

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 575 130**

51 Int. Cl.:

F25B 40/00 (2006.01)

F28D 1/053 (2006.01)

B62D 25/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.05.2008 E 08767666 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.04.2016 EP 2145150**

54 Título: **Método para el intercambio de calor en un sistema de transferencia de calor por compresión de vapor y un sistema de transferencia de calor por compresión de vapor que comprende un intercambiador de calor intermedio con un evaporador o condensador de doble fila**

30 Prioridad:

11.05.2007 US 928826 P
16.11.2007 US 988562 P
17.12.2007 WO PCT/US2007/002567

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.06.2016

73 Titular/es:

THE CHEMOURS COMPANY FC, LLC (100.0%)
1007 Market Street
Wilmington DE 19801, US

72 Inventor/es:

CLODIC, DENIS;
RIACHI, YOUSSEF y
KOBAN, MARY E.

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 575 130 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para el intercambio de calor en un sistema de transferencia de calor por compresión de vapor y un sistema de transferencia de calor por compresión de vapor que comprende un intercambiador de calor intermedio con un evaporador o condensador de doble fila

5 Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención.

La presente divulgación se refiere a un método para el intercambio de calor en un sistema de transferencia de calor de compresión de vapor según el preámbulo de la reivindicación 1. En el documento de patente del Reino Unido 2 405 688 A se describe tal método. En particular, se refiere al uso de un intercambiador de calor intermedio para mejorar el rendimiento de un sistema de transferencia de calor de compresión de vapor que utiliza un fluido de trabajo que comprende al menos una olefina fluorada.

2. Descripción de la técnica relacionada.

Siempre se están buscando métodos para mejorar el rendimiento de los sistemas de transferencia de calor, tales como los sistemas de refrigeración y acondicionadores de aire, con el fin de reducir el coste de funcionamiento de tales sistemas.

Cuando se proponen nuevos fluidos de trabajo para los sistemas de transferencia de calor, incluyendo los sistemas de transferencia de calor de compresión de vapor, es importante ser capaz de proporcionar medios para mejorar la capacidad de refrigeración y la eficiencia energética de los nuevos fluidos de trabajo.

Compendio de la invención

Los solicitantes han encontrado que el uso de un intercambiador de calor interno en un sistema de transferencia de calor de compresión de vapor que utiliza una olefina fluorada proporciona beneficios inesperados debido al subenfriamiento del fluido de trabajo que sale fuera del condensador. Por "subenfriamiento" se entiende la reducción de la temperatura de un líquido por debajo del punto de saturación de ese líquido para una presión dada. El punto de saturación es la temperatura a la que el vapor normalmente condensaría a líquido, pero el subenfriamiento produce un vapor de temperatura inferior a la presión dada. Con el enfriamiento de un vapor por debajo del punto de saturación, se puede aumentar la capacidad neta de refrigeración. El subenfriamiento mejora así la capacidad de refrigeración y la eficiencia energética de un sistema, tales como los sistemas de transferencia de calor de compresión de vapor, que utilizan olefinas fluoradas como su fluido de trabajo.

En particular, cuando la olefina fluorada 2,3,3,3-tetrafluoropropeno (HFC-1234yf) se utiliza como fluido de trabajo, se han logrado resultados sorprendentes con respecto al coeficiente de rendimiento y la capacidad del fluido de trabajo, en comparación con el uso de fluidos de trabajo conocidos, tales como el 1,1,1,2-tetrafluoroetano (HFC-134a). De hecho, el coeficiente de rendimiento, así como la capacidad de refrigeración de un sistema que utiliza HFC-1234yf se han aumentado por lo menos en un 7,5% en comparación con un sistema que utiliza HFC-134a como fluido de trabajo.

Por lo tanto, según la presente invención, la presente divulgación proporciona un método de intercambio de calor en un sistema de transferencia de calor de compresión de vapor, que comprende:

- (a) hacer circular un fluido de trabajo que comprende una olefina fluorada a una entrada de un primer tubo de un intercambiador de calor interno, a través del intercambiador de calor interno y a una salida del mismo;
- (b) hacer circular el fluido de trabajo desde la salida del primer tubo del intercambiador de calor interno a una entrada de un evaporador, a través del evaporador para evaporar el fluido de trabajo, convirtiendo de este modo el fluido de trabajo en un fluido de trabajo gaseoso, y a través de una salida del evaporador;
- (c) hacer circular el fluido de trabajo desde la salida del evaporador a una entrada de un segundo tubo del intercambiador de calor interno para transferir calor desde el fluido de trabajo líquido del condensador al fluido de trabajo gaseoso del evaporador, a través del intercambiador de calor interno, y a una salida del segundo tubo;
- (d) hacer circular el fluido de trabajo desde la salida del segundo tubo del intercambiador de calor interno a una entrada de un compresor, a través del compresor para comprimir el fluido de trabajo gaseoso, y a una salida del compresor;
- (e) hacer circular el fluido de trabajo desde la salida del compresor a una entrada de un condensador y a través del condensador para condensar el fluido de trabajo gaseoso comprimido en un líquido, y a una salida del condensador;
- (f) hacer circular el fluido de trabajo desde la salida del condensador a una entrada del primer tubo del intercambiador de calor intermedio para transferir calor desde el condensador al gas del evaporador, y a una salida del segundo tubo; y

(g) hacer circular el fluido de trabajo desde la salida del segundo tubo del intercambiador de calor interno de vuelta al evaporador.

Además, se ha encontrado que el subenfriamiento mejora el rendimiento y la eficiencia de los sistemas que utilizan un intercambiador de calor de corriente transversal/contracorriente, tales como los que emplean ya sea un condensador de doble fila o un evaporador de doble fila.

Por lo tanto, además según el método de la presente invención, la presente divulgación también proporciona que la etapa de condensación puede comprender:

(i) hacer circular el fluido de trabajo a la fila trasera del condensador de dos filas, donde la fila trasera recibe el fluido de trabajo a una primera temperatura; y

(ii) hacer circular el fluido de trabajo a la fila delantera del condensador de dos filas, donde la fila delantera recibe el fluido de trabajo a una segunda temperatura, en donde la segunda temperatura es menor que la primera temperatura, de modo que el aire que viaja a través de la fila delantera y la fila trasera se precalienta, por lo que la temperatura del aire es mayor cuando alcanza la fila trasera que cuando alcanza la fila delantera.

En una forma de realización, el fluido de trabajo de la presente invención pueden ser el 2,3,3,3-tetrafluoropropano (HFC-1234yf).

Además, según el método de la presente invención, la presente descripción también proporciona que la etapa de evaporación puede comprender:

(i) hacer pasar el fluido de trabajo a través de una entrada de un evaporador de doble fila que tiene una primera fila y una segunda fila,

(ii) hacer circular el fluido de trabajo en una primera fila en una dirección perpendicular al flujo de fluido a través de la entrada del evaporador, y

(iii) hacer circular el fluido de trabajo en una segunda fila en una dirección generalmente en contra de la dirección del flujo del fluido de trabajo a través de la entrada.

También según la presente invención, se proporciona un sistema de transferencia de calor de compresión de vapor para el intercambio de calor que comprende un intercambiador de calor intermedio en combinación con un condensador de doble fila o un evaporador de doble fila, o ambos.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención puede entenderse mejor con referencia a las siguientes figuras, en donde:

La FIG. 1 es un diagrama esquemático de una forma de realización de un sistema de transferencia de calor de compresión de vapor que incluye un intercambiador de calor intermedio, usado para practicar el método del intercambio de calor en un sistema de transferencia de calor de compresión de vapor según la presente invención.

La FIG. 1A es una vista en sección transversal de una forma de realización particular de un intercambiador de calor intermedio en el que los tubos del intercambiador de calor son concéntricos entre sí.

La FIG. 2 es una vista en perspectiva de un condensador de doble fila que se puede utilizar con el sistema de transferencia de calor de compresión de vapor de la FIG. 1.

La FIG. 3 es una vista en perspectiva de un evaporador de doble fila utilizado que puede ser utilizado con el sistema de transferencia de calor de compresión de vapor de la figura 1.

Descripción detallada de la invención

Una forma de realización de la presente descripción proporciona un método de intercambio de calor en un sistema de transferencia de calor de compresión de vapor. Un sistema de transferencia de calor por compresión de vapor es un sistema de bucle cerrado que reutiliza fluido de trabajo en múltiples etapas que producen un efecto de enfriamiento en una etapa y un efecto de calentamiento en una etapa diferente. Tal sistema incluye en general un evaporador, un compresor, un condensador y un dispositivo de expansión, y es conocido en la técnica. Se hará referencia a la FIG. 1 en la descripción de este método.

Con referencia a la FIG. 1, el fluido de trabajo líquido fluye desde un condensador 41 a través de una línea a un intercambiador de calor intermedio, o simplemente IHX. El intercambiador de calor intermedio incluye un primer tubo 30, que contiene un fluido de trabajo líquido relativamente caliente, y un segundo tubo 50, que contiene un fluido de trabajo gaseoso relativamente más frío. El primer tubo del IHX está conectado a la línea de salida del condensador. El fluido de trabajo líquido fluye entonces a través de un dispositivo de expansión 52 y a través de una línea 62 a un evaporador 42, que se encuentra en las inmediaciones de un cuerpo a enfriar. En el evaporador, el fluido de trabajo

se evapora, lo que le convierte en un fluido de trabajo gaseoso, y la vaporización del fluido de trabajo proporciona un enfriamiento. El dispositivo de expansión 52 puede ser una válvula de expansión, un tubo capilar, un tubo de orificio o cualquier otro dispositivo en el que el fluido de trabajo pueda someterse a una reducción brusca de la presión. El evaporador tiene una salida, a través de la cual el fluido de trabajo gaseoso frío fluye hacia el segundo tubo 50 del IHX, en donde el fluido de trabajo gaseoso frío entra en contacto térmico con el fluido de trabajo líquido caliente en el primer tubo 30 del IHX, y por lo tanto el fluido de trabajo gaseoso frío se calienta un poco. El fluido de trabajo gaseoso fluye desde el segundo tubo del IHX a través de una línea 63 a la entrada de un compresor 12. El gas se comprime en el compresor, y el fluido de trabajo gaseoso comprimido es descargado desde el compresor y fluye al condensador 41 a través de una línea 61 en donde se condensa el fluido de trabajo, desprendiendo así el calor, y el ciclo entonces se repite.

En un intercambiador de calor intermedio, el primer tubo contiene el fluido de trabajo líquido relativamente más caliente y el segundo tubo contiene el fluido de trabajo gaseoso relativamente más frío que están en contacto térmico, permitiendo así la transferencia de calor del líquido caliente al gas frío. Los medios por los cuales los dos tubos están en contacto térmico pueden variar. En una forma de realización, el primer tubo tiene un diámetro más grande que el segundo tubo y el segundo tubo está dispuesto concéntricamente en el primer tubo, y un líquido caliente en el primer tubo rodea un gas frío en el segundo tubo. Esta forma de realización se muestra en la figura 1A, donde el primer tubo (30a) rodea al segundo tubo (50a).

También, en una forma de realización, el fluido de trabajo en el segundo tubo del intercambiador de calor interno puede fluir en una dirección en contracorriente a la dirección del flujo del fluido de trabajo en el primer tubo, enfriando de ese modo el fluido de trabajo en el primer tubo y calentando el fluido de trabajo en el segundo tubo.

El intercambio de calor de corriente transversal/contracorriente se puede proporcionar en el sistema de la FIG. 1 por un condensador de doble fila o un evaporador de doble fila, aunque hay que señalar que este sistema no se limita a tales condensadores de doble fila o tales evaporadores de doble fila. Tales condensadores y evaporadores se describen en detalle en la solicitud de patente provisional de los Estados Unidos No. 60/875.982, presentada el 19 de diciembre de 2006 (ahora solicitud internacional PCT/US07/25675, presentada el 17 de diciembre de 2007), y pueden ser diseñados particularmente para fluidos de trabajo que comprenden composiciones no azeotrópicas o casi azeotrópicas. Por lo tanto, según la presente invención, se proporciona un sistema de transferencia de calor de compresión de vapor que comprende o bien un condensador de doble fila, o un evaporador de doble fila, o ambos. Tal sistema es el mismo que el descrito anteriormente con respecto a la FIG. 1, a excepción de la descripción del condensador de doble fila o el evaporador de doble fila.

Se hará referencia a la FIG. 2 para describir un sistema de este tipo que incluye un condensador de doble fila. Un condensador de doble fila se muestra en el 41 de la FIG. 2. En este diseño de doble fila de corriente transversal/contracorriente, un fluido de trabajo caliente entra en el condensador a través de una primera, o trasera, fila 14, pasa a través de la primera fila, y sale del condensador a través de una segunda, o delantera, fila 13. La primera fila está conectada a una entrada, o colector, 6, de modo que el fluido de trabajo entra la primera fila 14 a través del colector, 6. La primera fila comprende un primer colector de entrada y una pluralidad de canales, o pasos, uno de los cuales se muestra en 2 de la FIG. 2. El fluido de trabajo entra en la entrada y fluye dentro del primer paso 2 de la primera fila. Los canales permiten que el fluido de trabajo a una primera temperatura fluya en el colector y luego a través de los canales en al menos una dirección y se recoja en un segundo colector de salida, que se muestra en 15 en la FIG. 2. En la primera, o trasera, fila el fluido de trabajo se enfría de una manera en contracorriente por el aire, que ha sido calentado por la segunda, o delantera fila 13 de este condensador de doble fila. El fluido de trabajo fluye desde el primer paso 2 de la primera fila 14, a una segunda fila, 13 que está conectada a la primera fila. La segunda fila comprende una pluralidad de canales para la conducción del fluido de trabajo a una segunda temperatura inferior a la de trabajo en la primera fila. El fluido de trabajo fluye desde el primer paso 2 de la primera fila a un paso 3 de la segunda por un conducto o conexión 7 y por un conducto 16. El fluido de trabajo fluye entonces desde el paso 3 al paso 4 en la segunda fila 13 a través de un conducto, o conexión 8, que conecta la primera y segunda filas. El fluido de trabajo fluye entonces desde el paso 4 a un paso 5 a través de un conducto o conexión 9. A continuación, el fluido de trabajo subenfriado sale del condensador a través de un colector de salida 15 mediante una conexión o salida, 10. El aire se circula en forma de contracorriente en relación con el flujo del fluido de trabajo, como se indica por las flecha que tienen los puntos 11 y 12 de la FIG. 2. El diseño que se muestra en la FIG. 2 es genérico y puede ser utilizado para cualquier condensador refrigerado por aire en aplicaciones estacionarias, así como en aplicaciones móviles.

A continuación se hará referencia a la FIG. 3 en la descripción de un sistema de transferencia de calor por compresión de vapor que comprende un evaporador de doble fila. Un evaporador de doble fila se muestra en 42 en la FIG. 3. En este diseño de doble fila de corriente transversal/contracorriente, el evaporador de doble fila incluye una entrada, una primera, o frontal, fila 17 conectada a la entrada, una segunda o trasera, fila 18, conectada a la primera fila, y una salida conectada a la fila trasera. En particular, el fluido de trabajo entra en el evaporador 19 a la temperatura más baja a través de una entrada, o colector, 24 como se muestra en la FIG. 3. A continuación, el fluido de trabajo fluye hacia abajo a través de un depósito 20 a un depósito 21 a través de un colector 25, a continuación, desde el depósito 21 a un depósito 22 en la fila trasera a través de un colector 26. El fluido de trabajo fluye entonces desde el depósito 22 a un depósito 23 a través de un colector 27, y finalmente sale del evaporador a través de una

salida, o colector, 28. Se circula aire en una disposición transversal a contracorriente, como se indica por la flecha que tiene los puntos 29 y 30, de la FIG. 3.

En las formas de realización como se muestra en las FIGs. 1, 1A, 2 y 3, las líneas de conexión entre los componentes del sistema de transferencia de calor de compresión de vapor, a través de las cuales puede fluir el fluido de trabajo, pueden estar construidas de cualquier material de conducto típico conocido para tal fin. En una forma de realización, se puede usar tubería de metal o de tubos de metal (tal como aluminio o cobre o tubo de aleación de cobre) para conectar los componentes del sistema de transferencia de calor. En otra forma de realización, se pueden usar mangueras, construidas de varios materiales, tales como polímeros o elastómeros, o combinaciones de tales materiales con materiales de refuerzo tales como malla metálica etc, en el sistema. Un ejemplo de un diseño de manguera para sistemas de transferencia de calor, en particular para sistemas de aire acondicionado del automóvil, se proporciona en la solicitud provisional de patente de los Estados Unidos No. 60/841.713, presentada el 1 de septiembre 2006 (ahora solicitud internacional PCT/US07/019.205 presentada el 31 de agosto de 2007 y publicada como documento de patente internacional WO2008-027255A1 el 6 de marzo de 2008). Para los tubos del IHX, las tuberías de metal o tubo proporcionan una transferencia más eficiente de calor desde el fluido de trabajo líquido caliente al fluido de trabajo gaseoso frío.

Varios tipos de compresores se pueden utilizar en el sistema de transferencia de calor de compresión de vapor de las formas de realización de la presente invención, que incluyen de movimiento de vaivén, giratorio, jet, centrifugado, de desplazamiento por voluta, de tornillo o de flujo axial, dependiendo de los medios mecánicos para comprimir el fluido, o de desplazamiento positivo (por ejemplo, de movimiento de vaivén, de desplazamiento por voluta o de tornillo) o dinámico (por ejemplo, centrifugado o jet).

En ciertas formas de realización, los sistemas de transferencia de calor como los descritos en el presente documento pueden emplear intercambiadores de calor de aletas y tubos, intercambiadores de calor de microcanal e intercambiadores de calor de tipo tubo o placa de paso simple verticales u horizontales, entre otros, tanto para el evaporador como para el condensador.

El sistema de transferencia de calor de compresión de vapor de bucle cerrado como se describe en este documento puede ser utilizado en equipos fijos de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor o sistemas de aire acondicionado y refrigeración móviles. Las aplicaciones de aire acondicionado estacionario y de bomba de calor incluyen los de ventana, sin conductos, con conductos, terminales encastradas, refrigeradores y sistemas comerciales e industriales ligeros de aire acondicionado, incluyendo los dispuestos en tejados. Las aplicaciones de refrigeración incluyen refrigeradores domésticos o del hogar y congeladores, máquinas de hielo, refrigeradores autónomos y congeladores, cámaras frigoríficas y congeladores y sistemas de supermercados, y los sistemas de refrigeración en el transporte.

La refrigeración móvil o los sistemas de aire acondicionado móviles se refieren a cualquier sistema de refrigeración o aire acondicionado incorporado en una unidad de transporte para la carretera, ferrocarril, mar o aire. Además, los aparatos, los cuales están destinados a proporcionar refrigeración o aire acondicionado para un sistema independiente de cualquier vehículo en movimiento, conocido como "sistemas intermodales", están incluidos en la presente invención. Tales sistemas intermodales incluyen "contenedores" (transporte marítimo/terrestre combinado), así como "cajas móviles" (combinado carretera y ferrocarril). La presente invención es particularmente útil para la refrigeración en el transporte por carretera o un aparato de aire acondicionado, tal como un aparato de aire acondicionado de automóvil o equipo de transporte por carretera refrigerado.

El fluido de trabajo utilizado en el sistema de transferencia de calor de compresión de vapor comprende al menos una olefina fluorada. Por olefina fluorada se entiende cualquier compuesto que contiene carbono, flúor y opcionalmente, hidrógeno u oxígeno que también contiene al menos un doble enlace. Estas olefinas fluoradas pueden ser lineales, ramificadas o cíclicas.

Las olefinas fluoradas tienen una variedad de utilidades en fluidos de trabajo, que incluyen el uso como agentes de formación de espuma, agentes de soplado, agentes de extinción de incendios, medios de transferencia de calor (tales como fluidos de transferencia de calor y refrigerantes para su uso en sistemas de refrigeración, refrigeradores, sistemas de aire acondicionado, bombas de calor, enfriadores, y similares), para nombrar unos pocos.

En algunas formas de realización, las composiciones de transferencia de calor pueden comprender olefinas fluoradas que comprenden al menos un compuesto con de 2 a 12 átomos de carbono, en otra forma de realización, las olefinas fluoradas comprenden compuestos con de 3 a 10 átomos de carbono, y en todavía otra forma de realización, las olefinas fluoradas comprenden compuestos con de 3 a 7 átomos de carbono. Las olefinas fluoradas representativas incluyen pero no se limitan a todos los compuestos enumerados en la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3.

En una forma de realización, los presentes métodos utilizan fluidos de trabajo que comprenden olefinas fluoradas que tienen la fórmula E- o Z-R¹CH=CHR² (Fórmula I), en donde R¹ y R² son, independientemente, grupos de perfluoroalquilo C₁ a C₆. Ejemplos de grupos R¹ y R² incluyen, pero no se limitan a, CF₃, C₂F₅, CF₂CF₂CF₃, CF(CF₃)₂, CF₂CF₂CF₂CF₃, CF(CF₃)CF₂CF₃, CF₂CF(CF₃)₂, C(CF₃)₃, CF₂CF₂CF₂CF₂CF₃, CF₂CF₂CF(CF₃)₂, C(CF₃)₂C₂F₅, CF₂CF₂CF₂CF₂CF₃, CF(CF₃)CF₂CF₂C₂F₅ y C(CF₃)₂CF₂C₂F₅. En una forma de realización, las olefinas fluoradas

ES 2 575 130 T3

de la fórmula I, tienen al menos aproximadamente 4 átomos de carbono en la molécula. En otra forma de realización, las olefinas fluoradas de fórmula I tienen al menos aproximadamente 5 átomos de carbono en la molécula. Los compuestos de ejemplo, no limitativo de la Fórmula I se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Código	Estructura	Nombre químico
F11E	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{CHCF}_3$	1,1,1,4,4,4-hexafluorobut-2-eno
F12E	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{CHC}_2\text{F}_5$	1,1,1,4,4,5,5,5-octafluoropent-2-eno
F13E	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{CHCF}_2\text{C}_2\text{F}_5$	1,1,1,4,4,5,5,6,6,6-decafluorohex-2-eno
F13iE	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{CHCF}(\text{CF}_3)_2$	1,1,1,4,5,5,5-heptafluoro-4-(trifluorometil)pent-2-eno
F22E	$\text{C}_2\text{F}_5\text{CH}=\text{CHC}_2\text{F}_5$	1,1,1,2,2,5,5,6,6,6-decafluorohex-3-eno
F14E	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{CH}(\text{CF}_2)_3\text{CF}_3$	1,1,1,4,4,5,5,6,6,7,7,7-dodecafluoro-hept-2-eno
F14iE	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{CHCF}_2\text{CF}-(\text{CF}_3)_2$	1,1,1,4,4,5,6,6,6-nonafluoro-5-(trifluorometil)hex-2-eno
F14sE	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{CHCF}(\text{CF}_3)-\text{C}_2\text{F}_5$	1,1,1,4,5,5,6,6,6-nonafluoro-4-(trifluorometil)hex-2-eno
F14tE	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{CH}(\text{CF}_3)_3$	1,1,1,5,5,5-hexafluoro-4,4-bis(trifluorometil)pent-2-eno
F23E	$\text{C}_2\text{F}_5\text{CH}=\text{CHCF}_2\text{C}_2\text{F}_5$	1,1,1,2,2,5,5,6,6,7,7,7-dodecafluorohept-3-eno
F23iE	$\text{C}_2\text{F}_5\text{CH}=\text{CHCF}(\text{CF}_3)_2$	1,1,1,2,2,5,6,6,6-nonafluoro-5-(trifluorometil)hex-3-eno
F15E	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{CH}(\text{CF}_2)_4\text{CF}_3$	1,1,1,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-tetradecafluorooct-2-eno
F15iE	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{CHCF}_2\text{CF}_2\text{CF}(\text{CF}_3)_2$	1,1,1,4,4,5,5,6,7,7,7-undecafluoro-6-(trifluorometil)hept-2-eno
F15tE	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{CHC}(\text{CF}_3)_2\text{C}_2\text{F}_5$	1,1,1,5,5,6,6,6-octafluoro-4,4-bis(trifluorometil)hex-2-eno
F24E	$\text{C}_2\text{F}_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CF}_2)_3-\text{CF}_3$	1,1,1,2,2,5,5,6,6,7,7,8,8,8-tetradecafluorooct-3-eno
F24iE	$\text{C}_2\text{F}_5\text{CH}=\text{CHCF}_2\text{CF}-(\text{CF}_3)_2$	1,1,1,2,2,5,5,6,7,7,7-undecafluoro-6-(trifluorometil)hept-3-eno
F24sE	$\text{C}_2\text{F}_5\text{CH}=\text{CHCF}(\text{CF}_3)-\text{C}_2\text{F}_5$	1,1,1,2,2,5,6,6,7,7,7-undecafluoro-5-(trifluorometil)hept-3-eno
F24tE	$\text{C}_2\text{F}_5\text{CH}=\text{CHC}(\text{CF}_3)_3$	1,1,1,2,2,6,6,6-octafluoro-5,5-bis(trifluorometil)hex-3-eno
F33E	$\text{C}_2\text{F}_5\text{CF}_2\text{CH}=\text{CHCF}_2\text{C}_2\text{F}_5$	1,1,1,2,2,3,3,6,6,7,7,8,8,8-tetradecafluorooct-4-eno
F3i3iE	$(\text{CF}_3)_2\text{CFCH}=\text{CH}-\text{CF}(\text{CF}_3)_2$	1,1,1,2,5,6,6,6-octafluoro-2,5-bis(trifluorometil)hex-3-eno
F33iE	$\text{C}_2\text{F}_5\text{CF}_2\text{CH}=\text{CH}-\text{CF}(\text{CF}_3)_2$	1,1,1,2,5,5,6,6,7,7,7-undecafluoro-2-(trifluorometil)hept-3-eno
F16E	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{CH}(\text{CF}_2)_5\text{CF}_3$	1,1,1,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,9-hexadecafluoronon-2-eno
F16sE	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{CHCF}(\text{CF}_3)(\text{CF}_2)_2\text{C}_2\text{F}_5$	1,1,1,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-tridecafluoro-4-(trifluorometil)hept-2-eno
F16tE	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{CHC}(\text{CF}_3)_2\text{CF}_2\text{C}_2\text{F}_5$	1,1,1,6,6,6-octafluoro-4,4-bis(trifluorometil)hept-2-eno
F25E	$\text{C}_2\text{F}_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CF}_2)_4\text{CF}_3$	1,1,1,2,2,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,9-hexadecafluoronon-3-eno
F25iE	$\text{C}_2\text{F}_5\text{CH}=\text{CH}-\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CF}(\text{CF}_3)_2$	1,1,1,2,2,5,5,6,6,7,8,8,8-tridecafluoro-7-(trifluorometil)oct-3-eno
F25tE	$\text{C}_2\text{F}_5\text{CH}=\text{CH}-\text{C}(\text{CF}_3)_2\text{C}_2\text{F}_5$	1,1,1,2,2,6,6,7,7,7-decafluoro-5,5-bis(trifluorometil)hept-3-eno
F34E	$\text{C}_2\text{F}_5\text{CF}_2\text{CH}=\text{CH}-(\text{CF}_2)_3\text{CF}_3$	1,1,1,2,2,3,3,6,6,7,7,8,8,9,9,9-hexadecafluoronon-4-eno
F34iE	$\text{C}_2\text{F}_5\text{CF}_2\text{CH}=\text{CH}-\text{CF}_2\text{CF}(\text{CF}_3)_2$	1,1,1,2,2,3,3,6,6,7,8,8,8-tridecafluoro-7-(trifluorometil)oct-4-eno
F34sE	$\text{C}_2\text{F}_5\text{CF}_2\text{CH}=\text{CH}-\text{CF}(\text{CF}_3)\text{C}_2\text{F}_5$	1,1,1,2,2,3,3,6,7,7,8,8,8-tridecafluoro-6-(trifluorometil)oct-4-eno
F34tE	$\text{C}_2\text{F}_5\text{CF}_2\text{CH}=\text{CH}-\text{C}(\text{CF}_3)_3$	1,1,1,5,5,6,6,7,7,7-decafluoro-2,2-bis(trifluorometil)hept-3-eno
F3i4E	$(\text{CF}_3)_2\text{CFCH}=\text{CH}-(\text{CF}_2)_3\text{CF}_3$	1,1,1,2,5,5,6,6,7,7,8,8,8-tridecafluoro-2(trifluorometil)oct-3-eno
F3i4iE	$(\text{CF}_3)_2\text{CFCH}=\text{CH}-\text{CF}_2-\text{CF}(\text{CF}_3)_2$	1,1,1,2,5,5,6,7,7,7-decafluoro-2,6-bis(trifluorometil)hept-3-eno
F3i4sE	$(\text{CF}_3)_2\text{CFCH}=\text{CH}-\text{CF}(\text{CF}_3)\text{C}_2\text{F}_5$	1,1,1,2,5,6,6,7,7,7-decafluoro-2,5-bis(trifluorometil)hept-3-eno
F3i4tE	$(\text{CF}_3)_2\text{CFCH}=\text{CH}-\text{C}(\text{CF}_3)_3$	1,1,1,2,6,6,6-heptafluoro-2,5,5-tris(trifluorometil)hex-3-eno
F26E	$\text{C}_2\text{F}_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CF}_2)_5\text{CF}_3$	1,1,1,2,2,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,10,10,10-octadecafluorodec-3-eno

Código	Estructura	Nombre químico
F26sE	$C_2F_5CH=CHCF(CF_3)(CF_2)_2C_2F_5$	1,1,1,2,2,5,6,6,7,7,8,8,9,9,9-pentadecafluoro-5-(trifluorometil)non-3-eno
F26tE	$C_2F_5CH=CHC(CF_3)_2CF_2C_2F_5$	1,1,1,2,2,6,6,7,7,8,8,8-dodecafluoro-5,5-bis(trifluorometil)oct-3-eno
F35E	$C_2F_5CF_2CH=CH-(CF_2)_4CF_3$	1,1,1,2,2,3,3,6,6,7,7,8,8,9,9,10,10,10-octadecafluorodec-4-eno
F35iE	$C_2F_5CF_2CH=CH-CF_2CF_2CF(CF_3)_2$	1,1,1,2,2,3,3,6,6,7,7,8,9,9,9-pentadecafluoro-8-(trifluorometil)non-4-eno
F35tE	$C_2F_5CF_2CH=CH-C(CF_3)_2C_2F_5$	1,1,1,2,2,3,3,7,7,8,8,8-dodecafluoro-6,6-bis(trifluorometil)oct-4-eno
F3i5E	$(CF_3)_2CFCH=CH-(CF_2)_4CF_3$	1,1,1,2,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,9-pentadecafluoro-2-(trifluorometil)non-3-eno
F3i5iE	$(CF_3)_2CFCH=CH-CF_2CF_2CF(CF_3)_2$	1,1,1,2,5,5,6,6,7,8,8,8-dodecafluoro-2,7-bis(trifluorometil)oct-3-eno
F3i5tE	$(CF_3)_2CFCH=CH-C(CF_3)_2C_2F_5$	1,1,1,2,6,6,7,7,7-nonafluoro-2,5,5-tris(trifluorometil)hept-3-eno
F44E	$CF_3(CF_2)_3CH=CH-(CF_2)_3CF_3$	1,1,1,2,2,3,3,4,4,7,7,8,8,9,9,10,10,10-octadecafluorodec-5-eno
F44iE	$CF_3(CF_2)_3CH=CH-CF_2CF(CF_3)_2$	1,1,1,2,3,3,6,6,7,7,8,8,9,9,9-pentadecafluoro-2-(trifluorometil)non-4-eno
F44sE	$CF_3(CF_2)_3CH=CH-CF(CF_3)C_2F_5$	1,1,1,2,2,3,6,6,7,7,8,8,9,9,9-pentadecafluoro-3-(trifluorometil)non-4-eno
F44tE	$CF_3(CF_2)_3CH=CH-C(CF_3)_3$	1,1,1,5,5,6,6,7,7,8,8,8-dodecafluoro-2,2-bis(trifluorometil)oct-3-eno
F4i4iE	$(CF_3)_2CFCF_2CH=CH-CF_2CF(CF_3)_2$	1,1,1,2,3,3,6,6,7,8,8,8-dodecafluoro-2,7-bis(trifluorometil)oct-4-eno
F4i4sE	$(CF_3)_2CFCF_2CH=CH-CF(CF_3)C_2F_5$	1,1,1,2,3,3,6,7,7,8,8,8-dodecafluoro-2,6-bis(trifluorometil)oct-4-eno
F4i4tE	$(CF_3)_2CFCF_2CH=CH-C(CF_3)_3$	1,1,1,5,5,6,7,7,7-nonafluoro-2,2,6-tris(trifluorometil)hept-3-eno
F4s4sE	$C_2F_5CF(CF_3)CH=CH-CF(CF_3)C_2F_5$	1,1,1,2,2,3,6,7,7,8,8,8-dodecafluoro-3,6-bis(trifluorometil)oct-4-eno
F4s4tE	$C_2F_5CF(CF_3)CH=CH-C(CF_3)_3$	1,1,1,5,6,6,7,7,7-nonafluoro-2,2,5-tris(trifluorometil)hept-3-eno
F4t4tE	$(CF_3)_3CCH=CH-C(CF_3)_3$	1,1,1,6,6,6-hexafluoro-2,2,5,5-tetrakis(trifluorometil)hex-3-eno

Los compuestos de Fórmula I se pueden preparar poniendo en contacto un yoduro de perfluoroalquilo de la fórmula R^1I con una perfluoroalquiltrihidroolefina de la fórmula $R^2CH=CH_2$ para formar un trihidroyodoperfluoroalcano de fórmula $R^1CH_2CHIR^2$. Este trihidroyodoperfluoroalcano puede entonces ser deshidroyodinado para formar $R^1CH=CHR^2$. Alternativamente, la olefina $R^1CH=CHR^2$ se puede preparar por deshidroyodación de un trihidroyodoperfluoroalcano de la fórmula $R^1CHICH_2R^2$ formado a su vez por reacción de un yoduro de perfluoroalquilo de la fórmula R^1I con una perfluoroalquiltrihidroolefina de la fórmula $R^1CH=CH_2$.

El contacto de un yoduro de perfluoroalquilo con una perfluoroalquiltrihidroolefina puede tener lugar en el modo por lotes mediante la combinación de los reactivos en un tanque de reacción adecuado capaz de operar bajo la presión autógena de los reactivos y productos a la temperatura de reacción. Los tanques de reacción adecuados incluyen los fabricados a partir de aceros inoxidables, en particular del tipo austenítico, y las bien conocidas aleaciones ricas en níquel tales como aleaciones de níquel-cobre Monel®, aleaciones basadas en níquel Hastelloy® y aleaciones de níquel-cromo Inconel®.

Alternativamente, la reacción puede tener que ser llevada a cabo en semilotes en donde el reactivo perfluoroalquiltrihidroolefina se añade al reactivo de yoduro de perfluoroalquilo por medio de un aparato de adición adecuado tal como una bomba a la temperatura de reacción.

La proporción de yoduro de perfluoroalquilo a perfluoroalquiltrihidroolefina debería estar entre aproximadamente 1:1 a aproximadamente 4:1, preferiblemente de aproximadamente 1,5:1 a 2,5:1. Proporciones de menos de 1,5:1 tienden a resultar en grandes cantidades del aducto 2:1 según lo informado por Jeanneaux, et al. en Journal of Fluorine Chemistry, volumen 4, páginas 261-270 (1974).

Las temperaturas preferidas para poner en contacto dichos yoduros de perfluoroalquilo con dichas perfluoroalquiltrihidroolefinas están preferiblemente dentro del intervalo de aproximadamente 150°C a 300°C, preferiblemente de aproximadamente 170°C a aproximadamente 250°C, y lo más preferible de aproximadamente 180°C a aproximadamente 230°C.

- 5 Tiempos de contacto adecuados para la reacción del yoduro de perfluoroalquilo con la perfluoroalquiltrihidroolefina son de alrededor de 0,5 horas a 18 horas, preferiblemente de aproximadamente 4 a aproximadamente 12 horas.

El trihidroyodoperfluoroalcano preparado por reacción del yoduro de perfluoroalquilo con la perfluoroalquiltrihidroolefina puede utilizarse directamente en la etapa de deshidroyodación o preferiblemente se puede recuperar y purificar por destilación antes de la etapa de deshidroyodación.

- 10 La etapa de deshidroyodación se lleva a cabo poniendo en contacto el trihidroyodoperfluoroalcano con una sustancia básica. Sustancias básicas adecuadas incluyen hidróxidos de metales alcalinos (por ejemplo, hidróxido de sodio o hidróxido de potasio), óxidos de metales alcalinos (por ejemplo, óxido de sodio), hidróxidos de metales alcalinotérreos (por ejemplo, hidróxido de calcio), óxidos de metales alcalinotérreos (por ejemplo, óxido de calcio), alcóxidos de metales alcalinos (por ejemplo, metóxido de sodio o etóxido de sodio), amoníaco acuoso, amida de sodio, o mezclas de sustancias básicas, tales como la cal sodada. Sustancias básicas preferidas son el hidróxido de sodio e hidróxido de potasio.

- 20 La puesta en contacto del trihidroyodoperfluoroalcano con una sustancia básica puede tener lugar en la fase líquida, preferiblemente en presencia de un disolvente capaz de disolver al menos una parte de ambos reactivos. Los disolventes adecuados para la etapa de deshidroyodación incluyen uno o más disolventes orgánicos polares tales como los alcoholes (por ejemplo, metanol, etanol, n-propanol, isopropanol, n-butanol, isobutanol y butanol terciario), nitrilos (por ejemplo, acetonitrilo, propionitrilo, butironitrilo, benzonitrilo, o adiponitrilo), dimetil sulfóxido, N,N-dimetilformamida, N,N-dimetilacetamida, o sulfolano. La elección del disolvente puede depender del punto de ebullición del producto y la facilidad de separación de trazas del disolvente del producto durante la purificación. Típicamente, el etanol o el isopropanol son buenos disolventes para la reacción.

- 25 Típicamente, la reacción de deshidroyodación puede llevarse a cabo mediante la adición de uno de los reactivos (ya sea la sustancia básica o el trihidroyodoperfluoroalcano) al otro reactivo en un recipiente de reacción adecuado. El recipiente de reacción se puede fabricar a partir de vidrio, cerámica o metal y se agita preferiblemente con un mecanismo impulsor o de agitación mecánica. Las temperaturas adecuadas para la reacción de deshidroyodación son de aproximadamente 10°C a aproximadamente 100°C, preferiblemente de aproximadamente 20°C a aproximadamente 70°C. La reacción de deshidroyodación puede llevarse a cabo a presión ambiente o a presión reducida o elevada. Son de importancia las reacciones de deshidroyodación en las que el compuesto de fórmula I se separa por destilación del recipiente de reacción según se va formando.

- 35 Alternativamente, la reacción de deshidroyodación puede llevarse a cabo poniendo en contacto una solución acuosa de dicha sustancia básica con una solución del trihidroyodoperfluoroalcano en uno o más disolventes orgánicos de menor polaridad tal como un alcano (por ejemplo, hexano, heptano, u octano), hidrocarburos aromáticos (por ejemplo, tolueno), hidrocarburos halogenados (por ejemplo, cloruro de metileno, cloroformo, tetracloruro de carbono, o percloroetileno), o éter (por ejemplo, éter dietílico, metil terc-butil éter, tetrahidrofurano, 2-metil tetrahidrofurano, dioxano, dimetoxietano, diglima, o tetraglima) en presencia de un catalizador de transferencia de fase. Catalizadores de transferencia de fase adecuados incluyen haluros de amonio cuaternario (por ejemplo, bromuro de tetrabutilamonio, hidrosulfato de tetrabutilamonio, cloruro de trietilbencilamonio, cloruro de dodeciltrimetilamonio y cloruro de tricaprilmetilamonio), haluros de fosfonio cuaternario (por ejemplo, bromuro de trifenilmetilfosfonio y cloruro de tetrafenilfosfonio), o compuestos de poliéter cíclicos conocidos en la técnica como éteres corona (por ejemplo, 18-corona-6 y 15-corona-5).

- 45 Alternativamente, la reacción de deshidroyodación puede llevarse a cabo en ausencia de disolventes mediante la adición del trihidroyodoperfluoroalcano a una sustancia básica sólida o líquida.

- 50 Tiempos de reacción adecuados para las reacciones de deshidroyodación son de aproximadamente 15 minutos a aproximadamente seis horas o más dependiendo de la solubilidad de los reactivos. Normalmente, la reacción de deshidroyodación es rápida y requiere aproximadamente de 30 minutos a aproximadamente tres horas para su conclusión. El compuesto de fórmula I se puede recuperar de la mezcla de reacción de deshidroyodación por separación de fases después de la adición de agua, mediante destilación, o por una combinación de las mismas.

- 55 En otra forma de realización de la presente invención, las olefinas fluoradas comprenden olefinas fluoradas cíclicas (ciclo-[CX=CY(CZW)_n]) (Fórmula II), en la que X, Y, Z y W se seleccionan independientemente de H y F, y n es un número entero de 2 a 5). En una forma de realización, las olefinas fluoradas de la fórmula II, tienen al menos aproximadamente 3 átomos de carbono en la molécula. En otra forma de realización, las olefinas fluoradas de la fórmula II tienen al menos aproximadamente 4 átomos de carbono en la molécula. En aún otra forma de realización, las olefinas fluoradas de la fórmula II tienen al menos aproximadamente 5 átomos de carbono en la molécula. Olefinas fluoradas cíclicas representativas de Fórmula II se enumeran en la Tabla 2.

Tabla 2

Olefinas fluoradas cíclicas	Estructura	Nombre químico
FC-C1316cc	ciclo-CF ₂ CF ₂ CF=CF-	1,2,3,3,4,4-hexafluorociclobuteno
HFC-C1334cc	ciclo-CF ₂ CF ₂ CH=CH-	3,3,4,4-tetrafluorociclobuteno
HFC-C1436	ciclo-CF ₂ CF ₂ CF ₂ CH=CH-	3,3,4,4,5,5-hexafluorociclopenteno
FC-C1418y	ciclo-CF ₂ CF=CFCF ₂ CF ₂ -	1,2,3,3,4,4,5,5-octafluorociclopenteno
FC-C151-10y	ciclo-CF ₂ CF=CFCF ₂ CF ₂ CF ₂ -	1,2,3,3,4,4,5,5,6,6-decafluorociclohexeno

Las composiciones de la presente invención pueden comprender un solo compuesto de fórmula I o fórmula II, por ejemplo, uno de los compuestos en la Tabla 1 o la Tabla 2, o pueden comprender una combinación de compuestos de fórmula I o fórmula II.

- 5 En otra forma de realización, las olefinas fluoradas pueden comprender los compuestos listados en la Tabla 3.

Tabla 3.

Nombre	Estructura	Nombre químico
HFC-1225ye	CF ₃ CF=CHF	1,2,3,3,3-pentafluoro-1-propeno
HFC-1225zc	CF ₃ CH=CF ₂	1,1,3,3,3-pentafluoro-1-propeno
HFC-1225yc	CHF ₂ CF=CF ₂	1,1,2,3,3-pentafluoro-1-propeno
HFC-1234ye	CHF ₂ CF=CHF	1,2,3,3-tetrafluoro-1-propeno
HFC-1234yf	CF ₃ CF=CH ₂	2,3,3,3-tetrafluoro-1-propeno
HFC-1234ze	CF ₃ CH=CHF	1,3,3,3-tetrafluoro-1-propeno
HFC-1234yc	CH ₂ FCF=CF ₂	1,1,2,3-tetrafluoro-1-propeno
HFC-1234zc	CHF ₂ CH=CF ₂	1,1,3,3-tetrafluoro-1-propeno
HFC-1243yf	CHF ₂ CF=CH ₂	2,3,3-trifluoro-1-propeno
HFC-1243zf	CF ₃ CH=CH ₂	3,3,3-trifluoro-1-propeno
HFC-1243yc	CH ₃ CF=CF ₂	1,1,2-trifluoro-1-propeno
HFC-1243zc	CH ₂ FCH=CF ₂	1,1,3-trifluoro-1-propeno
HFC-1243ye	CH ₂ FCF=CHF	1,2,3-trifluoro-1-propeno
HFC-1243ze	CHF ₂ CH=CHF	1,3,3-trifluoro-1-propeno
FC-1318my	CF ₃ CF=CFCF ₃	1,1,1,2,3,4,4,4-octafluoro-2-buteno
FC-1318cy	CF ₃ CF ₂ CF=CF ₂	1,1,2,3,3,4,4,4-octafluoro-1-buteno
HFC-1327my	CF ₃ CF=CHCF ₃	1,1,1,2,4,4,4-heptafluoro-2-buteno
HFC-1327ye	CHF=CFCF ₂ CF ₃	1,2,3,3,4,4,4-heptafluoro-1-buteno
HFC-1327py	CHF ₂ CF=CFCF ₃	1,1,1,2,3,4,4-heptafluoro-2-buteno
HFC-1327et	(CF ₃) ₂ C=CHF	1,3,3,3-tetrafluoro-2-(trifluorometil)-1-propeno
HFC-1327cz	CF ₂ =CHCF ₂ CF ₃	1,1,3,3,4,4,4-heptafluoro-1-buteno
HFC-1327cye	CF ₂ =CFCHFCF ₃	1,1,2,3,4,4,4-heptafluoro-1-buteno
HFC-1327cyc	CF ₂ =CFCF ₂ CHF ₂	1,1,2,3,3,4,4-heptafluoro-1-buteno
HFC-1336yf	CF ₃ CF ₂ CF=CH ₂	2,3,3,4,4,4-hexafluoro-1-buteno
HFC-1336ze	CHF=CHCF ₂ CF ₃	1,3,3,4,4,4-hexafluoro-1-buteno
HFC-1336eye	CHF=CFCHFCF ₃	1,2,3,4,4,4-hexafluoro-1-buteno
HFC-1336eyc	CHF=CFCF ₂ CHF ₂	1,2,3,3,4,4-hexafluoro-1-buteno

ES 2 575 130 T3

Nombre	Estructura	Nombre químico
HFC-1336pyy	$\text{CHF}_2\text{CF}=\text{CFCHF}_2$	1,1,2,3,4,4-hexafluoro-2-buteno
HFC-1336qy	$\text{CH}_2\text{FCF}=\text{CFCF}_3$	1,1,1,2,3,4-hexafluoro-2-buteno
HFC-1336pz	$\text{CHF}_2\text{CH}=\text{CFCF}_3$	1,1,1,2,4,4-hexafluoro-2-buteno
HFC-1336mzy	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{CFCHF}_2$	1,1,1,3,4,4-hexafluoro-2-buteno
HFC-1336qc	$\text{CF}_2=\text{CFCF}_2\text{CH}_2\text{F}$	1,1,2,3,3,4-hexafluoro-1-buteno
HFC-1336pe	$\text{CF}_2=\text{CFCHFCHF}_2$	1,1,2,3,4,4-hexafluoro-1-buteno
HFC-1336ft	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CF}_3)_2$	3,3,3-trifluoro-2-(trifluorometil)-1-propeno
HFC-1345qz	$\text{CH}_2\text{FCH}=\text{CFCF}_3$	1,1,1,2,4-pentafluoro-2-buteno
HFC-1345mzy	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{CFCH}_2\text{F}$	1,1,1,3,4-pentafluoro-2-buteno
HFC-1345fz	$\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}=\text{CH}_2$	3,3,4,4,4-pentafluoro-1-buteno
HFC-1345mzz	$\text{CHF}_2\text{CH}=\text{CHCF}_3$	1,1,1,4,4-pentafluoro-2-buteno
HFC-1345sy	$\text{CH}_3\text{CF}=\text{CFCF}_3$	1,1,1,2,3-pentafluoro-2-buteno
HFC-1345fyc	$\text{CH}_2=\text{CFCF}_2\text{CHF}_2$	2,3,3,4,4-pentafluoro-1-buteno
HFC-1345pyz	$\text{CHF}_2\text{CF}=\text{CHCHF}_2$	1,1,2,4,4-pentafluoro-2-buteno
HFC-1345cyc	$\text{CH}_3\text{CF}_2\text{CF}=\text{CF}_2$	1,1,2,3,3-pentafluoro-1-buteno
HFC-1345pyy	$\text{CH}_2\text{FCF}=\text{CFCHF}_2$	1,1,2,3,4-pentafluoro-2-buteno
HFC-1345eyc	$\text{CH}_2\text{FCF}_2\text{CF}=\text{CHF}$	1,2,3,3,4-pentafluoro-1-buteno
HFC-1345ctm	$\text{CF}_2=\text{C}(\text{CF}_3)(\text{CH}_3)$	1,1,3,3,3-pentafluoro-2-metil-1-propeno
HFC-1345ftp	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CHF}_2)(\text{CF}_3)$	2-(difluorometil)-3,3,3-trifluoro-1-propeno
HFC-1345fye	$\text{CH}_2=\text{CFCHF}_2\text{CF}_3$	2,3,4,4,4-pentafluoro-1-buteno
HFC-1345eyf	$\text{CHF}=\text{CFCH}_2\text{CF}_3$	1,2,4,4,4-pentafluoro-1-buteno
HFC-1345eze	$\text{CHF}=\text{CHCHF}_2\text{CF}_3$	1,3,4,4,4-pentafluoro-1-buteno
HFC-1345ezc	$\text{CHF}=\text{CHCF}_2\text{CHF}_2$	1,3,3,4,4-pentafluoro-1-buteno
HFC-1345eye	$\text{CHF}=\text{CFCHFCHF}_2$	1,2,3,4,4-pentafluoro-1-buteno
HFC-1354fzc	$\text{CH}_2=\text{CHCF}_2\text{CHF}_2$	3,3,4,4-tetrafluoro-1-buteno
HFC-1354ctp	$\text{CF}_2=\text{C}(\text{CHF}_2)(\text{CH}_3)$	1,1,3,3-tetrafluoro-2-metil-1-propeno
HFC-1354etm	$\text{CHF}=\text{C}(\text{CF}_3)(\text{CH}_3)$	1,3,3,3-tetrafluoro-2-metil-1-propeno
HFC-1354tftp	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CHF}_2)_2$	2-(difluorometil)-3,3-difluoro-1-propeno
HFC-1354my	$\text{CF}_3\text{CF}=\text{CHCH}_3$	1,1,1,2-tetrafluoro-2-buteno
HFC-1354mzy	$\text{CH}_3\text{CF}=\text{CHCF}_3$	1,1,1,3-tetrafluoro-2-buteno
FC-141-10myy	$\text{CF}_3\text{CF}=\text{CFCF}_2\text{CF}_3$	1,1,1,2,3,4,4,5,5,5-decafluoro-2-penteno
FC-141-10cy	$\text{CF}_2=\text{CFCF}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$	1,1,2,3,3,4,4,5,5,5-decafluoro-1-penteno
HFC-1429mzt	$(\text{CF}_3)_2\text{C}=\text{CHCF}_3$	1,1,1,4,4,4-hexafluoro-2-(trifluorometil)-2-buteno
HFC-1429myz	$\text{CF}_3\text{CF}=\text{CHCF}_2\text{CF}_3$	1,1,1,2,4,4,5,5,5-nonafluoro-2-penteno
HFC-1429mzy	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{CFCF}_2\text{CF}_3$	1,1,1,3,4,4,5,5,5-nonafluoro-2-penteno
HFC-1429eyc	$\text{CHF}=\text{CFCF}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$	1,2,3,3,4,4,5,5,5-nonafluoro-1-penteno
HFC-1429czc	$\text{CF}_2=\text{CHCF}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$	1,1,3,3,4,4,5,5,5-nonafluoro-1-penteno
HFC-1429cycc	$\text{CF}_2=\text{CFCF}_2\text{CF}_2\text{CHF}_2$	1,1,2,3,3,4,4,5,5-nonafluoro-1-penteno
HFC-1429pyy	$\text{CHF}_2\text{CF}=\text{CFCF}_2\text{CF}_3$	1,1,2,3,4,4,5,5,5-nonafluoro-2-penteno

ES 2 575 130 T3

Nombre	Estructura	Nombre químico
HFC-1429myyc	$\text{CF}_3\text{CF}=\text{CFCF}_2\text{CHF}_2$	1,1,1,2,3,4,4,5,5-nonafluoro-2-penteno
HFC-1429myye	$\text{CF}_3\text{CF}=\text{CFCHFCF}_3$	1,1,1,2,3,4,4,5,5-nonafluoro-2-penteno
HFC-1429eyym	$\text{CHF}=\text{CFCF}(\text{CF}_3)_2$	1,2,3,4,4,4-hexafluoro-3-(trifluorometil)-1-buteno
HFC-1429cyzm	$\text{CF}_2=\text{CFCH}(\text{CF}_3)_2$	1,1,2,4,4,4-hexafluoro-3-(trifluorometil)-1-buteno
HFC-1429mzt	$\text{CF}_3\text{CH}=\text{C}(\text{CF}_3)_2$	1,1,1,4,4,4-hexafluoro-2-(trifluorometil)-2-buteno
HFC-1429czym	$\text{CF}_2=\text{CHCF}(\text{CF}_3)_2$	1,1,3,4,4,4-hexafluoro-3-(trifluorometil)-1-buteno
HFC-1438fy	$\text{CH}_2=\text{CFCF}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$	2,3,3,4,4,5,5,5-octafluoro-1-penteno
HFC-1438eycc	$\text{CHF}=\text{CFCF}_2\text{CF}_2\text{CHF}_2$	1,2,3,3,4,4,5,5-octafluoro-1-penteno
HFC-1438ftmc	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CF}_3)\text{CF}_2\text{CF}_3$	3,3,4,4,4-pentafluoro-2-(trifluorometil)-1-buteno
HFC-1438czzm	$\text{CF}_2=\text{CHCH}(\text{CF}_3)_2$	1,1,4,4,4-pentafluoro-3-(trifluorometil)-1-buteno
HFC-1438ezym	$\text{CHF}=\text{CHCF}(\text{CF}_3)_2$	1,3,4,4,4-pentafluoro-3-(trifluorometil)-1-buteno
HFC-1438ctmf	$\text{CF}_2=\text{C}(\text{CF}_3)\text{CH}_2\text{CF}_3$	1,1,4,4,4-pentafluoro-2-(trifluorometil)-1-buteno
HFC-1447fzy	$(\text{CF}_3)_2\text{CFCH}=\text{CH}_2$	3,4,4,4-tetrafluoro-3-(trifluorometil)-1-buteno
*HFC-1447fz	$\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CH}=\text{CH}_2$	3,3,4,4,5,5,5-heptafluoro-1-penteno
HFC-1447fycc	$\text{CH}_2=\text{CFCF}_2\text{CF}_2\text{CHF}_2$	2,3,3,4,4,5,5-heptafluoro-1-penteno
HFC-1447czcf	$\text{CF}_2=\text{CHCF}_2\text{CH}_2\text{CF}_3$	1,1,3,3,5,5,5-heptafluoro-1-penteno
HFC-1447mytm	$\text{CF}_3\text{CF}=\text{C}(\text{CF}_3)(\text{CH}_3)$	1,1,1,2,4,4,4-heptafluoro-3-metil-2-buteno
HFC-1447fyz	$\text{CH}_2=\text{CFCH}(\text{CF}_3)_2$	2,4,4,4-tetrafluoro-3-(trifluorometil)-1-buteno
HFC-1447ezz	$\text{CHF}=\text{CHCH}(\text{CF}_3)_2$	1,4,4,4-tetrafluoro-3-(trifluorometil)-1-buteno
HFC-1447qzt	$\text{CH}_2\text{FCH}=\text{C}(\text{CF}_3)_2$	1,4,4,4-tetrafluoro-2-(trifluorometil)-2-buteno
HFC-1447syt	$\text{CH}_3\text{CF}=\text{C}(\text{CF}_3)_2$	2,4,4,4-tetrafluoro-2-(trifluorometil)-2-buteno
HFC-1456szt	$(\text{CF}_3)_2\text{C}=\text{CHCH}_3$	3-(trifluorometil)-4,4,4-trifluoro-2-buteno
HFC-1456szy	$\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CF}=\text{CHCH}_3$	3,4,4,5,5,5-hexafluoro-2-penteno
HFC-1456mstz	$\text{CF}_3\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCF}_3$	1,1,1,4,4,4-hexafluoro-2-metil-2-buteno
HFC-1456fzce	$\text{CH}_2=\text{CHCF}_2\text{CHFCF}_3$	3,3,4,5,5,5-hexafluoro-1-penteno
HFC-1456ftmf	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CF}_3)\text{CH}_2\text{CF}_3$	4,4,4-trifluoro-2-(trifluorometil)-1-buteno
FC-151-12c	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_3\text{CF}=\text{CF}_2$	1,1,2,3,3,4,4,5,5,6,6,6-dodecafluoro-1-hexeno (o perfluoro-1-hexeno)
FCF-151-12mcy	$\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CF}=\text{CFCF}_2\text{CF}_3$	1,1,1,2,2,3,4,5,5,6,6,6-dodecafluoro-3-hexeno (o perfluoro-3-hexeno)
FC-151-12mmtt	$(\text{CF}_3)_2\text{C}=\text{C}(\text{CF}_3)_2$	1,1,1,4,4,4,4-hexafluoro-2,3-bis(trifluorometil)-2-buteno
FC-151-12mmzz	$(\text{CF}_3)_2\text{CFCF}=\text{CFCF}_3$	1,1,1,2,3,4,5,5,5-nonafluoro-4-(trifluorometil)-2-penteno
HFC-152-11mmtz	$(\text{CF}_3)_2\text{C}=\text{CHC}_2\text{F}_5$	1,1,1,4,4,5,5,5-octafluoro-2-(trifluorometil)-2-penteno
HFC-152-11mmyyz	$(\text{CF}_3)_2\text{CFCF}=\text{CHCF}_3$	1,1,1,3,4,5,5,5-octafluoro-4-(trifluorometil)-2-penteno
PFBE (o HFC-1549fz)	$\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CH}=\text{CH}_2$	3,3,4,4,5,5,6,6,6-nonafluoro-1-hexeno (o perfluorobutiletileno)
HFC-1549fzttmm	$\text{CH}_2=\text{CHC}(\text{CF}_3)_3$	4,4,4-trifluoro-3,3-bis(trifluorometil)-1-buteno

Nombre	Estructura	Nombre químico
HFC-1549mmtts	$(CF_3)_2C=C(CH_3)(CF_3)$	1,1,1,4,4,4-hexafluoro-3-metil-2-(trifluorometil)-2-buteno
HFC-1549fycz	$CH_2=CFCH_2CH(CF_3)_2$	2,3,3,5,5,5-hexafluoro-4-(trifluorometil)-1-penteno
HFC-1549myts	$CF_3CF=C(CH_3)CF_2CF_3$	1,1,1,2,4,4,5,5,5-nonafluoro-3-metil-2-penteno
HFC-1549mzzz	$CF_3CH=CHCH(CF_3)_2$	1,1,1,5,5,5-hexafluoro-4-(trifluorometil)-2-penteno
HFC-1558szy	$CF_3CF_2CF_2CF=CHCH_3$	3,4,4,5,5,6,6,6-octafluoro-2-hexeno
HFC-1558fzccc	$CH_2=CHCF_2CF_2CF_2CHF_2$	3,3,4,4,5,5,6,6-octafluoro-2-hexeno
HFC-1558mmtzc	$(CF_3)_2C=CHCF_2CH_3$	1,1,1,4,4-pentafluoro-2-(trifluorometil)-2-penteno
HFC-1558ftmf	$CH_2=C(CF_3)CH_2C_2F_5$	4,4,5,5,5-pentafluoro-2-(trifluorometil)-1-penteno
HFC-1567fts	$CF_3CF_2CF_2C(CH_3)=CH_2$	3,3,4,4,5,5,5-heptafluoro-2-metil-1-penteno
HFC-1567szz	$CF_3CF_2CF_2CH=CHCH_3$	4,4,5,5,6,6,6-heptafluoro-2-hexeno
HFC-1567fzfc	$CH_2=CHCH_2CF_2C_2F_5$	4,4,5,5,6,6,6-heptafluoro-1-hexeno
HFC-1567sfyy	$CF_3CF_2CF=CFC_2H_5$	1,1,1,2,2,3,4-heptafluoro-3-hexeno
HFC-1567fzfy	$CH_2=CHCH_2CF(CF_3)_2$	4,5,5,5-tetrafluoro-4-(trifluorometil)-1-penteno
HFC-1567myzzm	$CF_3CF=CHCH(CF_3)(CH_3)$	1,1,1,2,5,5,5-heptafluoro-4-metil-2-penteno
HFC-1567mmytf	$(CF_3)_2C=CFC_2H_5$	1,1,1,3-tetrafluoro-2-(trifluorometil)-2-penteno
FC-161-14myy	$CF_3CF=CFCF_2CF_2C_2F_5$	1,1,1,2,3,4,4,5,5,6,6,7,7,7-tetradecafluoro-2-hepteno
FC-161-14mcy	$CF_3CF_2CF=CFCF_2C_2F_5$	1,1,1,2,2,3,4,5,5,6,6,7,7,7-tetradecafluoro-2-hepteno
HFC-162-13mzy	$CF_3CH=CFCF_2CF_2C_2F_5$	1,1,1,3,4,4,5,5,6,6,7,7,7-tridecafluoro-2-hepteno
HFC-162-13myz	$CF_3CF=CHCF_2CF_2C_2F_5$	1,1,1,2,4,4,5,5,6,6,7,7,7-tridecafluoro-2-hepteno
HFC-162-13mczy	$CF_3CF_2CH=CFCF_2C_2F_5$	1,1,1,2,2,4,5,5,6,6,7,7,7-tridecafluoro-3-hepteno
HFC-162-13mcyz	$CF_3CF_2CF=CHCF_2C_2F_5$	1,1,1,2,2,3,5,5,6,6,7,7,7-tridecafluoro-3-hepteno
PEVE	$CF_2=CFOCF_2CF_3$	pentafluoroetil trifluorovinil éter
PMVE	$CF_2=CFOCF_3$	trifluorometil trifluorovinil éter

Los compuestos enumerados en la Tabla 2 y la Tabla 3 están disponibles comercialmente o se pueden preparar por procesos conocidos en la técnica o como se describen en el presente documento.

5 El 1,1,1,4,4-pentafluoro-2-buteno se pueden preparar a partir de 1,1,1,2,4,4 hexafluorobutano ($CHF_2CH_2CHFCF_3$) por deshidrofluoración sobre KOH sólido en fase de vapor a temperatura ambiente. La síntesis de 1,1,1,2,4,4-hexafluorobutano se describe en el documento de patente de Estados Unidos 6.066.768, incorporado aquí como referencia.

10 El 1,1,1,4,4,4-hexafluoro-2-buteno se pueden preparar a partir de 1,1,1,4,4,4-hexafluoro-2-yodobutano ($CF_3CHICH_2CF_3$) por reacción con KOH usando un catalizador de transferencia de fase a aproximadamente 60°C. La síntesis de 1,1,1,4,4,4-hexafluoro-2-yodobutano se puede llevar a cabo por reacción de yoduro de perfluorometilo (CF_3I) y 3,3,3-trifluoropropeno ($CF_3CH=CH_2$) a aproximadamente 200°C bajo presión autógena durante aproximadamente 8 horas.

15 El 3,4,4,5,5,5-hexafluoro-2-penteno se puede preparar por deshidrofluoración de 1,1,1,2,2,3,3-heptafluoropentano ($CF_3CF_2CF_2CH_2CH_3$) usando KOH sólido o sobre un catalizador de carbono a de 200-300°C. El 1,1,1,2,2,3,3-heptafluoropentano se pueden preparar por hidrogenación de 3,3,4,4,5,5,5-heptafluoro-1-penteno ($CF_3CF_2CF_2CH=CH_2$).

El 1,1,1,2,3,4-hexafluoro-2-buteno se pueden preparar por deshidrofluoración de 1,1,1,2,3,3,4-heptafluorobutano ($CH_2FCF_2CHFCF_3$) usando KOH sólido.

El 1,1,1,2,4,4-hexafluoro-2-buteno se puede preparar por deshidrofluoración de 1,1,1,2,2,4,4-heptafluorobutano ($CHF_2CH_2CF_2CF_3$) usando KOH sólido.

- El 1,1,1,3,4,4-hexafluoro-2-buteno se puede preparar por deshidrofluoración de 1,1,1,3,3,4,4-heptafluorobutano ($\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CF}_2\text{CHF}_2$) usando KOH sólido.
- El 1,1,1,2,4-pentafluoro-2-buteno se puede preparar por deshidrofluoración de 1,1,1,2,2,3-hexafluorobutano ($\text{CH}_2\text{FCH}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$) usando KOH sólido.
- 5 El 1,1,1,3,4-pentafluoro-2-buteno se puede preparar por deshidrofluoración de 1,1,1,3,3,4-hexafluorobutano ($\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CF}_2\text{CH}_2\text{F}$) usando KOH sólido.
- El 1,1,1,3-tetrafluoro-2-buteno se puede preparar por reacción de 1,1,1,3,3-pentafluorobutano ($\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CF}_2\text{CH}_3$) con KOH acuoso a 120°C.
- 10 El 1,1,1,4,4,5,5,5-octafluoro-2-penteno se puede preparar a partir de ($\text{CF}_3\text{CHICH}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$) por reacción con KOH usando un catalizador de transferencia de fase a aproximadamente 60°C. La síntesis de 4-yodo-1,1,1,2,2,5,5,5-octafluoropentano puede llevarse a cabo por reacción del yoduro de perfluoroetilo ($\text{CF}_3\text{CF}_2\text{I}$) y 3,3,3-trifluoropropeno a aproximadamente 200°C bajo presión autógena durante aproximadamente 8 horas.
- 15 El 1,1,1,2,2,5,5,6,6,6-decafluoro-3-hexeno se puede preparar a partir de 1,1,1,2,2,5,5,6,6,6-decafluoro-3-yodohexano ($\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CHICH}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$) por reacción con KOH usando un catalizador de transferencia de fase a aproximadamente 60°C. La síntesis de 1,1,1,2,2,5,5,6,6,6-decafluoro-3-yodohexano puede llevarse a cabo por reacción del yoduro de perfluoroetilo ($\text{CF}_3\text{CF}_2\text{I}$) y 3,3,4,4,4-pentafluoro-1-buteno ($\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}=\text{CH}_2$) a aproximadamente 200°C bajo presión autógena durante aproximadamente 8 horas.
- 20 El 1,1,1,4,5,5,5-heptafluoro-4-(trifluorometil)-2-penteno se puede preparar mediante la deshidrofluoración del 1,1,1,2,5,5,5-heptafluoro-4-yodo-2-(trifluorometil)pentano ($\text{CF}_3\text{CHICH}_2\text{CF}(\text{CF}_3)_2$) con KOH en isopropanol. El $\text{CF}_3\text{CHICH}_2\text{CF}(\text{CF}_3)_2$ se hace por la reacción de $(\text{CF}_3)_2\text{CFI}$ con $\text{CF}_3\text{CH}=\text{CH}_2$ a alta temperatura, tal como aproximadamente 200°C.
- El 1,1,1,4,4,5,5,6,6,6-decafluoro-2-hexeno se puede preparar por la reacción de 1,1,1,4,4,4-hexafluoro-2-buteno ($\text{CF}_3\text{CH}=\text{CHCF}_3$) con tetrafluoroetileno ($\text{CF}_2=\text{CF}_2$) y pentafluoruro de antimonio (SbF_5).
- 25 El 2,3,3,4,4-pentafluoro-1-buteno se puede preparar por deshidrofluoración de 1,1,2,2,3,3-hexafluorobutano sobre alúmina fluorada a temperatura elevada.
- El 2,3,3,4,4,5,5,5-octafluoro-1-penteno se puede preparar por deshidrofluoración de 2,2,3,3,4,4,5,5,5-nonfluoropentano sobre KOH sólido.
- El 1,2,3,3,4,4,5,5-octafluoro-1-penteno se puede preparar por deshidrofluoración de 2,2,3,3,4,4,5,5,5-nonfluoropentano sobre alúmina fluorada a temperatura elevada.
- 30 Muchos de los compuestos de Fórmula I, Fórmula II, de la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3 existen como diferentes isómeros de configuración o estereoisómeros. Cuando el isómero específico no se ha designado, la composición descrita está destinada a incluir todos los isómeros configuracionales individuales, estereoisómeros individuales, o cualquier combinación de los mismos. Por ejemplo, F11 E está destinado a representar el isómero E, isómero Z, o cualquier combinación o mezcla de ambos isómeros en cualquier proporción. Como otro ejemplo, HFC-1225ye está
- 35 destinado a representar el isómero E, el isómero Z, o cualquier combinación o mezcla de ambos isómeros en cualquier proporción, siendo el isómero Z preferido.
- En algunas formas de realización, el fluido de trabajo puede comprender además al menos un compuesto seleccionado entre hidrofluorocarbonos, éteres fluorados, hidrocarburos, éter dimetílico (DME), dióxido de carbono (CO_2), amoníaco (NH_3), y yodotrifluorometano (CF_3I).
- 40 En algunas formas de realización, el fluido de trabajo puede comprender además hidrofluorocarbonos que comprenden al menos un compuesto saturado que contiene carbono, hidrógeno y flúor. De particular utilidad son los hidrofluorocarbonos que tienen de 1 a 7 átomos de carbono y que tienen un punto de ebullición normal de aproximadamente -90°C a aproximadamente 80°C. Los hidrofluorocarbonos son productos comerciales disponibles de un número de fuentes o se pueden preparar por métodos conocidos en la técnica. Compuestos de
- 45 hidrofluorocarbonos representativos incluyen pero no se limitan a fluorometano (CH_3F , HFC-41), difluorometano (CH_2F_2 , HFC-32), trifluorometano (CHF_3 , HFC-23), pentafluoroetano (CF_3CHF_2 , HFC-125), 1,1,2,2-tetrafluoroetano (CHF_2CHF_2 , HFC-134), 1,1,1,2-tetrafluoroetano ($\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$, HFC-134a), 1,1,1-trifluoroetano (CF_3CH_3 , HFC-143a), 1,1-difluoroetano (CHF_2CH_3 , HFC-152a), fluoroetano ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{F}$, HFC-161), 1,1,1,2,2,3,3-heptafluoropropano ($\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CHF}_2$, HFC-227ca), 1,1,1,2,3,3,3-heptafluoropropano ($\text{CF}_3\text{CHF}_2\text{CF}_3$, HFC-227ea), 1,1,2,2,3,3-
- 50 hexafluoropropano ($\text{CHF}_2\text{CF}_2\text{CHF}_2$, HFC-236ca), 1,1,1,2,2,3-hexafluoropropano ($\text{CF}_3\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$, HFC-236cb), 1,1,1,2,3,3-hexafluoropropano ($\text{CF}_3\text{CHF}_2\text{CHF}_2$, HFC-236ea), 1,1,1,3,3,3-hexafluoropropano ($\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CF}_3$, HFC-236fa), 1,1,2,2,3-pentafluoropropano ($\text{CHF}_2\text{CF}_2\text{CH}_2\text{F}$, HFC-245ca), 1,1,1,2,2-pentafluoropropano ($\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}_3$, HFC-245cb), 1,1,2,3,3-pentafluoropropano ($\text{CHF}_2\text{CHF}_2\text{CHF}_2$, HFC-245ea), 1,1,1,2,3-pentafluoropropano ($\text{CF}_3\text{CHF}_2\text{CH}_2\text{F}$, HFC-245eb), 1,1,1,3,3-pentafluoropropano ($\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CHF}_2$, HFC-245fa), 1,2,2,3-tetrafluoropropano ($\text{CH}_2\text{FCF}_2\text{CH}_2\text{F}$, HFC-254ca), 1,1,2,2-tetrafluoropropano ($\text{CHF}_2\text{CF}_2\text{CH}_3$, HFC-254cb), 1,1,2,3-tetrafluoropropano ($\text{CHF}_2\text{CHF}_2\text{CH}_2\text{F}$,
- 55

- HFC-254ea), 1,1,1,2-tetrafluoropropano ($\text{CF}_3\text{CHFCH}_3$, HFC-254eb), 1,1,3,3-tetrafluoropropano ($\text{CHF}_2\text{CH}_2\text{CHF}_2$, HFC-254fa), 1,1,1,3-tetrafluoropropano ($\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{F}$, HFC-254fb), 1,1,1-trifluoropropano ($\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$, HFC-263fb), 2,2-difluoropropano ($\text{CH}_3\text{CF}_2\text{CH}_3$, HFC-272ca), 1,2-difluoropropano ($\text{CH}_2\text{FCH}_2\text{CH}_3$, HFC-272ea), 1,3-difluoropropano ($\text{CH}_2\text{FCH}_2\text{CH}_2\text{F}$, HFC-272fa), 1,1-difluoropropano ($\text{CHF}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$, HFC-272fb), 2-fluoropropano ($\text{CH}_3\text{CHFCH}_3$, HFC-281ea), 1-fluoropropano ($\text{CH}_2\text{FCH}_2\text{CH}_3$, HFC-281fa), 1,1,2,2,3,3,4,4-octafluorobutano ($\text{CHF}_2\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CHF}_2$, HFC-338pcc), 1,1,1,2,2,4,4,4-octafluorobutano ($\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$, HFC-338mf), 1,1,1,3,3-pentafluorobutano ($\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CHF}_2$, HFC-365mfc), 1,1,1,2,3,4,4,5,5,5-decafluoropentano ($\text{CF}_3\text{CHFCHFCF}_2\text{CF}_3$, HFC-43-10mee) y 1,1,1,2,2,3,4,5,5,6,6,7,7,7-tetradecafluoroheptano ($\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CHFCHFCF}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$, HFC-63-14mee).
- 5 En algunas formas de realización, los fluidos de trabajo pueden comprender, además, éteres fluorados que comprenden al menos un compuesto con carbono, flúor, oxígeno y opcionalmente hidrógeno, cloro, bromo o yodo. Los éteres fluorados están disponibles comercialmente o pueden ser producidos por métodos conocidos en la técnica. Éteres fluorados representativos incluyen pero no se limitan a nonafluorometoxibutano ($\text{C}_4\text{F}_9\text{OCH}_3$, cualquiera o todos de los posibles isómeros o mezclas de los mismos); nonafluoroetoxibutano ($\text{C}_4\text{F}_9\text{OC}_2\text{H}_5$, cualquiera o todos de los posibles isómeros o mezclas de los mismos); 2-difluorometoxi-1,1,1,2-tetrafluoroetano (HFOC-236eaEβγ, o $\text{CHF}_2\text{OCHFCF}_3$); 1,1-difluoro-2-metoxietano (HFOC-272fbEβγ, $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CHF}_2$); 1,1,1,3,3,3-hexafluoro-2-(fluorometoxi) propano (HFOC-347mmzEβγ, o $\text{CH}_2\text{FOCH}(\text{CF}_3)_2$); 1,1,1,3,3,3-hexafluoro-2-metoxipropano (HFOC-356mmzEβγ, o $\text{CH}_3\text{OCH}(\text{CH}_3)_2$); 1,1,1,2,2-pentafluoro-3-metoxipropano (HFOC-365mcEγδ, o $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}_2\text{OCH}_3$); 2-etoxi-1,1,1,2,3,3,3-heptafluoropropano (HFOC-467mmyEβγ, o $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCF}(\text{CF}_3)_2$; y mezclas de los mismos.
- 10 En algunas formas de realización, los fluidos de trabajo pueden comprender además hidrocarburos, que comprenden compuestos que tienen sólo carbono e hidrógeno. De particular utilidad son compuestos que tienen de 3 a 7 átomos de carbono. Los hidrocarburos son comercialmente disponibles a través de numerosos proveedores de productos químicos. Hidrocarburos representativos incluyen pero no se limitan a propano, n-butano, isobutano, ciclobutano, n-pentano, 2-metilbutano, 2,2-dimetilpropano, ciclopentano, n-hexano, 2-metilpentano, 2,2-dimetilbutano, 2,3-dimetilbutano, 3-metilpentano, ciclohexano, n-heptano, y cicloheptano.
- 15 En algunas formas de realización, el fluido de trabajo puede comprender hidrocarburos que contienen heteroátomos, tales como dimetil éter (DME, CH_3OCH_3). DME está disponible comercialmente.
- 20 En algunas formas de realización, los fluidos de trabajo pueden comprender, además, dióxido de carbono (CO_2), que está disponible comercialmente a partir de diversas fuentes o se puede preparar por métodos conocidos en la técnica.
- 25 En algunas formas de realización, los fluidos de trabajo pueden comprender, además amoníaco (NH_3), que está disponible comercialmente a partir de diversas fuentes o se puede preparar por métodos conocidos en la técnica.
- 30 En algunas formas de realización, los fluidos de trabajo comprenden además al menos un compuesto seleccionado entre hidrofluorocarbonos, éteres fluorados, hidrocarburos, éter dimetílico (DME), dióxido de carbono (CO_2), amoníaco (NH_3), y yodotrifluorometano (CF_3I).
- 35 En una forma de realización, el fluido de trabajo comprende 1,2,3,3,3-pentafluoropropeno (HFC-1225ye). En otra forma de realización, el fluido de trabajo comprende, además, difluorometano (HFC-32). En aún otra forma de realización, el fluido de trabajo comprende, además, 1,1,1,2-tetrafluoroetano (HFC-134a).
- 40 En una forma de realización, el fluido de trabajo comprende 2,3,3,3-tetrafluoropropeno (HFC-1234yf). En otra forma de realización, el fluido de trabajo comprende HFC-1225ye y HFC-1234yf.
- En una forma de realización, el fluido de trabajo comprende 1,3,3,3-tetrafluoropropeno (HFC-1234ze). En otra forma de realización, el fluido de trabajo comprende E-HFC-1234ze (o trans-HFC-1234ze).
- En todavía otra forma de realización, el fluido de trabajo comprende al menos un compuesto del grupo que consiste en HFC-134a, HFC-32, HFC-125, HFC-152a, y CF_3I .
- 45 En ciertas formas de realización, los fluidos de trabajo pueden comprender una composición seleccionada del grupo que consiste en:
- HFC-32 y HFC-1225ye;
- HFC-1234yf y CF_3I ;
- HFC-32, HFC-134a, y HFC-1225ye;
- 50 HFC-32, HFC-125 y HFC-1225ye;
- HFC-32, HFC-1225ye y HFC-1234yf;
- HFC-125, HFC-1225ye y HFC-1234yf;

- HFC-32, HFC-1225ye, HFC-1234yf, y CF₃I;
 HFC-134a, HFC-1225ye y HFC-1234yf;
 HFC-134a y HFC-1234yf;
 HFC-32 y HFC-1234yf;
- 5 HFC-125 y HFC-1234yf;
 HFC-32, HFC-125 y HFC-1234yf;
 HFC-32, HFC-134a, y HFC-1234yf;
 DME y HFC-1234yf;
 HFC-152a y HFC-1234yf;
- 10 HFC-152a, HFC-134a, y HFC-1234yf;
 HFC-152a, n-butano, y HFC-1234yf;
 HFC-134a, propano, y HFC-1234yf;
 HFC-125, HFC-152a, y HFC-1234yf;
 HFC-125, HFC-134a, y HFC-1234yf;
- 15 HFC-32, HFC-1234ze, y HFC-1234yf;
 HFC-125, HFC-1234ze, y HFC-1234yf;
 HFC-32, HFC-1234ze, HFC-1234yf, y CF₃I;
 HFC-134a, HFC-1234ze, y HFC-1234yf;
 HFC-134a y HFC-1234ze;
- 20 HFC-32 y HFC-1234ze;
 HFC-125 y HFC-1234ze;
 HFC-32, HFC-125 y HFC-1234ze;
 HFC-32, HFC-134a, y HFC-1234ze;
 DME y HFC-1234ze;
- 25 HFC-152a y HFC-1234ze;
 HFC-152a, HFC-134a, y HFC-1234ze;
 HFC-152a, n-butano, y HFC-1234ze;
 HFC-134a, propano, y HFC-1234ze;
 HFC-125, HFC-152a, y HFC-1234ze; o
- 30 HFC-125, HFC-134a, y HFC-1234ze.

Ejemplos

Ejemplo 1

Comparación del rendimiento

- 35 Se probaron sistemas de aire acondicionado de automóviles con y sin un intercambiador de calor intermedio para determinar si se veía una mejora con el IHX. El fluido de trabajo fue una mezcla de 95% en peso de HFC-1225ye y 5% en peso de HFC-32. Cada sistema tenía un condensador, evaporador, compresor y un dispositivo de expansión térmica. La temperatura ambiente del aire era de 30°C en las entradas del evaporador y condensador. Las pruebas se realizaron a 2 velocidades del compresor, 1000 y 2000 rpm, y a 3 velocidades del vehículo: 25, 30, y 36 km/h. La tasa de flujo volumétrico del aire en el evaporador fue de 380 m³/h.

La capacidad de enfriamiento para el sistema con un IHX muestra un aumento de 4 a 7% en comparación con el sistema sin IHX. La COP también mostró un aumento del 2,5 al 4% para el sistema con IHX en comparación con un sistema sin IHX.

Ejemplo 2

5 Mejora en rendimiento con el intercambiador de calor interno

Se calculó el rendimiento de refrigeración para HFC-134a y HFC-1234yf con y sin un IHX. Las condiciones utilizadas son las siguientes:

	Temperatura del condensador	55°C
	Temperatura del evaporador	5°C
10	Recalentamiento (absoluto)	15°C

Los datos que ilustran el rendimiento relativo se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5

Prueba	Subenfriamiento °C	COP	Capacidad kJ/m ³	Trabajo del compresor, kJ/kg
HFC-134a sin IHX	0	4,74	2250,86	29,6
HFC-134a con IHX	5,0	5,02	2381,34	29,6
HFC-134a, % aumento con IHX		5,91	5,80	
HFC-1234yf, sin IHX	0	4,64	2172,43	24,37
HFC-1234yf, con IHX	5,8	5,00	2335,38	24,37
HFC-1234yf, % aumento con IHX		7,76	7,50	

15 Los datos anteriores demuestran un nivel inesperado de mejora en la eficiencia energética (COP) y la capacidad de refrigeración para la olefina fluorada (HFC-1234yf) con el IHX, en comparación con las obtenidas para HFC-134a con IHX. En particular, la COP se incrementó en 7,67% y la capacidad de enfriamiento se incrementó en 7,50%.

20 Debe tenerse en cuenta que la diferencia en el subenfriamiento surge de las diferencias en el peso molecular, la densidad del líquido y la capacidad de calor líquido para HFC-1234yf en comparación con HFC-134a. Sobre la base de estos parámetros se estimó que habría una diferencia en el subenfriamiento conseguido con los diferentes compuestos. Cuando el subenfriamiento para HFC-134a se fijó a 5°C, el subenfriamiento correspondiente para HFC-1234yf se calculó que era 5,8°C.

REIVINDICACIONES

1. Un método para el intercambio de calor en un sistema de transferencia de calor de compresión de vapor que tiene un fluido de trabajo que circula a través del mismo, que comprende las etapas de:
- 5 (a) hacer circular un fluido de trabajo a una entrada de un primer tubo de un intercambiador de calor interno, a través del intercambiador de calor interno y a una salida del mismo;
- (b) hacer circular el fluido de trabajo desde la salida del primer tubo del intercambiador de calor interno a una entrada de un evaporador, a través del evaporador para evaporar el fluido de trabajo, con lo que se le convierte en un fluido de trabajo gaseoso, y a través de una salida del evaporador;
- 10 (c) hacer circular el fluido de trabajo desde la salida del evaporador a una entrada de un segundo tubo del intercambiador de calor interno para transferir calor desde el fluido de trabajo líquido del condensador al fluido de trabajo gaseoso del evaporador, a través del intercambiador de calor interno, y a una salida del segundo tubo;
- (d) hacer circular el fluido de trabajo desde la salida del segundo tubo del intercambiador de calor interno a una entrada de un compresor, a través del compresor para comprimir el fluido de trabajo gaseoso, y a una salida del compresor;
- 15 (e) hacer circular el fluido de trabajo desde la salida del compresor a una entrada de un condensador y a través del condensador para condensar el fluido de trabajo gaseoso comprimido en un líquido, y a una salida del condensador;
- (f) hacer circular el fluido de trabajo desde la salida del condensador a una entrada del primer tubo del intercambiador de calor interno para transferir calor desde el líquido del condensador al gas del evaporador, y a una salida del primer tubo; y
- 20 (g) hacer circular el fluido de trabajo desde la salida del primer tubo del intercambiador de calor interno de vuelta al evaporador, caracterizado porque el fluido de trabajo comprende HFC-1234yf y en donde el primer tubo tiene un diámetro mayor que el segundo tubo, y el segundo tubo está dispuesto concéntricamente en el primer tubo, y un líquido caliente en el primer tubo rodea a un gas frío en el segundo tubo.
2. El método de la reivindicación 1, en donde el fluido de trabajo en el segundo tubo fluye en una dirección en contracorriente a la dirección de flujo del fluido de trabajo en el primer tubo, enfriando de ese modo el fluido de trabajo en el primer tubo y calentando el fluido de trabajo en el segundo tubo.
- 25 3. El método de la reivindicación 1, en donde la etapa de condensación comprende:
- (i) hacer circular el fluido de trabajo a una fila trasera de un condensador de doble fila, en donde la fila de atrás recibe el fluido de trabajo a una primera temperatura, y
- 30 (ii) hacer circular el fluido de trabajo a una fila frontal del condensador de doble fila, en donde la primera fila recibe el fluido de trabajo a una segunda temperatura, donde la segunda temperatura es inferior a la primera temperatura, de modo que el aire que viaja a través de la fila delantera y la fila trasera es precalentado, por lo que la temperatura del aire es mayor cuando llega a la fila de atrás que cuando alcanza la primera fila.
4. El método de la reivindicación 1, en donde la etapa de evaporación comprende:
- 35 (i) hacer pasar el fluido de trabajo a través de una entrada de un evaporador de doble fila que tiene una primera fila y una segunda fila,
- (ii) hacer circular el fluido de trabajo en la primera fila en una dirección perpendicular al flujo del fluido a través de la entrada del evaporador, y
- 40 (iii) hacer circular el fluido de trabajo en la segunda fila en una dirección generalmente contraria a la dirección del flujo del fluido de trabajo a través de la entrada.
5. El método de la reivindicación 1, 3, o 4, en donde el fluido de trabajo comprende además al menos un compuesto seleccionado entre hidrofluorocarbonos, éteres fluorados, hidrocarburos, dimetil éter (DME), dióxido de carbono (CO₂), amoníaco (NH₃), y yodotrifluorometano (CF₃I).

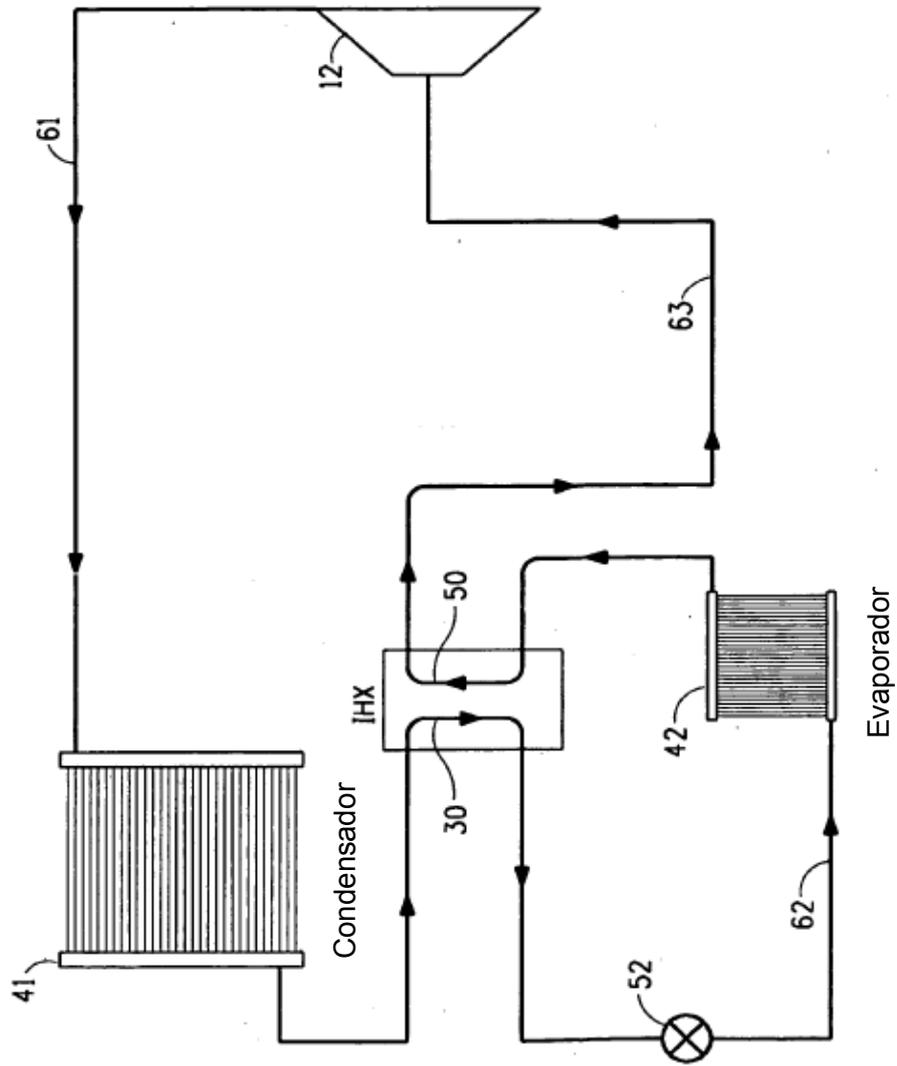


FIG. 1

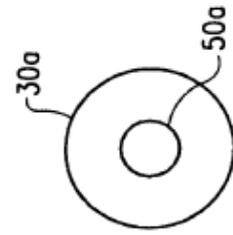


FIG. 1A

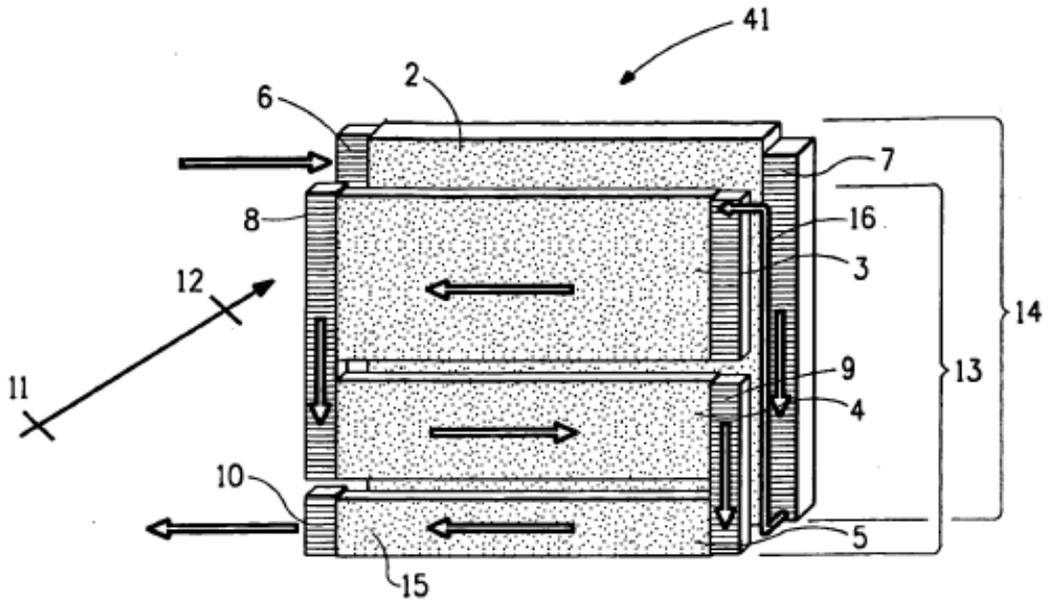


FIG. 2

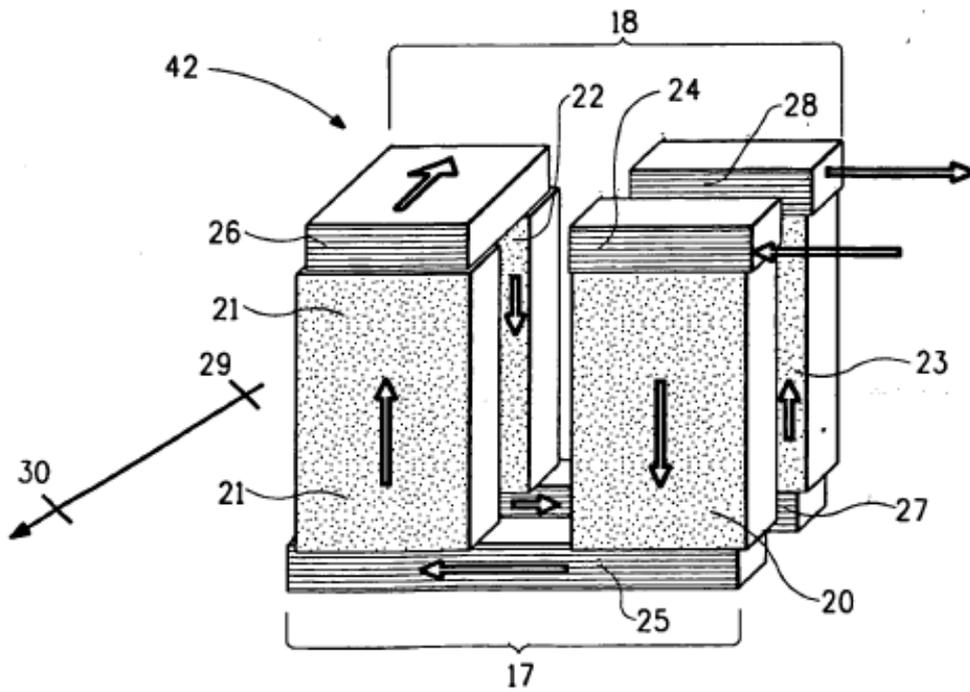


FIG. 3