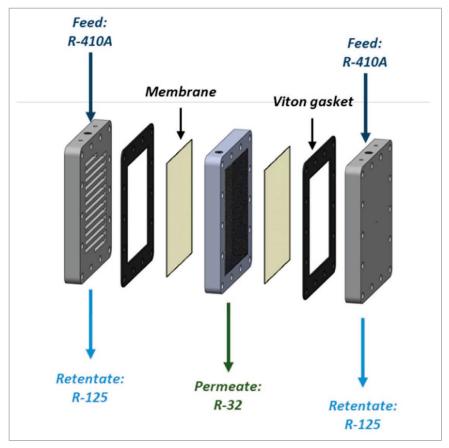
# La eficiencia renovable a tu alcance



ALEZIO M V200 es la solución De Dietrich de bomba de calor aire/agua monobloc para producción de calefacción, frío y agua caliente sanitaria con acumulador de 177 litros integrado.

Diseñada para una sencilla y rápida instalación, sin necesidad de manipulación de gases refrigerantes, mediante una simple conexión hidráulica entre unidad interior y exterior. ALEZIO M V200: la aerotermia que te lo pone fácil.





Proceso de membranas, utilizando membranas funcionalizadas con líquidos iónicos para la separación selectiva de gases.

en términos de emisiones de CO<sub>2</sub> hace que esta tecnología sea un 60-70% más ecológica que cualquier alternativa actual y más del 95% mejor en términos de agotamiento de la capa de ozono. En términos generales, el diseño de las unidades operativas no requiere equipos costosos, ya que todos los materiales necesarios tienen un coste bajo. Los costes operativos están actualmente en el rango de 32 € por kg de R-32 recuperado, pero se espera que disminuyan considerablemente con el escalado de la tecnología, por lo que estas TFE supondrán un importante avance para la sostenibilidad de la industria de refrigeración, objetivo último del proyecto.

En línea con este objetivo el proyecto KET4F-Gas ha desarrollado una herramienta en línea que permite clasificar los residuos según el método europeo, e identificar el impacto de los F-gases en el calentamiento global y las mejores soluciones de tratamiento, basándose en los TFEs existentes, que ha puesto al servicio de la industria para facilitar la gestión de sus residuos.

alternativa realista al actual proceso de recuperación, transporte e incineración. La posibilidad de recuperar el R-32 con una pureza mínima al 98% en peso permitirá reutilizarlo tantas veces como se necesite, con una pérdida mínima. Además, los dos prototipos tienen un coste de implementación relativamente bajo y representan un enorme beneficio desde el punto de vista ambiental.

## APLICACIÓN PRÁCTICA EN LA INDUSTRIA

Estas tecnologías son fáciles de aplicar en una instalación de gestión de residuos debido al poco espacio que requieren y a su modularidad y escalabilidad. Además, estos sistemas requieren poco mantenimiento y tienen una larga vida útil.

Teniendo en cuenta que el PCG del R-410A es 2088, el ahorro ambiental



