

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 546 062**

51 Int. Cl.:

C09K 3/30 (2006.01)

C09K 5/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.12.2010 E 10801200 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.07.2015 EP 2571952**

54 Título: **Composiciones de transferencia de calor**

30 Prioridad:

16.06.2010 GB 201010057

20.05.2010 GB 201008438

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

18.09.2015

73 Titular/es:

MEXICHEM FLUOR S.A. DE C.V. (100.0%)

Eje 106, Zona Industrial

C.P. 78395 San Luis Potosi, S.L.P., MX

72 Inventor/es:

LOW, ROBERT E

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 546 062 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

Composiciones de transferencia de calor

5 La invención se refiere a composiciones de transferencia de calor, y en particular a composiciones de transferencia de calor que pueden ser adecuadas como reemplazo para refrigerantes existentes, tales como R-134a, R-152a, R-1234yf, R-22, R-410A, R-407A, R- 407B, R-407C, R507 y R-404a.

10 El listado o discusión de un documento publicado anteriormente o cualquier antecedente en la memoria descriptiva no debe tomarse necesariamente como un reconocimiento de que un documento o antecedente es parte del estado de la técnica o es un conocimiento general común.

15 Son bien conocidos los sistemas de refrigeración mecánicos y los dispositivos de transferencia de calor relacionados, tales como las bombas de calor y los sistemas de aire acondicionado. En tales sistemas, se evapora un líquido refrigerante a baja presión tomando calor de la zona circundante. Después, el vapor resultante se comprime y se pasa a un condensador en el que se condensa y desprende calor a una segunda zona, el condensado se devuelve a través de una válvula de expansión, completando así el ciclo. La energía mecánica requerida para comprimir el vapor y bombear el líquido se proporciona mediante, por ejemplo, un motor eléctrico o un motor de combustión interna.

20 Además para tener un punto de ebullición adecuado y un alto calor latente de vaporización, las propiedades preferidas en un refrigerante incluyen baja toxicidad, no inflamable, alta estabilidad y ausencia de olor desagradable. Otras propiedades deseables son compresibilidad lista a presiones inferiores a 2500kilopascales, baja temperatura de descarga en la compresión, alta capacidad de refrigeración, alta eficiencia (alto coeficiente de rendimiento) y una presión del evaporador superior a 100kilopascales a la temperatura de evaporación deseada.

25 El diclorodifluorometano (refrigerante R-12) posee una combinación adecuada de propiedades y fue durante muchos años el refrigerante más ampliamente usado. Debido a la preocupación internacional de que los clorofluorocarbonos total y parcialmente halogenados estaban dañando la capa de ozono que protege la tierra, hubo un acuerdo general de que su fabricación y uso debían ser severamente restringidos y finalmente eliminados por completo. El uso de diclorodifluorometano se eliminó en la década de los 90.

30 El clorodifluorometano (R-22) se introdujo como un reemplazo para R-12 debido a su menor potencial de agotamiento de ozono. A raíz de la preocupación de que el R-22 es un potente gas de efecto invernadero, su uso también se está eliminando.

35 Mientras que los dispositivos de transferencia de calor del tipo al que se refiere la presente invención son esencialmente sistemas cerrados, la pérdida de refrigerante a la atmósfera puede suceder debido a una fuga durante el funcionamiento del equipo o durante los procedimientos de mantenimiento. Es importante, por lo tanto, reemplazar total y parcialmente los refrigerantes clorofluorocarbonos halogenados por materiales que tienen potenciales de agotamiento de ozono cero.

45 Además de la posibilidad del agotamiento del ozono, se ha sugerido que concentraciones significativas de refrigerantes halocarbonados en la atmósfera, pueden contribuir al calentamiento global (el llamado efecto invernadero). Es deseable, por lo tanto, usar refrigerantes que tengan tiempos de vida atmosféricos relativamente cortos como resultado de su capacidad para reaccionar con otros constituyentes atmosféricos, tales como radicales hidroxilo, o como resultado de la degradación lista a través de procesos fotolíticos.

50 Se han introducido refrigerantes R-410A y R-407 (incluyendo R-407A, R-407B y R-407C) como refrigerante de reemplazo para R-22. Sin embargo, los refrigerantes R-22, R-410A y R-407 tienen todos unos potenciales de calentamiento global alto (GWP, también conocido como potencial de calentamiento de efecto invernadero).

55 Se introdujo 1,1,1,2-tetrafluoroetano (refrigerante R-134a) como refrigerante de reemplazo para R-12. R-134a es un refrigerante de reemplazo de energía, usado actualmente para aire acondicionado de automoción. Sin embargo es un gas de efecto invernadero con un GWP de 1430 con respecto a CO₂ (GWP del CO₂ es 1 por definición). La proporción del impacto ambiental global de sistemas de aire acondicionado de automoción usando este gas, que puede atribuirse a la emisión directa del refrigerante, está normalmente en el intervalo del 10-20 %. La legislación ha sido aprobada en la Unión Europea para descartar el uso de refrigerantes que tienen GWP de más de 150 modelos de coche nuevos desde 2011. La industria automovilística opera en plataformas de tecnología global, y en cualquier caso, la emisión de gas de efecto invernadero tiene un impacto global por tanto existe una necesidad de encontrar fluidos que tengan un menor impacto ambiental, (por ejemplo, GWP reducido) comparado con HFC-134a.

60 Se ha identificado R-152a (1,1-difluoroetano) como alternativa a R-134a. Es algo más eficiente que el R-134a y tiene un potencial de calentamiento de efecto invernadero de 120. Sin embargo, la inflamabilidad de R-152a se considera demasiado alta, por ejemplo para permitir su uso seguro en sistemas de aire acondicionado móviles. En particular, se cree que su límite de inflamabilidad es demasiado bajo, su velocidad de llama es demasiado alta y su energía de ignición es demasiado baja. Por lo tanto existe una necesidad para proporcionar refrigerantes alternativos que tienen

propiedades mejoradas, tal como baja inflamabilidad. La química de combustión de fluorocarburos es compleja e impredecible. No siempre es el caso en el que la mezcla de un fluorocarburo no inflamable con un fluorocarburo inflamable reduce la inflamabilidad del fluido o reduce el intervalo de composiciones inflamables en el aire. Por ejemplo, los inventores han encontrado que si el R-134a no inflamable se mezcla con el R-152a inflamable, el límite inflamable inferior de la mezcla se altera de una manera que no es predecible. La situación se vuelve incluso más compleja y menos predecible si se consideran composiciones ternarias y cuaternarias.

Existe también una necesidad para proporcionar refrigerantes alternativos que pueden usarse en los dispositivos existentes, tales como, dispositivos de refrigeración con poca o sin modificación.

Se ha identificado R-1234yf (2,3,3,3-tetrafluoropropeno) como un refrigerante alternativo candidato para reemplazar a R-134a en determinadas aplicaciones, en particular aplicaciones de aire acondicionado móviles o bombas de calor. Su GWP es aproximadamente 4. El R-1234yf es inflamable pero sus características de inflamabilidad se consideran como aceptables para algunas aplicaciones que incluyen aire acondicionado o bomba de calor. En particular, cuando se compara con el R-152a, su límite de inflamabilidad es mayor, su energía de ignición es mínima y la velocidad de llama en el aire es significativamente inferior que la de R-152a.

El impacto ambiental del funcionamiento de un sistema de aire acondicionado o refrigeración, en términos de emisiones de gases de efecto invernadero, debe considerarse en referencia no solo al denominado GWP "directo" de la refrigeración, sino también en referencia a las denominadas emisiones "indirectas", es decir, las emisiones de dióxido de carbono resultantes del consumo de electricidad o combustible para hacer funcionar el sistema. Se han desarrollado varios parámetros de este impacto total de GWP, que incluyen los conocidos como análisis de Impacto de Calentamiento Equivalente Total (TEWI) o análisis de Producción de Carbono de Ciclo de Vida (LCCP). Ambas medidas incluyen la estimación del efecto de refrigeración de GWP y la eficiencia de energía sobre el impacto de calentamiento global. Las emisiones del dióxido de carbono asociadas con la fabricación del equipo refrigerante y sistema también deben considerarse.

Se ha encontrado que la eficiencia de energía y la capacidad de refrigeración de R-1234yf son significativamente inferiores que los de R-134a y además, se ha encontrado que el fluido muestra un aumento de la caída de presión en los sistemas de tuberías e intercambiadores de calor. Una consecuencia de esto es que para usar R-1234yf y lograr la eficiencia de energía y rendimiento de enfriamiento equivalente al de R-134a, se requiere el aumento de la complejidad del equipo y el aumento del tamaño de las tuberías, que conduce a un aumento en emisiones indirectas asociadas con el equipo. Además, se piensa que la producción de R-1234yf es más compleja y menos eficiente es su uso de los materiales primas (fluoradas y cloradas) que de R-134a. Las proyecciones actuales de fijación de precios a largo plazo para R-1234yf están en el intervalo de 10-20 veces mayor que R-134a. Este diferencial de precios y la necesidad de gasto extra en hardware limitarán la velocidad a la que se cambian los refrigerantes y por lo tanto limitará la velocidad a la que puede reducirse el impacto ambiental global de la refrigeración o del aire acondicionado. En resumen, la adopción de R-1234yf para reemplazar al R-134a consumirá más materia prima y da como resultado más emisiones indirectas de gases de efecto invernadero que lo que lo hace el R-134a.

Algunas tecnologías existentes diseñadas para el R-134a pueden incluso, no ser capaces de aceptar la inflamabilidad reducida de algunas composiciones de transferencia de calor (cualquier composición que tiene un GWP de menos de 150 se cree que es inflamable hasta cierto punto).

El documento de Estados Unidos 2009/253820 describe agentes de soplado que comprenden *trans*-1,3,3,3-tetrafluoropropeno (R1234ze(E)) y al menos un compuesto seleccionado entre los compuestos o grupos de compuestos que incluyen dióxido de carbono y fluorohidrocarburos (FHC).

El documento de Estados Unidos 2010/044619 describe composiciones de transferencia de calor que comprenden difluorometano (R-32), un segundo componente seleccionado entre olefinas C₂₋₅ multifluorinadas y opcionalmente al menos un tercer componente seleccionado entre alcanos C₂₋₃ fluorinados, CF₃I y combinaciones de los mismos.

El documento de Estados Unidos 2006/043331 se refiere a composiciones que comprenden de aproximadamente 1 a aproximadamente 40 % en peso de CO₂ y de aproximadamente 60 a aproximadamente 99 % en peso de uno o más compuestos de fórmula XCF_zR_{3-z} (I), en la que X es un C₂₋₃ sin saturar, sustituido o sin sustituir, alquilo radical, cada R es independientemente Cl, F, Br, I o H y z es 1 a 3.

Un objeto principal de la presente invención es por lo tanto, proporcionar una composición de transferencia de calor que es usable por derecho propio o adecuada como un reemplazo para usos de refrigeración existentes que deben tener un GWP reducido, sin embargo tener una capacidad y eficiencia de energía (que puede expresarse convenientemente como el "Coeficiente de Rendimiento") idealmente dentro del 10 % de los valores, por ejemplo de los obtenidos usando los refrigerantes existentes (por ejemplo, R-134a, R-152a, R-1234yf, R-22, R-410A, R-407A, R-407B, R-407C, R507 y R-404a), y preferentemente dentro de menos del 10 % (por ejemplo, aproximadamente el 5 %) de estos valores. Se sabe en la técnica que las diferencias de este orden entre fluidos se resuelven usualmente mediante el rediseño de equipos y sistema de características operacionales. Idealmente, la composición también debería haber reducido la toxicidad e inflamabilidad aceptable.

La presente invención aborda las deficiencias anteriores mediante la provisión de una composición de transferencia de calor que comprende al menos aproximadamente 45 % en peso de *trans*-1,3,3,3-tetrafluoropropeno (R-1234ze(E)), de aproximadamente 1 a aproximadamente 10 % en peso de dióxido de carbono (también denominado en el presente documento como R-744 o CO₂) y un tercer componente que comprende 1,1,1,2-tetrafluoroetano (R-134a) en una cantidad de de aproximadamente 2 a aproximadamente 50 % en peso. Esta se denominará en lo sucesivo en el presente documento como la composición de la invención, a menos que se indique otra cosa.

Todas las sustancias químicas descritas en el presente documento están disponibles en el mercado. Por ejemplo, las sustancias fluoroquímicas pueden obtenerse de Apollo Scientific (UK).

Las composiciones de la invención contienen *trans*-1,3,3,3-tetrafluoropropeno (R-1234ze(E)).

Las composiciones de la invención contienen al menos aproximadamente 45 % en peso de R-1234ze(E), por ejemplo de aproximadamente 50 a aproximadamente 98 % en peso. Preferentemente, las composiciones de la invención contienen de aproximadamente 60 % a aproximadamente 98 % en peso de R-1234ze(E). Ventajosamente, las composiciones de la invención contienen de aproximadamente 70 a aproximadamente 98 % en peso de R-1234ze(E).

Las cantidades y la elección de los componentes preferidos para la invención se determinan por una combinación de propiedades:

- (a) Inflamabilidad: se prefieren las composiciones no inflamable o débilmente inflamables.
- (b) Temperatura de funcionamiento eficaz de la refrigeración en un sistema evaporador de aire acondicionado.
- (c) Temperatura de "deslizamiento" de la mezcla y su efecto en el rendimiento del intercambiador de calor.

La temperatura de funcionamiento eficaz en un ciclo de aire acondicionado, especialmente aire acondicionado de automoción, se limita por la necesidad de evitar la formación de hielo en la superficie de la cara del lado del evaporador del refrigerante. Normalmente, los sistemas de aire acondicionado deben enfriar y deshumedecer el aire húmedo; por lo que se formará agua líquida en la superficie del lado del aire. La mayoría de los evaporadores (sin excepción para la aplicación de la automoción) tienen superficies con aletas con el espaciado de aleta estrecho. Después, si el evaporador está demasiado frío, puede formarse hielo entre las aletas, que restringe el flujo de aire en la superficie y que reduce el rendimiento global mediante la reducción de área de trabajo del intercambiador de calor.

Se conoce que para las aplicaciones de aire acondicionado en la automoción (Modern Refrigeration and Air Conditioning by AD Althouse *et al*, edición de 1988, Capítulo 27, que se incorpora en la presente memoria como referencia) se prefieren temperaturas de evaporación del refrigerante de -2 °C o mayores para asegurar que el problema de la formación de hielo se evite de este modo.

También se conoce que las mezclas de refrigerante no azeotrópicas muestran temperatura de "deslizamiento" en evaporación o condensación. En otras palabras, como el refrigerante se vaporiza o condensa progresivamente a presión constante, los ascensos (en evaporación) o descensos de temperatura (en condensación), con la diferencia de temperatura total (entrada a salida) denominándose como el deslizamiento de temperatura. El efecto del deslizamiento en la temperatura de evaporación y condensación también debe considerarse.

El contenido de dióxido de carbono de las composiciones de la invención está limitado principalmente por las consideraciones (b) y (c) anteriores. Convenientemente, las composiciones contienen hasta aproximadamente 12 % en peso de R-744. Las composiciones de la invención contienen de aproximadamente 1 a aproximadamente 10 % de R-744. Ventajosamente, las composiciones de la invención contienen de aproximadamente 2 a aproximadamente 7 % en peso de R-744.

El contenido del tercer componente, que puede incluir refrigerantes inflamables (R-32, R-152a, R-161, propileno o propano), se selecciona de manera que incluso en ausencia del elemento de dióxido de carbono de la composición, la mezcla de fluorocarburo residual tiene un límite inflamable inferior en el aire de 23 °C (como se determina en el aparato de prueba, un matraz de 12 litros ASHRAE-34) que es mayor del 5 % v/v, preferentemente mayor del 6 % v/v, más preferentemente tal que la mezcla es no inflamable. La cuestión de la inflamabilidad se discute adicionalmente más adelante en esta memoria descriptiva.

Normalmente, las composiciones contienen hasta aproximadamente 50 % en peso del tercer componente. Convenientemente, las composiciones contienen hasta aproximadamente 45 % en peso del tercer componente. Preferentemente, las composiciones contienen de aproximadamente 1 a aproximadamente 40 % en peso del tercer componente.

Como se usa en el presente documento, todas las cantidades en % mencionadas en las composiciones del presente documento, incluyendo en las reivindicaciones, son en peso, basadas en el peso total de las composiciones, a menos que se indique otra cosa.

Para evitar cualquier duda, debe entenderse que los valores superiores e inferiores establecidos para los intervalos de

cantidades de componentes en las composiciones de la invención descrita en el presente documento pueden intercambiarse de cualquier forma, con la condición de que los intervalos resultantes caigan dentro del más amplio alcance de la invención.

5 Las composiciones de la invención pueden consistir esencialmente en (o consisten en) R-1234ze(E), R-744 y el tercer componente.

10 Por la expresión "consiste esencialmente en", queremos decir que las composiciones de la invención no contienen sustancialmente otros componentes, en particular ningún (hidro)(fluoro)compuestos (por ejemplo, (hidro)(fluoro)alcanos o (hidro)(fluoro)alquenos) conocidos para usarse en composiciones de transferencias de calor. Incluimos la expresión "consiste en" dentro del significado de "consiste esencialmente en".

15 Para evitar cualquier duda, cualquiera de las composiciones descritas en el presente documento, incluyendo los compuestos definidos específicamente y cantidades de compuestos o componentes, puede consistir esencialmente en (o consiste en) los compuestos o componentes definidos en las composiciones.

En un aspecto, el tercer componente contiene solo 1,1,1,2-tetrafluoroetano (R-134a). Por lo tanto, las composiciones de la invención pueden ser mezclas ternarias de R-1234ze(E), R-744 y R-134a.

20 Sin embargo, el tercer componente puede incluir R-134a junto con uno de R-32, R-152a, R-161, propileno o propano. La R-134a se incluye normalmente para reducir la inflamabilidad de la composición equivalente que no contiene R-134a.

25 Preferentemente, las composiciones de la invención que contienen R-134a son no inflamables a una temperatura de prueba de 60 °C usando la metodología ASHRAE-34. Ventajosamente, las mezclas de vapor que existe en equilibrio con las composiciones de la invención a cualquier temperatura entre aproximadamente -20 °C y 60 °C también son no inflamables.

30 Las composiciones que contienen R-32, lo contienen normalmente en una cantidad de aproximadamente 2 a aproximadamente 20 % en peso, convenientemente en una cantidad de aproximadamente 2 a aproximadamente 15 % en peso, por ejemplo de aproximadamente 4 a aproximadamente 10 % en peso.

35 Las composiciones preferidas contienen de aproximadamente 82 a aproximadamente 96 % de R-1234ze(E), de aproximadamente 2 a aproximadamente 6 % en peso de R-744 y de aproximadamente 2 a aproximadamente 12 % en peso de R-32.

40 Las composiciones preferidas adicionales contienen de aproximadamente 85 a aproximadamente 96 % de R-1234ze(E), de aproximadamente 2 a aproximadamente 6 % en peso de R-744 y de aproximadamente 2 a aproximadamente 12 % en peso de R-32.

45 Las composiciones que contiene R-152a, lo contienen normalmente en una cantidad de aproximadamente 2 a aproximadamente 45 % en peso, convenientemente en una cantidad de aproximadamente 3 a aproximadamente 30 % en peso, preferentemente de aproximadamente 4 a aproximadamente 20 % (por ejemplo de aproximadamente 5 a aproximadamente 15 % en peso).

Las composiciones preferidas contienen de aproximadamente 75 a aproximadamente 96 % en peso de R-1234ze(E), de aproximadamente 2 a aproximadamente 5 % en peso de R-744 y de aproximadamente 2 a aproximadamente 20 % en peso de R-152a.

50 Las composiciones preferidas adicionales contienen de aproximadamente 85 a aproximadamente 94 % (por ejemplo, de aproximadamente 87 a aproximadamente 92 %) en peso de R-1234ze(E), de aproximadamente 3 a aproximadamente 8 % (por ejemplo, de aproximadamente 4 a aproximadamente 7 %) en peso de R-744 y de aproximadamente 3 a aproximadamente 7 % por ejemplo (de aproximadamente 4 a aproximadamente 6 %) en peso de R-152a.

55 Las composiciones que contiene R-161, lo contienen normalmente en una cantidad de aproximadamente 2 a aproximadamente 30 % en peso, convenientemente en una cantidad de aproximadamente 3 a aproximadamente 20 % en peso, por ejemplo de aproximadamente 4 a aproximadamente 15 % en peso.

60 Las composiciones preferidas contienen de aproximadamente 85 a aproximadamente 96 % de R-1234ze(E), de aproximadamente 2 a aproximadamente 5 % en peso de R-744 y de aproximadamente 2 a aproximadamente 10 % en peso de R-161.

65 Las composiciones que contienen propileno, lo contienen normalmente en una cantidad de aproximadamente 1 a aproximadamente 10 % en peso, convenientemente en una cantidad de aproximadamente 2 a aproximadamente 8 % en peso, por ejemplo de aproximadamente 3 a aproximadamente 6 % en peso.

- Las composiciones preferidas contienen de aproximadamente 87 a aproximadamente 96 % de R-1234ze(E), de aproximadamente 2 a aproximadamente 5 % en peso de R-744 y de aproximadamente 2 a aproximadamente 8 % en peso de propileno.
- 5 Las composiciones preferidas adicionales contienen de aproximadamente 89 a aproximadamente 96 % de R-1234ze(E), de aproximadamente 2 a aproximadamente 5 % en peso de R-744 y de aproximadamente 2 a aproximadamente 8 % en peso de propileno.
- 10 Las composiciones que contienen propano, lo contienen normalmente en una cantidad de aproximadamente 1 a aproximadamente 10 % en peso, convenientemente en una cantidad de aproximadamente 2 a aproximadamente 8 % en peso, por ejemplo de aproximadamente 3 a aproximadamente 6 % en peso.
- 15 Las composiciones preferidas contienen de aproximadamente 87 a aproximadamente 96 % de R-1234ze(E), de aproximadamente 2 a aproximadamente 5 % en peso de R-744 y de aproximadamente 2 a aproximadamente 8 % en peso de propano.
- 20 Las composiciones preferidas adicionales contienen de aproximadamente 89 a aproximadamente 96 % de R-1234ze(E), de aproximadamente 2 a aproximadamente 5 % en peso de R-744 y de aproximadamente 2 a aproximadamente 8 % en peso de propano.
- El tercer componente comprende R-134a. El tercer componente puede consistir esencialmente en (o consiste en) R-134a.
- 25 Las composiciones de la invención que contienen R-134, lo contienen normalmente en una cantidad de aproximadamente 2 a aproximadamente 50 % en peso, por ejemplo de aproximadamente 2 a aproximadamente 45 % en peso. Convenientemente el R-134a está presente en una cantidad de aproximadamente 2 a aproximadamente 30 % en peso, por ejemplo de aproximadamente 2 a aproximadamente 20 % en peso.
- 30 Las composiciones preferidas de la invención contienen de aproximadamente 44 a aproximadamente 96 % de R-1234ze(E), de aproximadamente 2 a aproximadamente 6 % en peso de R-744 y de aproximadamente 2 a aproximadamente 50 % en peso de R-134a.
- 35 Las composiciones preferidas adicionales de la invención contienen de aproximadamente 49 a aproximadamente 96 % de R-1234ze(E), de aproximadamente 2 a aproximadamente 6 % en peso de R-744 y de aproximadamente 2 a aproximadamente 45 % en peso de R-134a.
- 40 En un aspecto, las composiciones de la invención contienen de aproximadamente 79 a aproximadamente 96 % de R-1234ze(E), de aproximadamente 2 a aproximadamente 6 % en peso de R-744 y de aproximadamente 2 a aproximadamente 15 % en peso de R-134a.
- 45 En un aspecto, las composiciones de la invención contienen de aproximadamente 79 a aproximadamente 94 % de R-1234ze(E), de aproximadamente 4 a aproximadamente 6 % en peso de R-744 y de aproximadamente 2 a aproximadamente 15 % (por ejemplo, de aproximadamente 6 a aproximadamente 15 %) en peso de R-134a. Los ejemplos de tales composiciones son mezclas ternarias que contienen aproximadamente 84 % en peso del 1234ze(E), aproximadamente 6 % en peso de R-744 y aproximadamente 10 % en peso de R-134a que contienen de aproximadamente 86 % en peso del 1234ze(E), aproximadamente 5 % en peso de R-744 y aproximadamente 9 % en peso de R-134a.
- 50 Las composiciones de la invención pueden contener adicionalmente pentafluoroetano (R-125). Si está presente, R-125 está presente normalmente en cantidades de hasta aproximadamente el 40 % en peso, preferentemente de aproximadamente 2 a aproximadamente 20 % en peso.
- 55 Las composiciones de acuerdo con la invención convenientemente comprenden sustancialmente ningún R-1225 (pentafluoropropeno), convenientemente sustancialmente ningún R-1225ye (1,2,3,3,3-pentafluoropropeno) o R-1225zc (1,1,3,3,3-pentafluoropropeno), compuestos que tienen asociados problemas de toxicidad
- 60 Por "no sustancialmente", incluimos el significado de que las composiciones de la invención contienen el 0,5 % en peso o menos del componente indicado, preferentemente el 0,1 % o menos, basadas en el peso total de la composición.
- Las composiciones de la invención pueden contener no sustancialmente:
- 65 (i) 2,3,3,3-tetrafluoropropeno (R-1234yf),
 (ii) *cis*-1,3,3,3-tetrafluoropropeno (R-1234ze(Z)), y/o
 (iii) 3,3,3-trifluoropropeno (R-1243zf).

Las composiciones de la invención tienen potencial de agotamiento de ozono cero.

5 Preferentemente, las composiciones de la invención (por ejemplo, las que son reemplazos refrigerantes adecuados para R-134a, R-1234yf o R-152a) tienen un GWP que es menor de 1300, preferentemente menor de 1000, más preferentemente menor de 800, 500, 400, 300 o 200, especialmente menor de 150 o 100, incluso menor de 50 en algunos casos. A menos que se indique otra cosa, se usan en el presente documento IPCC (Grupo intergubernamental de expertos en el cambio climático) TAR (Tercer informe de evaluación) valores de GWP.

10 Ventajosamente, las composiciones son de peligro de inflamabilidad reducido cuando se compara con los componentes inflamables individuales de las composiciones, por ejemplo R-32, R-161, R-152a, propano o propileno. Preferentemente, las composiciones son de peligro de inflamabilidad reducido cuando se compara con R-1234yf.

15 En un aspecto, las composiciones tienen uno o más de (a) un límite inflamable inferior más alto; (b) una energía de ignición más alta; o (c) una velocidad de llama inferior comparado con R-32, R-152a, R-161, propano, propileno o R-1234yf. En una realización preferida, las composiciones de la invención son no inflamables. Ventajosamente, las mezclas de vapor que existen en equilibrio con las composiciones de la invención, también son no inflamables a cualquier temperatura entre aproximadamente - 20 °C y 60 °C.

20 La inflamabilidad puede determinarse con la Norma 34 ASHRAE que incorpora la Norma E-681 ASTM con metodología de prueba según pág. 34 del Apéndice de fecha 2004, todo el contenido que se incorpora en el presente documento por referencia.

25 En algunas solicitudes puede no ser necesario para la formulación para clasificarse como no inflamable por la metodología ASHRAE-34; es posible desarrollar fluidos cuyos límites de inflamabilidad serán suficientemente reducidos en el aire para hacerlos seguros para su uso en la solicitud, por ejemplo si físicamente no es posible hacer una mezcla inflamable por fugas de la carga de equipos de refrigeración en los alrededores.

30 El R-1234ze(E) es no inflamable en el aire a 23 °C, aunque muestra inflamabilidad a temperaturas superiores en aire húmedo. Hemos determinado mediante experimentación que las mezclas de R-1234ze(E) con fluorocarburos inflamables, tales como HFC-32, HFC-152a o HFC-161 permanecerá no inflamable en el aire a 23 °C si la "relación de flúor" R_f de la mezcla es mayor de aproximadamente 0,57, en la que la R_f se define por gramo-moles de la mezcla de refrigerante global como:

35 **$R_f = (\text{gramo-moles de flúor})/(\text{gramo-moles de flúor} + \text{gramo-moles de hidrógeno})$**

Por lo tanto, para R-161, $R_f = 1/(1+5) = 1/6$ (0,167) y es inflamable, en contraste, R-1234ze(E) tiene $R = 4/6$ (0,667) y es no inflamable. Encontramos mediante el experimento que una mezcla al 20 % v/v de R-161 en R-1234ze(E) era de forma similar no inflamable. La relación de flúor de esta mezcla no inflamable es $0,2 \cdot (1/6) + 0,8 \cdot (4/6) = 0,567$.

40 La validez de esta relación entre inflamabilidad y relación de flúor de 0,57 o superior, se ha demostrado experimentalmente para HFC-32, HFC-152a y mezclas de HFC-32 con HFC-152a.

45 Takizawa *et al*, Reaction Stoichiometry for Combustion of Fluoroetano Blends, ASHRAE Transactions 112(2) 2006 (que se incorpora en el presente documento por referencia), muestra que existe una relación casi lineal entre esta relación y la velocidad de llama de las mezclas que comprenden R-152a, con aumento de la relación de flúor resultante en velocidades de llama inferiores. Los datos en esta referencia enseñan que la relación de flúor necesita ser más grande de aproximadamente 0,65 para que la velocidad de llama caiga a cero, en otras palabras, para que la mezcla sea no inflamable.

50 De forma análoga, Minor *et al* (Solicitud de Patente DuPont WO2007/053697) proporciona enseñanza sobre la inflamabilidad de muchas hidrofluoroolefinas, mostrando que puede esperarse que tales compuestos son no inflamables si la relación de flúor es mayor de aproximadamente 0,7.

55 En vista de esta enseñanza de la técnica anterior, es inesperado que las mezclas de R-1234ze(E) con fluorocarbonos inflamables, tales como HFC-32, HFC-152a o HFC-161 permanezcan no inflamables en el aire a 23 °C si la relación de flúor R de la mezcla es mayor de aproximadamente 0,57.

60 Además, identificamos que si la relación de flúor es mayor de aproximadamente 0,46, después, podemos esperar que la composición tenga un límite de inflamabilidad inferior en el aire mayor del 6 % v/v a temperatura ambiente.

65 Mediante la producción de mezclas de R-744/tercer componente /R-1234ze(E) poco o no inflamables, que contienen inesperadamente cantidades bajas de R-1234ze(E), las cantidades del tercer componente, en particular, se aumentan en tales composiciones. Esto se cree que resulta en composiciones de transferencia de calor que muestran aumento en la capacidad de refrigeración, descenso del deslizamiento de la temperatura y/o descenso de la caída de presión,

comparado con composiciones que contienen cantidades mayores (por ejemplo, casi el 100 %) de R-1234ze(E). Por lo tanto, las composiciones de la invención muestran una combinación completamente inesperada de baja o nula inflamabilidad, bajo GWP y mejora de las propiedades del rendimiento de refrigeración. Se explican con más detalle a continuación alguna de estas propiedades del rendimiento de refrigeración.

5 El deslizamiento de temperatura, que puede considerarse como la diferencia entre las temperaturas del punto de ebullición y el punto de rocío de una mezcla zeotrópica (no azeotrópica) a presión constante, es una característica de un refrigerante; después, si se desea reemplazar un fluido con una mezcla es a menudo preferible tener un deslizamiento similar o reducido en el fluido alternativo. En una realización, las composiciones de la invención son zeotrópicas.

10 Convenientemente, el deslizamiento de temperatura (en el evaporador) de las composiciones de la invención es menor de aproximadamente 10 K, preferentemente menor de aproximadamente 8 K.

15 Ventajosamente, la capacidad de refrigeración volumétrica de las composiciones de la invención es al menos el 85 % del fluido refrigerante existente que está reemplazando, preferentemente al menos el 90 % o incluso al menos el 95 %.

20 Las composiciones de la invención tienen normalmente una capacidad de refrigeración volumétrica que es al menos el 90 % de la de R-1234yf. Preferentemente, las composiciones de la invención tienen una capacidad de refrigeración volumétrica que es al menos el 95 % de la de R-1234yf, por ejemplo de aproximadamente 95 % a aproximadamente 120 % de la de R-1234yf.

25 En una realización, el ciclo de eficiencia (Coeficiente de Rendimiento, COP) de las composiciones de la invención está dentro de aproximadamente el 5 % o incluso mejor que el fluido refrigerante existente que está reemplazando

Convenientemente, la temperatura de descarga del compresor de las composiciones de la invención está dentro de aproximadamente 15 K del fluido refrigerante existente que está reemplazando, preferentemente aproximadamente 10 K o incluso aproximadamente 5 K.

30 Las composiciones de la invención preferentemente tienen una eficiencia de energía de al menos el 95 % (preferentemente al menos el 98 %) de R-134a en condiciones equivalentes, mientras que tienen la característica caída de presión reducida o equivalente y capacidad de refrigeración en el 95 % o mayor de los valores de R-134a. Ventajosamente las composiciones tienen la eficiencia de energía más alta y las características de caída de presión inferiores que R-134a en condiciones equivalentes. Las composiciones también tienen ventajosamente, mejor

35 eficiencia de energía y características de presión que el R-1234yf solo.

40 Las composiciones de transferencia de calor de la invención son adecuadas para su uso en los diseños existentes de equipo, y son compatibles con todas las clases de lubricantes usados actualmente con los refrigerantes de FHC establecidos. Opcionalmente pueden estabilizarse o compatibilizarse con aceites minerales mediante el uso de los aditivos apropiados.

Preferentemente, cuando se usa un equipo de transferencia de calor, la composición de la invención se combina con un lubricante.

45 Convenientemente, el lubricante se selecciona entre el grupo que consiste en aceite mineral, aceite de silicona, polialquilbencenos (PAB), poliolésteres (POE), polialquilenglicoles (PAG), polialquilenglicolésteres (ésteres PAG), poliviniléteres (PVE), poli (alfa-olefinas) y combinaciones de los mismos.

Ventajosamente, el lubricante adicionalmente comprende un estabilizador.

50 Preferentemente, el estabilizador se selecciona entre el grupo que consiste en compuestos basados en dieno, fosfatos, compuestos fenol y epóxidos y mezclas de los mismos.

Convenientemente, la composición de la invención puede combinarse con un retardante de llama.

55 Ventajosamente, el retardante de llama se selecciona entre el grupo que consiste en tri-(2-cloroetil)-fosfato, (cloropropil)fosfato, tri-(2,3-dibromopropil)-fosfato, tri-(1,3-dicloropropil)-fosfato, diamoniofosfato, diversos compuestos aromáticos halogenados, óxido de antimonio, trihidrato de aluminio, cloruro de polivinilo, un yodocarburo fluorinado, un bromocarburo fluorinado, trifluoro yodometano, aminas perfluoroalquilo, aminas bromo-fluoroalquilo y mezclas de los

60 mismos.

Preferentemente, la composición de transferencia de calor es una composición refrigerante.

65 En una realización, la invención proporciona un dispositivo de transferencia de calor comprende una composición de la invención.

Preferentemente, el dispositivo de transferencia de calor es un dispositivo de refrigeración.

Convenientemente, el dispositivo de transferencia de calor se selecciona entre el grupo que consiste en sistemas de aire acondicionado de automoción, sistemas de aire acondicionado residencial, sistemas de aire acondicionado comercial, sistemas refrigeradores residenciales, sistemas congeladores residenciales, sistemas refrigeradores comerciales, sistemas congeladores comerciales, sistemas de aire acondicionado de máquina frigorífica, sistemas de refrigeración de máquina frigorífica y sistemas de bomba de calor comerciales o residenciales. Preferentemente, el dispositivo de transferencia de calor es un dispositivo de refrigeración o un sistema de aire acondicionado.

Ventajosamente, el dispositivo de transferencia de calor contiene un compresor de tipo centrífugo.

La invención también proporciona el uso de un dispositivo de transferencia de calor como se describe en el presente documento.

De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, se proporciona un método para refrigerar un artículo que comprende condensar una composición de la invención y a partir de entonces evaporar dicha composición en la proximidad del artículo para refrigerarse.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un método para calentar un artículo que comprende condensar una composición de la invención en la proximidad del artículo que hay que calentar y a partir de entonces evaporar dicha composición.

De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, se proporciona un dispositivo de generación de potencia mecánico que contiene una composición de la invención.

Preferentemente, el dispositivo de generación de potencia mecánico se adapta para usar un Ciclo de Rankine o una modificación del mismo para generar trabajo a partir del calor.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un método de equipar de nuevo un dispositivo de transferencia de calor que comprende la etapa de retirar un fluido de transferencia existente e introducir una composición de la invención. Preferentemente, el dispositivo de transferencia de calor es un dispositivo de refrigeración o un sistema de aire acondicionado (uno estático). Ventajosamente, el método adicionalmente comprende la etapa de obtención de una asignación de crédito de emisiones de gas de efecto invernadero (por ejemplo, dióxido de carbono).

De acuerdo con el método de equipar de nuevo descrito anteriormente, puede retirarse completamente un fluido de transferencia de calor existente a partir de un dispositivo de transferencia de calor antes de la introducción una composición de la invención. También puede retirarse parcialmente un fluido de transferencia de calor existente a partir de un dispositivo de transferencia de calor, seguido de la introducción de una composición de la invención.

En otra realización en la que el fluido de transferencia existente es R-134a, y la composición de la invención contiene R-134a, R-1234ze(E), R-744, cualquier otro tercer componente y/o presenta R-125 (y componentes opcionales, tales como un lubricante, un estabilizador o un retardante de llama adicional), R-1234ze(E) y R-744, etc, puede añadirse al R-134a en el dispositivo de transferencia de calor, que de ese modo forma las composiciones de la invención, y el dispositivo de transferencia de calor de la invención, *in situ*. Alguno de los R-134a existentes puede retirarse del dispositivo de transferencia de calor antes de añadir el R-1234ze(E), R-744, etc, proporcionando para facilitar los componentes de las composiciones de la invención en las proporciones deseadas.

Por lo tanto, la invención proporciona un método para preparar una composición y/o dispositivo de transferencia de calor de la invención que comprende la introducción de R-1234ze(E), R-744, cualquier otro tercer componente, además de R-134a, cualquier R-125 deseado y componentes opcionales, tales como, lubricante, un estabilizador o un retardante de llama adicional, en un dispositivo de transferencia del calor que contiene un fluido de transferencia de calor existente que es R-134a. Opcionalmente, al menos algo de R-134a se retira a partir del dispositivo de transferencia de calor antes de la introducción de R-1234ze(E), R-744, etc.

Por supuesto, las composiciones de la invención también pueden prepararse simplemente mezclando el R-1234ze(E), R-744, el R-134a, cualquier R-125 deseado (y componentes opcionales, tales como un lubricante, un estabilizador o un retardante de llama adicional) en las proporciones deseadas. Después, las composiciones pueden añadirse a un dispositivo de transferencia de calor (o usarse de cualquier otro modo como se define en el presente documento) que no contiene R-134a o cualquier otro fluido de transferencia de calor existente, tal como un dispositivo a partir del que se han retirado el R-134a o cualquier otro fluido de transferencia de calor.

En un aspecto más de la invención, se proporciona un método o para reducir el impacto ambiental resultante a partir del uso de un producto que comprende un compuesto o composición existente, el método comprende reemplazar al menos parcialmente el compuesto o composición existente con una composición de la invención. Preferentemente, este método comprende la etapa de obtener una asignación de crédito de emisión de gas de efecto invernadero.

Por impacto ambiental se incluyen la generación y emisión de gases de calentamiento de efecto invernadero a través del uso del producto.

5 Como se ha mencionado anteriormente, este impacto ambiental puede considerarse que incluye no solo las emisiones de los compuestos o composiciones que tienen un impacto ambiental significativo de fugas u otras pérdidas, pero también incluyendo la emisión de dióxido de carbono resultante de la energía consumida por un dispositivo durante su vida útil. Tal impacto ambiental puede cuantificarse por la medida conocida como Impacto Total Equivalente sobre el Calentamiento Atmosférico (TEWI). Esta medida se ha usado en la cuantificación del impacto ambiental de determinados equipos de refrigeración estacionaria y aire acondicionado, que incluyen por ejemplo los sistemas de refrigeración de supermercado (véase, por ejemplo, [http://en.wikipedia.org/wiki/Total equivalent warming impact](http://en.wikipedia.org/wiki/Total_equivalent_warming_impact)).

15 El impacto ambiental también puede considerarse como que incluye las emisiones de gases de efecto invernadero resultantes a partir de la síntesis y fabricación de los compuestos o composiciones. En este caso, las emisiones de fabricación se añaden al consumo de energía y los efectos de pérdida directos para producirla medida conocida como Ciclo de Vida de Producción de Carbono de (LCCP, véase por ejemplo <http://www.sae.org/events/aars/presentations/2007papasavva.pdf>). El uso de LCCP es común en la evaluación del impacto ambiental de los sistemas de aire acondicionado de la automoción.

20 El crédito o créditos de emisión se conceden para reducir las emisiones contaminantes que contribuyen al calentamiento global y pueden, por ejemplo, bancarizarse, tratarse o venderse. Se expresan convencionalmente en la cantidad equivalente de dióxido de carbono. Por lo tanto, si se evita la emisión de 1 kg de R-134a, puede concederse después un crédito de emisión de $1 \times 1300 = 1300$ kg de CO₂equivalente.

25 Se describe un método para la generación de crédito o créditos de emisión de gas de efecto invernadero que comprende (i) sustituir un compuesto existente o composición con una composición de la invención, en el que la composición de la invención tiene un GWP inferior que el de el compuesto o la composición existente; y (ii) obtener un crédito de emisión de gas invernadero para dicha etapa de sustitución.

30 En una realización preferida, el uso de la composición de la invención da como resultado el equipo que tiene un Impacto de Calentamiento Equivalente Total inferior y/o un Ciclo de Vida de Producción de Carbono inferior que el que se obtendría mediante el uso del compuesto o la composición existente.

35 Estos métodos pueden realizarse en cualquier producto adecuado, por ejemplo en los campos de aire acondicionado, refrigeración (por ejemplo, refrigeración de temperatura baja y media) y transferencia de calor. Preferentemente, el campo es el aire acondicionado o la refrigeración.

40 Los ejemplos de productos adecuados incluyen dispositivos de transferencia de calor y dispositivos de generación de potencia mecánica. En una realización preferida, el producto es un dispositivo de transferencia de calor, tal como un dispositivo de refrigeración o una unidad de aire acondicionado.

45 El compuesto o componente existente tiene un impacto ambiental medido por GWP y/o TEWI y/o LCCP que es superior a la composición de la invención que lo reemplaza. El compuesto o composición existente puede comprender un compuesto fluorocarburo, tal como un compuesto perfluoro-, hidrofluoro-, clorofluoro- o hidroclofluoro-carburo o puede comprender una olefina fluorinada.

50 Preferentemente, el compuesto o composición existente es un compuesto o composición de transferencia de calor, tal como un refrigerante. Los ejemplos de refrigerantes que pueden reemplazarse incluyen R-134a, R-152a, R-1234yf, R-410A, R-407A, R-4078, R-407C, R507, R-22 y R-404A. Las composiciones de la invención son particularmente adecuadas como reemplazos para el R-134a, R-152a o R-1234yf, especialmente R-134a o R-1234yf.

55 Cualquier cantidad del compuesto o composición existente puede reemplazarse con el fin de reducir el impacto ambiental. Esto puede depender del impacto ambiental del compuesto o composición existente siendo reemplazado y el impacto ambiental de la composición de reemplazo de la invención. Preferentemente, el compuesto o composición existente en el producto está totalmente reemplazado por la composición de la invención.

La invención se ilustra por los siguientes ejemplos no limitantes.

Ejemplos

60 *Inflamabilidad*

La inflamabilidad de determinadas composiciones de la invención en el aire a presión atmosférica y humedad controlada se estudio en una prueba de tubo de llama como sigue a continuación.

65 El recipiente de prueba era un cilindro de vidrio vertical que tenía un diámetro de 5,08 centímetros (2 pulgadas). Los electrodos de ignición se colocaron 60 mm por encima de la parte inferior del cilindro. El cilindro se equipo con una

abertura de liberación de presión. El aparato se blindo para restringir cualquier daño de la explosión. Una chispa de inducción permanente de 0,5 segundos de duración se usó como la fuente de ignición.

5 La prueba se realizó a 23 o 35 °C (véase más abajo). Una concentración conocida de combustible en el aire se introdujo en el cilindro de vidrio. Una chispa se pasó a través de la mezcla y se observó si se separó o no de la fuente de ignición y se propagó independientemente. La concentración de gas aumentó en etapas del 1 % de vol. hasta que sucedió la ignición (en su caso). Los resultados se muestran más abajo (todas las composiciones están basadas en v/v a menos que se indique otra cosa).

Combustible	Temperatura (°C)	Humedad	Resultados ^b
R134a/R1234ze(E) 10/90	23	50 % de HR/23 °C	No inflamable
CO2/R134a/R1234ze 10/10/80 ^a	23	50 % de HR/23 °C	No inflamable
R134a/R1234yf 10/90	35	50 % de HR/23 °C	LFL 6 % UFL 11 %
R134a/R1234ze(E) 10/90	35	50 % de HR/23 °C	LFL 8 % UFL 12 %
CO2/R134a/R1234ze 10/10/80 ^a	35	50 % de HR/23 °C	LFL 10 % UFL 11 % ^o
^a Esto corresponde a aproximadamente CO ₂ al 4 %, R-134a al 10 % y R-1234ze(E) al 86 % en peso.			
^b LFL = límite de inflamabilidad inferior y UFL = límite inflamable superior			
^c Propagación incompleta			

10 La composición ternaria de CO₂ al 4 %, R-134a al 10 % y R-1234ze(E) al 86 % en peso se mostraron no inflamables a 23 °C. A 35 °C, fue significativamente menos inflamable que las mezclas R134a/R1234yf y R134a/R1234ze(E) correspondientes.

15 (a) Generación de modelo preciso físicamente adecuado

Las propiedades físicas de R-1234yf y R-1234ze(E) requeridas para modelar el rendimiento del ciclo de refrigeración, es decir, el punto crítico, presión de vapor, entalpía de líquido y vapor, densidad de líquido y de vapor y capacidades caloríficas de vapor y líquido se determinaron con precisión por métodos experimentales en el intervalo de presiones de 0-20 megapascals e intervalo de temperatura de -40 a 200 °C, y los datos resultantes usados para generar la ecuación de Helmholtz de energía libre de los modelos de estado para el fluido en el programa NIST REFPROP Version 8.0, que se describe más completamente en la guía de usuario www.nist.gov/srd/PDF-files/REFPROP8.PDF y se incorpora en el presente documento como referencia. La variación de la entalpía de los gases ideales de ambos fluidos con la temperatura se estimó usando el programa de modelado Hyperchem v7.5 (que se incorpora en el presente documento como referencia) y la función de entalpía de los gases ideales se usó en la regresión de la ecuación de estado para estos fluidos.

30 El comportamiento de equilibrio vapor-líquido de R-1234ze(E) se estudió en una serie de pares binarios con R-32, R-125, R-134a, R-152a, R-161, propano y propileno en el intervalo de temperatura de -40 a +60 °C, que abarca el intervalo de funcionamiento práctico de la mayoría de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado. La composición varió en el espacio composicional completo para cada binario en el programa experimental, Estos datos también se incorporaron en el modelo de programa REFPROP.

35 El modelo de programa resultante se usó para comparar el rendimiento de los fluidos seleccionados de la invención con R- 1234yf, R-1234ze(E) como un único componente, y R-134a.

(b) Comparación de ciclo ideal de aire acondicionado

40 En una primera comparación, el comportamiento de los fluidos se evaluó por un ciclo de compresión de vapor simple con condiciones típicas de trabajo de aire acondicionado de automoción en altas temperaturas ambientales. En este efecto de disminución de la presión de comparación no se incluyeron en el modelo. En cambio, la comparación se hizo sobre la base de evaporación y condensación a temperaturas medias iguales y la igualdad de grados de sobrecalentamiento y subenfriamiento para cada refrigerante.

45 Las condiciones usadas se dan a continuación, seguido de datos de ejemplos comparativos para R-1234yf, R-1234ze(E) y R-134a.

Condiciones		
Refrigerante		
Temperatura media del condensador	°C	55
Temperatura media del evaporador	°C	2
Subenfriamiento del condensador	K	5
Sobrecalentamiento del evaporador	K	10
Diámetro de succión	mm	16,2
Capacidad de refrigeración	kW	6,5
Caída de presión del evaporador	kPa	0,00

ES 2 546 062 T3

Caída de presión en la línea de succión	kPa	0,00
Caída de presión del condensador	kPa	0,00
Temperatura de succión del compresor	°C	15
Eficiencia isentrópica		65 %

Datos Comparativos		R-1234yf	R-1234ze(E)	R-134a
COP		2,44	2,58	2,57
COP con respecto a Referencia		100,0 %	105,5 %	105,1 %
Capacidad volumétrica	kJ/m ³	1832	1473	
Capacidad con respecto a la Referencia		100,0 %	80,4 %	1990 108,6 %
Temperatura de descarga del compresor	°C	75,7	79,1	88,8
Presión de entrada del evaporador	kilopascal	336	233	315
Presión de entrada del condensador	kilopascal	1440	1120	1490
Temperatura de entrada del evaporador	°C	2,0	2,0	2,0
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	K	0,0	0,0	0,0
Presión de succión del compresor	kilopascal	336	233	315
Presión de descarga del compresor	kilopascal	1440	1120	1490
Caída de presión en la línea de succión	Pa/m	2052	2269	
Caída de presión con respecto a la referencia		100,0 %	110,6 %	1559 76,0 %
Temperatura del líquido de salida del condensador	°C	50,0	50,0	50,0
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	K	0,0	0,0	0,0

Los resultados de este análisis se muestran en las siguientes Tablas para familias de composición, a saber:

- 5 1. CO₂/R-32/R-1234ze(E)
 2. CO₂/R-161/R-1234ze(E)
 3. CO₂/R-152a/R-1234ze(E)
 4. CO₂/R-134a/R-1234ze(E)
 5. CO₂/R-1270/R-1234ze(E)
 10 6. CO₂/R-290/R-1234ze(E)

15 Las tablas muestran parámetros clave de los ciclos de aire acondicionado, que incluyen presiones de funcionamiento, capacidad de refrigeración volumétrica del refrigerante, eficiencia energética (expresada como Coeficiente de Rendimiento o COP), temperatura de descarga del compresor, temperatura de entrada del evaporador y caída de presión prevista en la tubería de succión del compresor.

 El rendimiento de R-1234yf se toma como punto de referencia para la comparación de la capacidad de refrigeración, eficiencia de energía y caída de la presión.

20 Es evidente que las composiciones de la invención pueden ofrecer una mejora de la eficiencia energética en comparación con HFC-1234yf. De hecho, la eficiencia energética de algunas de las composiciones es comparable a la de HFC-134a.

25 Además, la capacidad de refrigeración de los fluidos es cercana o superior a la de R-1234yf. Algunas composiciones de la invención ofrecen capacidad de refrigeración superior a R-134a y por lo tanto pueden considerarse como alternativa a R-134a.

30 Los niveles de presión de funcionamiento y la temperatura de descarga del compresor están igualmente cercanos a los de R-1234yf y R-134a.

35 A capacidad de refrigeración equivalente las composiciones de la invención ofrecen caída de presión reducida comparada con R- 1234yf. Esta característica caída de la presión dará como resultado mejoras adicionales en la eficiencia de la energía (a través de la reducción de pérdidas de presión) en un sistema real. Los efectos de la caída de presión son de particular importancia para el aire acondicionado de automoción por lo que estos fluidos ofrecen una ventaja particular para esta solicitud.

 El uso de refrigerantes hidrocarburos en las composiciones (por ejemplo, las mezclas CO₂/R-1270/R-1234ze(E) y CO₂/R-290/R-1234ze(E)) da como resultado una solubilidad y miscibilidad mejorada del refrigerante con lubricantes.

En particular, la inclusión de hidrocarburos mejora estas propiedades en relación con hidrocarburos sintéticos o lubricantes tipo aceite mineral, que por lo demás, pueden mostrar miscibilidad pobre y baja solubilidad mutua con los hidrofluorocarburos, tal como R-134a.

5 Sorprendentemente, el uso de hidrocarburos en las cantidades preferidas también da como resultado un aumento de la capacidad de refrigeración del refrigerante mayor de la que puede haber sido predicho usando técnicas de estimación aproximadas. Sin limitarse por la teoría, se cree que la interacción de equilibrio vapor-líquido no ideales de los hidrocarburos con R-1234ze(E) es responsable de esta mejora. Este beneficio se encuentra tanto con propano y propeno. No se encontró ningún azeótropo en la determinación del equilibrio vapor-líquido que existe entre el propeno y R-1234ze(E) en todo el intervalo de temperatura de relevancia para la solicitud (-40 a 60 °C) por lo que el efecto no parece estar relacionado con la presencia de azeótropos.

15 En resumen, la combinación de hidrocarburo junto con dióxido de carbono y R-1234ze(E) da un rendimiento de refrigeración mejorado, mayor versatilidad en la selección y aplicación del lubricante del compresor, sin aumentar significativamente el riesgo de inflamabilidad de R-1234ze(E) por sí mismo. Estas ventajas son inesperadas y beneficiosas.

20 Las composiciones que contienen CO₂/R-134a/R-1234ze(E) son especialmente atractivas ya que tienen líquidos no inflamables y fases de vapor a 23 °C y las composiciones seleccionadas también son totalmente no inflamables a 60 °C.

25 La Figura 1 muestra como el coeficiente de rendimiento (COP) de una determinada composición CO₂/R-134a/R-1234ze(E) de la invención varía con el contenido de R-134a. De particular interés, es el descubrimiento de que los niveles bajos de R-134a, (menos de aproximadamente 12 %p/p) el coeficiente de rendimiento pasa a través de un máximo local. Por lo tanto, inesperadamente, la adición de cantidades menores de R-134a da como resultado la mejora de la capacidad de refrigeración y la eficiencia energética en comparación de una mezcla binaria sencilla de CO₂ con R-1234ze(E). Además, este efecto se produce en los niveles de mezcla de GWP general por debajo de 150, que es inesperadamente beneficioso para la aplicación del aire acondicionado de automoción.

30 **Tabla 1: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-32/R-1234ze(E) seleccionado que contienen R-744 al 2 %**

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /R-32/R-1234ze(E)		2/0/98	2/2/96	2/4/94	2/6/92	2/8/90	2/10/88	2/12/86
COP		2,55	2,56	2,57	2,57	2,58	2,59	2,59
COP con respecto a Referencia		104,5 %	104,8 %	105,1 %	105,4 %	105,6 %	105,9 %	106,0 %
Capacidad volumétrica	kJ/m ³	1650	1750	1851	1951	2050	2148	2245
Capacidad con respecto a la Referencia		90,1 %	95,6 %	101,1 %	106,5 %	111,9 %	117,3 %	122,5 %
Temperatura de descarga del compresor	°C	83,6	85,2	86,7	88,1	89,4	90,7	91,9
Presión de entrada del evaporador	kilopascal	254	268	282	297	312	327	342
Presión de entrada del condensador	kilopascal	1290	1370	1440	1510	1570	1640	1700
Temperatura de entrada del evaporador	°C	1,0	0,5	0,0	-0,4	-0,8	-1,2	-1,5
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	K	2,0	3,0	4,0	4,9	5,7	6,4	7,0
Presión de succión del compresor	kilopascal	254	268	282	297	312	327	342
Presión de descarga del compresor	kilopascal	1290	1370	1440	1510	1570	1640	1700
Caída de presión de la línea de succión	Pa/m	1944	1796	1668	1557	1460	1374	1298
Caída de presión con respecto a la referencia		94,7 %	87,5 %	81,3 %	75,9 %	71,1 %	67,0 %	63,3 %
Temperatura del líquido de salida del condensador	°C	46,5	45,7	45,1	44,7	44,3	44,1	43,9
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	K	7,0	8,6	9,7	10,6	11,3	11,8	12,2

Tabla 2: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-32/R-1234ze(E) seleccionado que contienen R-744 al 3 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /R-32/R-1234ze(E)		3/0/97	3/2/95	3/4/93	3/6/91	3/8/89	3/10/87	3/12/85
COP		2,55	2,55	2,56	2,57	2,58	2,58	2,59
COP con respecto a Referencia		104,2 %	104,6 %	104,9 %	105,2 %	105,5 %	105,7 %	105,8 %
Capacidad volumétrica	kJ/m ³	1741	1844	1946	2047	2146	2245	2341
Capacidad con respecto a la Referencia		95,1 %	100,7 %	106,2 %	111,7 %	117,2 %	122,6 %	127,8 %
Temperatura de descarga del compresor	°C	85,5	87,0	88,4	89,7	90,9	92,1	93,2
Presión de entrada del evaporador	kilopascal	265	280	295	310	325	341	356
Presión de entrada del condensador	kilopascal	1380	1450	1520	1590	1650	1720	1780
Temperatura de entrada del evaporador	°C	0,4	-0,1	-0,5	-1,0	-1,3	-1,7	-2,0
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	K	3,1	4,1	5,1	5,9	6,7	7,4	8,0
Presión de succión del compresor	kilopascal	265	280	295	310	325	341	356
Presión de descarga del compresor	kilopascal	1380	1450	1520	1590	1650	1720	1780
Caída de presión de la línea de succión	Pa/m	1809	1678	1564	1465	1377	1299	1231
Caída de presión con respecto a la referencia		88,1 %	81,8 %	76,2 %	71,4 %	67,1 %	63,3 %	60,0 %
Temperatura del líquido de salida del condensador	°C	45,0	44,4	43,9	43,6	43,4	43,2	43,1
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	K	10,0	11,2	12,1	12,8	13,3	13,6	13,8

Tabla 3: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-32/R-1234ze(E) que contienen R-744al 4 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /R-32/R-1234ze(E)		4/0/96	4/2/94	4/4/92	4/6/90	4/8/88	4/10/86
COP		2,54	2,55	2,56	2,57	2,57	2,58
COP con respecto a Referencia		104,0 %	104,4 %	104,8 %	105,1 %	105,3 %	105,5 %
Capacidad volumétrica	kJ/m ³	1835	1939	2042	2144	2244	2343
Capacidad con respecto a la Referencia		100,2 %	105,9 %	111,5 %	117,0 %	122,5 %	127,9 %
Temperatura de descarga del compresor	°C	87,3	88,7	90,0	91,2	92,3	93,4
Presión de entrada del evaporador	kilopascal	278	293	308	324	339	355
Presión de entrada del condensador	kilopascal	1460	1530	1600	1670	1730	1800
Temperatura de entrada del evaporador	°C	-0,1	-0,6	-1,1	-1,5	-1,8	-2,2
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	K	4,2	5,2	6,1	7,0	7,7	8,3
Presión de succión del compresor	kilopascal		293	308	324	339	355
Presión de descarga del compresor	kilopascal	1460	1530	1600	1670	1730	1800

ES 2 546 062 T3

Caída de presión de la línea de succión	Pa/m	1688	1572	1470	1381	1302	1232
Caída de presión con respecto a la referencia		82,3 %	76,6 %	71,6 %	67,3 %	63,4 %	60,0 %
Temperatura del líquido de salida del condensador	°C	43,7	43,2	42,9	42,6	42,5	42,4
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	K	12,6	13,6	14,2	14,7	15,0	15,2

Tabla 4: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-32/R-1234ze(E) que contienen R-744 al 5 % y al 6 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /R-32/R-1234ze(E)	5/0/95	5/2/93	5/4/91	5/6/89	5/8/87	6/0/94	6/2/92	6/4/90
COP con respecto a Referencia	2,54	2,55	2,56	2,56	2,57	2,54	2,55	2,56
Capacidad volumétrica	103,9 %	104,3 %	104,7 %	105,0 %	105,2 %	103,9 %	104,3 %	104,6 %
Capacidad con respecto a la Referencia	1931	2036	2140	2242	2343	2030	2135	2240
Temperatura de descarga del compresor	105,4 %	111,2 %	116,8 %	122,4 %	127,9 %	110,8 %	116,6 %	122,3 %
Presión de entrada del evaporador	88,9	90,2	91,4	92,5	93,6	90,5	91,6	92,7
Presión de entrada del condensador	290	306	322	337	353	303	319	336
Temperatura de entrada del evaporador	1550	1620	1680	1750	1810	1630	1700	1760
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Presión de succión del compresor	5,3	6,3	7,2	8,0	8,7	6,5	7,4	8,3
Caída de presión de la línea de succión	290	306	322	337	353	303	319	336
Caída de presión con respecto a la referencia	1550	1620	1680	1750	1810	1630	1700	1760
Temperatura del líquido de salida del condensador	1580	1476	1385	1304	1233	1483	1390	1308
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	77,0 %	71,9 %	67,5 %	63,6 %	60,1 %	72,3 %	67,7 %	63,7 %
	42,5	42,2	41,9	41,8	41,7	41,4	41,2	41,1
	15,0	15,7	16,1	16,4	16,6	17,1	17,6	17,9

Tabla 5: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-152a/R-1234ze(E) que contienen R-744 al 2 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /R-152a/R-1234ze(E)	2/0/98	2/2/96	2/4/94	2/6/92	2/8/90	2/10/88	2/12/86	2/14/84	2/16/82	2/18/80	2/20/78
COP	2,55	2,56	2,56	2,56	2,57	2,57	2,58	2,58	2,58	2,58	2,59
COP en relación a la Ref.	104,5 %	104,7 %	104,8 %	105,0 %	105,1 %	105,3 %	105,4 %	105,5 %	105,7 %	105,8 %	105,9 %
Capacidad volumétrica	1650	1665	1680	1694	1708	1721	1734	1747	1760	1772	1783
Capacidad relativa con la Ref.	90,1 %	90,9 %	91,7 %	92,5 %	93,2 %	94,0 %	94,7 %	95,4 %	96,1 %	96,7 %	97,4 %
T de descarga del compresor	83,6	84,1	84,7	85,2	85,8	86,3	86,9	87,4	88,0	88,5	89,0
P de entrada del evaporador	254	256	258	259	261	263	264	266	268	269	270
P de entrada del condensador	1290	1300	1310	1310	1320	1330	1330	1340	1340	1350	1350
T de entrada del evaporador	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0
P de succión del compresor	254	256	258	259	261	263	264	266	268	269	270
P de descarga del compresor	1290	1300	1310	1310	1320	1330	1330	1340	1340	1350	1350
Caída de presión de la línea de succión	1944	1904	1866	1829	1795	1761	1729	1699	1669	1641	1614
Caída de presión con respecto a la referencia	94,7 %	92,8 %	90,9 %	89,2 %	87,5 %	85,8 %	84,3 %	82,8 %	81,3 %	80,0 %	78,6 %
T del líquido de salida del condensador	46,5	46,5	46,6	46,6	46,7	46,7	46,7	46,8	46,8	46,9	46,9
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	7,0	6,9	6,9	6,8	6,7	6,6	6,5	6,4	6,3	6,3	6,2

Tabla 6: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-152a/R-1234ze(E) que contienen R-744 al 3 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /R-152a/R-1234ze(E)	3/0/97	3/2/95	3/4/93	3/6/91	3/8/89	3/10/87	3/12/85	3/14/83	3/16/81	3/18/79	3/20/77
COP	2,55	2,55	2,55	2,56	2,56	2,56	2,57	2,57	2,57	2,58	2,58
COP en relación a la Ref.	104,2 %	104,4 %	104,5 %	104,7 %	104,8 %	104,9 %	105,1 %	105,2 %	105,3 %	105,4 %	105,6 %
Capacidad volumétrica	1741	1756	1770	1784	1797	1810	1823	1835	1846	1858	1869
Capacidad relativa con la Ref.	95,1 %	95,9 %	96,6 %	97,4 %	98,1 %	98,8 %	99,5 %	100,2 %	100,8 %	101,4 %	102,0 %
T de descarga del compresor	85,5	86,1	86,6	87,1	87,7	88,2	88,7	89,3	89,8	90,3	90,8
P de entrada del evaporador	265	267	269	271	272	274	276	277	279	280	281
P de entrada del condensador	1380	1380	1390	1400	1400	1410	1410	1420	1420	1430	1430
T de entrada del evaporador	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0
P de succión del compresor	265	267	269	271	272	274	276	277	279	280	281
P de descarga del compresor	1380	1380	1390	1400	1400	1410	1410	1420	1420	1430	1430
Caída de presión de la línea de succión	1809	1774	1740	1708	1678	1648	1620	1593	1567	1541	1517
Caída de presión con respecto a la referencia	88,1 %	86,4 %	84,8 %	83,3 %	81,8 %	80,3 %	78,9 %	77,6 %	76,3 %	75,1 %	73,9 %
T del líquido de salida del condensador	45,0	45,1	45,1	45,2	45,3	45,3	45,4	45,5	45,5	45,6	45,6
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	10,0	9,9	9,7	9,6	9,5	9,3	9,2	9,1	9,0	8,9	8,7

Tabla 7: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-152a/R-1234ze(E) que contienen R-744 al 4 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /R-152a/R-1234ze(E)	4/0/96	4/2/94	4/4/92	4/6/90	4/8/88	4/10/86	4/12/84	4/14/82	4/16/80	4/18/78	4/20/76
COP	2,54	2,55	2,55	2,55	2,56	2,56	2,56	2,56	2,57	2,57	2,57
COP en relación a la Ref.	104,0 %	104,2 %	104,3 %	104,5 %	104,6 %	104,7 %	104,8 %	105,0 %	105,1 %	105,2 %	105,3 %
Capacidad volumétrica	1835	1849	1863	1876	1889	1901	1913	1924	1935	1946	1957
Capacidad relativa con la Ref.	100,2 %	101,0 %	101,7 %	102,4 %	103,1 %	103,8 %	104,4 %	105,1 %	105,7 %	106,3 %	106,8 %
T de descarga del compresor	87,3	87,8	88,4	88,9	89,4	89,9	90,4	91,0	91,5	92,0	92,5
P de entrada del evaporador	278	279	281	283	284	286	287	289	290	292	293
P de entrada del condensador	1460	1470	1470	1480	1480	1490	1490	1500	1500	1510	1510
T de entrada del evaporador	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,0
P de succión del compresor	278	279	281	283	284	286	287	289	290	292	293
P de descarga del compresor	1460	1470	1470	1480	1480	1490	1490	1500	1500	1510	1510
Caida de presión de la línea de succión	1688	1657	1628	1600	1572	1546	1521	1497	1474	1451	1430
Caida de presión con respecto a la referencia	82,3 %	80,8 %	79,3 %	78,0 %	76,6 %	75,4 %	74,1 %	73,0 %	71,8 %	70,7 %	69,7 %
T del líquido de salida del condensador	43,7	43,8	43,9	43,9	44,0	44,1	44,2	44,3	44,3	44,4	44,5
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	12,6	12,5	12,3	12,1	12,0	11,8	11,7	11,5	11,4	11,2	11,1

Tabla 8: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-152a/R-1234ze(E) que contienen R-744 al 5 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /R-152a/R-1234ze(E)	5/0/95	5/2/93	5/4/91	5/6/89	5/8/87	5/10/85	5/12/83	5/14/81	5/16/79	5/18/77	5/20/75
COP	2,54	2,54	2,55	2,55	2,55	2,55	2,56	2,56	2,56	2,56	2,57
COP en relación a la Ref.	103,9 %	104,1 %	104,2 %	104,3 %	104,4 %	104,6 %	104,7 %	104,8 %	104,9 %	105,0 %	105,1 %
Capacidad volumétrica	1931	1945	1958	1970	1982	1994	2005	2016	2026	2037	2047
Capacidad relativa con la Ref.	105,4 %	106,2 %	106,9 %	107,6 %	108,2 %	108,8 %	109,5 %	110,1 %	110,6 %	111,2 %	111,7 %
T de descarga del compresor	88,9	89,5	90,0	90,5	91,0	91,5	92,0	92,5	93,0	93,5	94,0
P de entrada del evaporador	290	292	294	295	297	298	300	301	302	304	305
P de entrada del condensador	1550	1550	1560	1560	1560	1570	1570	1580	1580	1580	1590
T de entrada del evaporador	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	K	5,3	5,3	5,3	5,2	5,2	5,2	5,1	5,1	5,1	5,0
P de succión del compresor	kilopascal	290	292	295	297	298	300	301	302	304	305
P de descarga del compresor	kilopascal	1550	1550	1560	1560	1570	1570	1580	1580	1580	1590
Caída de presión de la línea de succión	Pa/m	1580	1553	1527	1502	1454	1432	1410	1389	1369	1350
Caída de presión con respecto a la referencia		77,0 %	75,7 %	74,4 %	73,2 %	70,9 %	69,8 %	68,7 %	67,7 %	66,7 %	65,8 %
T del líquido de salida del condensador	°C	42,5	42,6	42,7	42,8	42,9	43,1	43,2	43,2	43,3	43,4
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	K	15,0	14,8	14,6	14,4	14,2	13,8	13,7	13,5	13,3	13,2

Tabla 9: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-161/R-1234ze(E) que contienen R-744 al 2 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /R-161/R-1234ze(E)		2/0/98	2/2/96	2/4/94	2/6/92	2/8/90	2/10/88
COP		2,55	2,56	2,57	2,58	2,59	2,60
COP con respecto a Referencia		104,5 %	104,9 %	105,3 %	105,6 %	106,0 %	106,3 %
Capacidad volumétrica	kJ/m ³	1650	1692	1735	1777	1818	1859
Capacidad con respecto a la Referencia		90,1 %	92,4 %	94,7 %	97,0 %	99,3 %	101,5 %
Temperatura de descarga del compresor	°C	83,6	84,4	85,3	86,1	86,9	87,7
Presión de entrada del evaporador	kilopascal	254	260	265	271	277	283
Presión de entrada del condensador	kilopascal	1290	1320	1340	1360	1380	1410
Temperatura de entrada del evaporador	°C	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	K	2,0	2,2	2,4	2,5	2,7	2,9
Presión de succión del compresor	kilopascal	254	260	265	271	277	283
Presión de descarga del compresor	kilopascal	1290	1320	1340	1360	1380	1410
Caída de presión de la línea de succión	Pa/m	1944	1853	1770	1693	1623	1558
Caída de presión con respecto a la referencia		94,7 %	90,3 %	86,3 %	82,5 %	79,1 %	75,9 %
Temperatura del líquido de salida del condensador	°C	46,5	46,5	46,4	46,4	46,4	46,4
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	K	7,0	7,1	7,1	7,2	7,2	7,2

Tabla 10: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-161/R-1234ze(E) que contienen R-744 al 3 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /R-161/R-1234ze(E)		3/0/97	3/2/95	3/4/93	3/6/91	3/8/89	3/10/87
COP		2,55	2,56	2,57	2,57	2,58	2,59
COP con respecto a Referencia		104,2 %	104,6 %	105,0 %	105,3 %	105,7 %	105,9 %
Capacidad volumétrica	kJ/m ³	1741	1784	1826	1868	1909	1949
Capacidad con respecto a la Referencia		95,1 %	97,4 %	99,7 %	102,0 %	104,2 %	106,4 %
Temperatura de descarga del compresor	°C	85,5	86,3	87,2	87,9	88,7	89,4
Presión de entrada del evaporador	kilopascal	265	271	277	283	289	294
Presión de entrada del condensador	kilopascal	1380	1400	1420	1440	1460	1490
Temperatura de entrada del evaporador	°C	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	K	3,1	3,3	3,4	3,6	3,7	3,9
Presión de succión del compresor	kilopascal	265	271	277	283	289	294
Presión de descarga del compresor	kilopascal	1380	1400	1420	1440	1460	1490
Caída de presión de la línea de succión	Pa/m	1809	1728	1654	1586	1523	1465
Caída de presión con respecto a la referencia		88,1 %	84,2 %	80,6 %	77,3 %	74,2 %	71,4 %
Temperatura del líquido de salida del condensador	°C	45,0	45,0	45,0	45,1	45,1	45,2
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	K	10,0	10,0	9,9	9,8	9,8	9,7

Tabla 11: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-161/R-1234ze(E) que contienen R-744 al 4 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /R-161/1234ze(E)		4/0/96	4/2/94	4/4/92	4/6/90	4/8/88	41/0/86
COP		2,54	2,55	2,56	2,57	2,58	2,58
COP con respecto a Referencia		104,0 %	104,4 %	104,8 %	105,1 %	105,4 %	105,7 %
Capacidad volumétrica	kJ/m ³	1835	1878	1919	1961	2001	2041
Capacidad con respecto a la Referencia		100,2 %	102,5 %	104,8 %	107,0 %	109,3 %	111,4 %
Temperatura de descarga del compresor	°C	87,3	88,1	88,9	89,6	90,3	91,0
Presión de entrada del evaporador	kilopascal	278	283	289	295	301	307
Presión de entrada del condensador	kilopascal	1460	1480	1500	1520	1540	1560
Temperatura de entrada del evaporador	°C	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	K	4,2	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9
Presión de succión del compresor	kilopascal	278	283	289	295	301	307
Presión de descarga del compresor	kilopascal	1460	1480	1500	1520	1540	1560
Caída de presión de la línea de succión	Pa/m	1688	1616	1550	1489	1433	1380
Caída de presión con respecto a la referencia		82,3 %	78,8 %	75,5 %	72,6 %	69,8 %	67,3 %
Temperatura del líquido de salida del condensador	°C	43,7	43,7	43,8	43,9	43,9	44,0
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	K	12,6	12,5	12,4	12,3	12,1	11,9

Tabla 12: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-161/R-1234ze(E) seleccionadas que contienen R-744 al 5 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /R-161/R-1234ze(E)		5/0/95	5/2/93	5/4/91	5/6/89	5/8/87	5/10/85
COP		2,54	2,55	2,56	2,56	2,57	2,58
COP con respecto a Referencia		103,9 %	104,3 %	104,7 %	105,0 %	105,3 %	105,6 %
Capacidad volumétrica	kJ/m ³	1931	1973	2015	2055	2095	2135
Capacidad con respecto a la Referencia		105,4 %	107,7 %	110,0 %	112,2 %	114,4 %	116,5 %
Temperatura de descarga del compresor	°C	88,9	89,7	90,4	91,1	91,8	92,5
Presión de entrada del evaporador	kilopascal	290	296	302	308	314	319
Presión de entrada del condensador	kilopascal	1550	1570	1590	1610	1620	1640
Temperatura de entrada del evaporador	°C	-0,7	-0,7	-0,8	-0,9	-0,9	-0,9
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	K	5,3	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9
Presión de succión del compresor	kilopascal	290	296	302	308	314	319
Presión de descarga del compresor	kilopascal	1550	1570	1590	1610	1620	1640
Caída de presión de la línea de succión	Pa/m	1580	1516	1456	1402	1351	1304
Caída de presión con respecto a la referencia		77,0 %	73,9 %	71,0 %	68,3 %	65,8 %	63,5 %
Temperatura del líquido de salida del condensador	°C	42,5	42,6	42,7	42,8	42,9	43,0
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	K	15,0	14,8	14,6	14,4	14,2	14,0

Tabla 13: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-134a/R-1234ze(E) que contienen R-744 al 2 % y R-134a hasta el 15 %

		2/0/98	2/2/96	2/4/94	2/6/92	2/8/90	2/10/88	2/15/83
COP		2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
COP con respecto a Referencia		104,5 %	104,5 %	104,5 %	104,5 %	104,5 %	104,5 %	104,5 %
Capacidad volumétrica	kJ/m^3	1650	1665	1680	1695	1710	1725	1760
Capacidad con respecto a la Referencia		90,1 %	90,9 %	91,7 %	92,6 %	93,4 %	94,2 %	96,1 %
Efecto de refrigeración	kJ/kg	131,3	131,5	131,7	131,9	132,0	132,2	132,7
Relación de presión		5,09	5,09	5,08	5,07	5,06	5,06	5,04
Flujo de masa refrigerante	kg/h	178,3	178,0	177,7	177,5	177,2	177,0	176,4
Temperatura de descarga del compresor	$^{\circ}\text{C}$	83,6	83,7	83,9	84,0	84,2	84,4	84,8
Presión de entrada del evaporador	kilopascal	254	256	259	261	264	266	272
Presión de entrada del condensador	kilopascal	1290	1300	1310	1330	1340	1350	1370
Temperatura de entrada del evaporador	$^{\circ}\text{C}$	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8
Punto de rocío del evaporador	$^{\circ}\text{C}$	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,1	3,2
Temperatura del gas de salida del evaporador	$^{\circ}\text{C}$	13,0	13,0	13,1	13,1	13,1	13,1	13,2
Temperatura media del evaporador	$^{\circ}\text{C}$	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	K	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3
Presión de succión del compresor	kilopascal	254	256	259	261	264	266	272
Presión de descarga del compresor	kilopascal	1290	1300	1310	1330	1340	1350	1370
Caída de presión de la línea de succión	Pa/m	1944	1924	1904	1885	1867	1849	1807
Caída de presión con respecto a la referencia		94,7 %	93,7 %	92,8 %	91,9 %	91,0 %	90,1 %	88,1 %
Punto de rocío del condensador	$^{\circ}\text{C}$	58,5	58,5	58,5	58,5	58,5	58,5	58,4
Punto de ebullición del condensador	$^{\circ}\text{C}$	51,5	51,5	51,5	51,5	51,5	51,5	51,6
Temperatura del líquido de salida del condensador	$^{\circ}\text{C}$	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5	46,6
Temperatura media del condensador	$^{\circ}\text{C}$	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	K	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	6,9

Tabla 14: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-134a/R-1234ze(E) que contienen R-744al 2 %y R-134a al 20-45 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /R-134a/R-1234ze(E)		2/20/78	2/25/73	2/30/68	2/35/63	2/40/58	2/45/53
COP		2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
COP con respecto a Referencia		104,5 %	104,4 %	104,4 %	104,3 %	104,3 %	104,2 %
Capacidad volumétrica	kJ/m ³	1795	1828	1860	1891	1921	1949
Capacidad con respecto a la Referencia		98,0 %	99,8 %	101,6 %	103,2 %	104,9 %	106,4 %
Efecto de refrigeración	kJ/kg	133,1	133,5	134,0	134,4	134,9	135,3
Relación de presión		5,03	5,01	5,00	4,98	4,97	4,96
Flujo de masa refrigerante	kg/h	175,8	175,2	174,7	174,1	173,5	172,9
Temperatura de descarga del compresor	°C	85,2	85,6	86,0	86,4	86,8	87,3
Presión de entrada del evaporador	kilopascal	278	283	289	294	299	304
Presión de entrada del condensador	kilopascal	1400	1420	1440	1470	1490	1510
Temperatura de entrada del evaporador	°C	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9
Punto de rocío del evaporador	°C	3,2	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1
Temperatura del gas de salida del evaporador	°C	13,2	13,2	13,2	13,2	13,1	13,1
Temperatura media del evaporador	°C	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	K	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2
Presión de succión del compresor	kilopascal	278	283	289	294	299	304
Presión de descarga del compresor	kilopascal		1420	1440	1470	1490	1510
Caída de presión de la línea de succión	Pa/m	1768	1732	1698	1666	1636	1608
Caída de presión con respecto a la referencia		86,2 %	84,4 %	82,7 %	81,2 %	79,7 %	78,4 %
Punto de rocío del condensador	°C	58,4	58,3	58,3	58,2	58,1	58,0
Punto de ebullición del condensador	°C	51,6	51,7	51,7	51,8	51,9	52,0
Temperatura del líquido de salida del condensador	°C	46,6	46,7	46,7	46,8	46,9	47,0
Temperatura media del condensador	°C	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	K	6,8	6,7	6,5	6,4	6,2	6,0

Tabla 15: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-134a/R-1234ze(E) que contienen R-744 al 3 % y R-134a hasta el 15 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /R-134a/R-1234ze(E)	3/0/97	3/2/95	3/4/93	3/6/91	3/8/89	3/10/87	3/15/82
COP con respecto a Referencia	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
Capacidad volumétrica	104,2 %	104,2 %	104,2 %	104,2 %	104,2 %	104,2 %	104,2 %
Capacidad con respecto a la Referencia	1741	1757	1772	1787	1802	1817	1853
Efecto de refrigeración	95,1 %	95,9 %	96,8 %	97,6 %	98,4 %	99,2 %	101,2 %
Relación de presión	134,5	134,6	134,8	134,9	135,1	135,2	135,6
Flujo de masa refrigerante	5,19	5,18	5,17	5,16	5,15	5,15	5,12
Temperatura de descarga del compresor	174,0	173,8	173,6	173,4	173,2	173,0	172,6
Presión de entrada del evaporador	85,5	85,7	85,8	85,9	86,1	86,2	86,6
Presión de entrada del condensador	265	268	271	273	276	278	284
Temperatura de entrada del evaporador	1380	1390	1400	1410	1420	1430	1460
Punto de rocío del evaporador	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
Temperatura del gas de salida del evaporador	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7	3,7
Temperatura media del evaporador	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,7	13,7
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Presión de succión del compresor	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4
Presión de descarga del compresor	265	268	271	273	276	278	284
Caída de presión de la línea de succión	1380	1390	1400	1410	1420	1430	1460
Caída de presión con respecto a la referencia	1809	1791	1774	1757	1741	1725	1688
Punto de rocío del condensador	88,1 %	87,3 %	86,4 %	85,6 %	84,9 %	84,1 %	82,3 %
Punto de ebullición del condensador	60,0	60,0	60,0	59,9	59,9	59,9	59,8
Temperatura del líquido de salida del condensador	50,0	50,0	50,0	50,1	50,1	50,1	50,2
Temperatura media del condensador	45,0	45,0	45,0	45,1	45,1	45,1	45,2
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
	10,0	10,0	9,9	9,9	9,8	9,7	9,6

Tabla 16: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-134a/R-1234ze(E) que contienen R-744a1 3 % y R-134a al 20-45 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /R-134a/R-1234ze(E)		3/20/77	3/25/72	3/30/67	3/35/62	3/40/57	3/45/52
COP		2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54
COP con respecto a Referencia		104,2 %	104,1 %	104,1 %	104,0 %	103,9 %	103,9 %
Capacidad volumétrica	kJ/m ³	1888	1922	1954	1985	2015	2044
Capacidad con respecto a la Referencia		103,1 %	104,9 %	106,7 %	108,4 %	110,0 %	111,6 %
Efecto de refrigeración	kJ/kg	136,0	136,3	136,7	137,1	137,5	137,9
Relación de presión		5,10	5,09	5,07	5,05	5,04	5,02
Flujo de masa refrigerante	kg/h	172,1	171,6	171,2	170,7	170,2	169,6
Temperatura de descarga del compresor	°C	87,0	87,4	87,8	88,2	88,6	89,0
Presión de entrada del evaporador	kilopascal	290	296	341	307	312	317
Presión de entrada del condensador	kilopascal	1480	1500	1530	1550	1570	1590
Temperatura de entrada del evaporador	°C	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
Punto de rocío del evaporador	°C	3,7	3,7	3,7	3,6	3,6	3,6
Temperatura del gas de salida del evaporador	°C	13,7	13,7	13,7	13,6	13,6	13,6
Temperatura media del evaporador	°C	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)		3,4	3,4	3,3	3,3	3,2	3,2
Presión de succión del compresor	kilopascal	290	296	301	307	312	317
Presión de descarga del compresor	kilopascal	1480	1500	1503		1570	1590
Caída de presión de la línea de succión	Pa/m	1654	1622	1591	1563	1536	1511
Caída de presión con respecto a la referencia		80,6 %	79,0 %	77,6 %	76,2 %	74,9 %	73,7 %
Punto de rocío del condensador	°C	59,7	59,6	59,5	59,4	59,3	59,2
Punto de ebullición del condensador	°C	50,3	50,4	50,5	50,6	50,7	50,8
Temperatura del líquido de salida del condensador	°C	45,3	45,4	45,5	45,6	45,7	45,8
Temperatura media del condensador	°C	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	K	9,4	9,2	9,0	8,8	8,6	8,4

Tabla 17: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-134a/R-1234ze(E) que contienen R-744 al 4 % y R-134a hasta el 15 % en peso de la composición CO₂/R-134a/R-1234ze(E)

	4/0/96	4/2/94	4/4/92	4/6/90	4/8/88	4/10/86	4/15/81
COP	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54
COP con respecto a Referencia	104,0 %	104,0 %	104,0 %	104,0 %	104,0 %	104,0 %	104,0 %
Capacidad volumétrica kJ/m ³	1835	1851	1866	1882	1897	1912	1948
Capacidad con respecto a la Referencia	100,2 %	101,1 %	101,9 %	102,7 %	103,6 %	104,4 %	106,4 %
Efecto de refrigeración	137,4	137,6	137,7	137,8	137,9	138,1	138,4
Relación de presión	5,27	5,26	5,25	5,23	5,22	5,21	5,19
Flujo de masa refrigerante	170,3	170,1	170,0	169,8	169,6	169,5	169,1
Temperatura de descarga del compresor	87,3	87,4	87,6	87,7	87,8	88,0	88,3
Presión de entrada del evaporador	278	280	283	285	288	291	297
Presión de entrada del condensador	1460	1470	1480	1490	1500	1510	1540
Temperatura de entrada del evaporador	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
Punto de rocío del evaporador	4,1	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Temperatura del gas de salida del evaporador	14,1	14,1	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2
Temperatura media del evaporador	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	4,2	4,3	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4
Presión de succión del compresor	278	280	283	285	288	291	297
Presión de descarga del compresor	1460	1470	1480	1490	1500	1510	1540
Caída de presión de la línea de succión	1688	1673	1657	1643	1629	1615	1582
Caída de presión con respecto a la referencia	82,3 %	81,5 %	80,8 %	80,1 %	79,4 %	78,7 %	77,1 %
Punto de rocío del condensador	61,3	61,3	61,2	61,2	61,2	61,1	61,0
Punto de ebullición del condensador	48,7	48,7	48,8	48,8	48,9	48,9	49,0
Temperatura del líquido de salida del condensador	43,7	43,7	43,8	43,8	43,9	43,9	44,0
Temperatura media del condensador	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Condensador	12,6	12,6	12,5	12,4	12,3	12,2	12,0

Tabla 18: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-134a/R-1234ze(E) que contienen R-744 al 4 %y R-134a al 20-45 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /R-134a/R-1234ze(E)		4/20/76	4/25/71	4/30/66	4/35/61	4/40/56	4/45/51
COP		2,54	2,54	2,54	2,53	2,53	2,53
COP con respecto a Referencia		103,9 %	103,9 %	103,8 %	103,7 %	103,7 %	103,6 %
Capacidad volumétrica	kJ/m ³	1983	2017	2050	2082	2112	2141
Capacidad con respecto a la Referencia		108,3 %	110,1 %	111,9 %	113,6 %	115,3 %	116,9 %
Efecto de refrigeración	kJ/kg	138,7	139,0	139,3	139,7	140,0	140,4
Relación de presión		5,17	5,15	5,13	5,11	5,09	5,08
Flujo de masa refrigerante	kg/h	168,7	168,4	168,0	167,6	167,1	166,7
Temperatura de descarga del compresor	°C	88,7	89,0	89,4	89,8	90,2	90,6
Presión de entrada del evaporador	kilopascal	303	309	315	320	325	331
Presión de entrada del condensador	kilopascal	1570	1590	1610	1640	1660	1680
Temperatura de entrada del evaporador	°C	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1
Punto de rocío del evaporador	°C	4,2	4,2	4,2	4,1	4,1	4,1
Temperatura del gas de salida del evaporador	°C	14,2	14,2	14,2	14,1	14,1	14,1
Temperatura media del evaporador	°C	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	K	4,4	4,4	4,3	4,3	4,2	4,1
Presión de succión del compresor	kilopascal	303	309	315	320	325	331
Presión de descarga del compresor	kilopascal	1570	1590	1610	1640	1660	1680
Caída de presión de la línea de succión	Pa/m	1551	1523	1496	1470	1447	1424
Caída de presión con respecto a la referencia		75,6 %	74,2 %	72,9 %	71,7 %	70,5 %	69,4 %
Punto de rocío del condensador	°C	60,9	60,7	60,6	60,5	60,3	60,2
Punto de ebullición del condensador	°C	49,1	49,3	49,4	49,5	49,7	49,8
Temperatura del líquido de salida del condensador	°C	44,1	44,3	44,4	44,5	44,7	44,8
Temperatura media del condensador	°C	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	K	11,7	11,4	11,2	10,9	10,7	10,5

Tabla 19: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-134a/R-1234ze(E) que contienen R-744al 5 %y R-134a hasta el 15 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /R-134a/R-		5/0/95	5/2/93	5/4/91	5/6/89	5/8/87	5/10/85	5/15/80
COP		2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54
COP con respecto a Referencia		103,9 %	103,9 %	103,9 %	103,9 %	103,9 %	103,9 %	103,8 %
Capacidad volumétrica	kJ/m ³	1931	1947	1963	1978	1993	2008	2045
Capacidad con respecto a la Referencia		105,4 %	106,3 %	107,2 %	108,0 %	108,8 %	109,7 %	111,7 %
Efecto de refrigeración	kJ/kg	140,2	140,3	140,4	140,5	140,6	140,7	140,9
Relación de presión		5,33	5,31	5,30	5,29	5,28	5,27	5,24
Flujo de masa refrigerante	kg/h	166,9	166,8	166,7	166,5	166,4	166,3	166,0
Temperatura de descarga del compresor	°C	88,9	89,1	89,2	89,3	89,4	89,5	89,9

ES 2 546 062 T3

Presión de entrada del evaporador	kilopascal	290	293	296	298	301	304	310
Presión de entrada del condensador	kilopascal	1550	1560	1570	1580	1590	1600	1620
Temperatura de entrada del evaporador	°C	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Punto de rocío del evaporador	°C	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
Temperatura del gas de salida del evaporador	°C	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7
Temperatura media del evaporador	°C	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	K	5,3	5,4	5,4	5,4	5,4	5,5	5,5
Presión de succión del compresor	kilopascal	290	293	296	298	301	304	310
Presión de descarga del compresor	kilopascal	1550	1560	1570	1580	1590	1600	1620
Caída de presión de la línea de succión	Palm	1580	1566	1553	1540	1528	1515	1486
Caída de presión con respecto a la referencia		77,0 %	76,3 %	75,7 %	75,1 %	74,5 %	73,9 %	72,4 %
Punto de rocío del condensador	°C	62,5	62,4	62,4	62,3	62,3	62,2	62,1
Punto de ebullición del condensador	°C	47,5	47,6	47,6	47,7	47,7	47,8	47,9
Temperatura del líquido de salida del condensador	°C	42,5	42,6	42,6	42,7	42,7	42,8	42,9
Temperatura media del condensador	°C	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Condensador(entrada-salida)	K	15,0	14,9	14,8	14,7	14,5	14,4	14,1

Tabla 20: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-134a/R-1234ze(E) que contienen R-744a al 5 %y R-134a al 20-45 %

Porcentaje en peso de la composición CO₂/R-134a/R-1234ze(E)		5/20/75	5/25/70	5/30/65	5/35/60	5/40/55	5/45/50
COP		2,54	2,53	2,53	2,53	2,53	2,52
COP con respecto a Referencia		103,8 %	103,7 %	103,6 %	103,5 %	103,4 %	103,3 %
Capacidad volumétrica	kJ/m ³	2081	2115	2148	2180	2210	2240
Capacidad con respecto a la Referencia		113,6 %	115,5 %	117,3 %	119,0 %	120,7 %	122,3 %
Efecto de refrigeración	kJ/kg	141,2	141,5	141,7	142,0	142,4	142,7
Relación de presión		5,21	5,19	5,17	5,15	5,13	5,12
Flujo de masa refrigerante	kg/h	165,7	165,4	165,1	164,7	164,4	164,0
Temperatura de descarga del compresor	°C	90,2	90,6	90,9	91,3	91,7	92,1
Presión de entrada del evaporador	kilopascal	316	322	328	334	339	345
Presión de entrada del condensador	kilopascal	1650	1670	1700	1720	1740	1760
Temperatura de entrada del evaporador	°C	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,5
Punto de rocío del evaporador	°C	4,7	4,7	4,7	4,6	4,6	4,5
Temperatura del gas de salida del evaporador	°C	14,7	14,7	14,7	14,6	14,6	14,5
Temperatura media del evaporador	°C	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	K	5,4	5,4	5,3	5,3	5,2	5,1
Presión de succión del compresor	kilopascal	316	322	328	334	339	345

ES 2 546 062 T3

Presión de descarga del compresor	kilopascal	1650	1670	1700	1720	1740	1760
Caída de presión de la línea de succión	Pa/m	1459	1434	1409	1387	1365	1345
Caída de presión con respecto a la referencia		71,1 %	69,9 %	68,7 %	67,6 %	66,5 %	65,5 %
Punto de rocío del condensador	°C	61,9	61,7	61,6	61,4	61,3	61,2
Punto de ebullición del condensador	°C	48,1	48,3	48,4	48,6	48,7	48,8
Temperatura del líquido de salida del condensador	°C	43,1	43,3	43,4	43,6	43,7	43,8
Temperatura media del condensador	°C	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	K	13,8	13,5	13,2	12,9	12,6	12,3

Tabla 21: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-134a/R-1234ze(E) que contienen R-744 al 6 % y R-134a hasta el 15 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /R-134a/R-1234ze(E)	6/0/94	6/2/92	6/4/90	6/6/88	6/8/86	6/10/84	6/15/79
COP	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,53
COP con respecto a Referencia	103,9 %	103,9 %	103,9 %	103,9 %	103,8 %	103,8 %	103,7 %
Capacidad volumétrica	2030	2045	2061	2077	2092	2107	2144
Capacidad con respecto a la Referencia	110,8 %	111,7 %	112,5 %	113,4 %	114,2 %	115,0 %	117,1 %
Efecto de refrigeración	142,8	142,9	143,0	143,0	143,1	143,2	143,4
Relación de presión	5,37	5,35	5,34	5,33	5,32	5,30	5,28
Flujo de masa refrigerante	163,9	1638	163,7	163,6	163,5	163,4	163,2
Temperatura de descarga del compresor	90,5	90,6	90,7	90,8	90,9	91,0	91,3
Presión de entrada del evaporador	303	306	309	312	314	317	324
Presión de entrada del condensador	1630	1640	1650	1660	1670	1680	1710
Temperatura de entrada del evaporador	-1,2	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3
Punto de rocío del evaporador	5,2	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
Temperatura del gas de salida del evaporador	15,2	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3
Temperatura media del evaporador	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Presión de succión del compresor	303	306	309	312	314	317	324
Presión de descarga del compresor	1630	1640	1650	1660	1670	1680	1710
Caida de presión de la línea de succión	1483	1471	1459	1448	1437	1426	1400
Caida de presión con respecto a la referencia	72,3 %	71,7 %	71,1 %	70,6 %	70,0 %	69,5 %	68,2 %
Punto de rocío del condensador	63,6	63,5	63,4	63,3	63,3	63,2	63,0
Punto de ebullición del condensador	46,4	46,5	46,6	46,7	46,7	46,8	47,0
Temperatura del líquido de salida del condensador	41,4	41,5	41,6	41,7	41,7	41,8	42,0
Temperatura media del condensador	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	17,1	17,0	16,8	16,7	16,5	16,4	16,0

Tabla 22: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-134a/R-1234ze(E) que contienen R-744 al 6 %y R-134a al 20-45 %

Porcentaje en peso de la composición CO₂/R-134a/R-1234ze(E)		6/20/74	6/25/69	6/30/64	6/35/59	6/40/54	6/45/49
COP		2,53	2,53	2,53	2,52	2,52	2,52
COP con respecto a Referencia		103,7 %	103,6 %	103,5 %	103,4 %	103,2 %	103,1 %
Capacidad volumétrica	kJ/m ³	2180	2214	2247	2279	2310	2340
Capacidad con respecto a la Referencia		119,0 %	120,9 %	122,7 %	124,4 %	126,1 %	127,8 %
Efecto de refrigeración	kJ/kg	143,6	143,8	144,0	144,3	144,6	144,9
Relación de presión		5,25	5,22	5,20	5,18	5,16	5,15
Flujo de masa refrigerante	kg/h	163,0	162,8	162,5	162,2	161,9	161,5
Temperatura de descarga del compresor	°C	91,7	92,0	92,3	92,7	93,1	93,5
Presión de entrada del evaporador	kilopascal	330	336	342	348	354	359
Presión de entrada del condensador	kilopascal	1730	1760	1780	1800	1830	1850
Temperatura de entrada del evaporador	°C	-1,2	-1,2	-1,2	-1,1	-1,1	-1,0
Punto de rocío del evaporador	°C	5,2	5,2	5,2	5,1	5,1	5,0
Temperatura del gas de salida del evaporador	°C	15,2	15,2	15,2	15,1	15,1	15,0
Temperatura media del evaporador	°C	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	K	6,5	6,4	6,3	6,2	6,1	6,0
Presión de succión del compresor	kilopascal	330	336	342	348	354	359
Presión de descarga del compresor	kilopascal	1730	1760	1780	1800	1830	1850
Caída de presión de la línea de succión	Pa/m	1376	1353	1331	1310	1291	1272
Caída de presión con respecto a la referencia		67,0 %	65,9 %	64,9 %	63,9 %	62,9 %	62,0 %
Punto de rocío del condensador	°C	62,8	62,7	62,5	62,3	62,2	62,0
Punto de ebullición del condensador	°C	47,2	47,3	47,5	47,7	47,8	48,0
Temperatura del líquido de salida del condensador	°C	42,2	42,3	42,5	42,7	42,8	43,0
Temperatura media del condensador	°C	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	K	15,7	15,3	15,0	14,6	14,3	14,0

Tabla 23: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-1270/R-1234ze(E) que contienen R-744 al 2 %

	2/2/96	2/3/95	2/4/94	2/5/93	2/6/92	2/7/91	2/8/90
Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /propileno/HFC1234ze(E)	2,55	2,55	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54
COP	104,3 %	104,2 %	104,1 %	104,1 %	104,0 %	104,0 %	103,9 %
COP con respecto a Referencia	1755	1806	1855	1902	1948	1993	2036
Capacidad volumétrica	95,8 %	98,6 %	101,3 %	103,9 %	106,4 %	108,8 %	111,2 %
Capacidad con respecto a la Referencia	134,6	136,1	137,5	138,9	140,2	141,5	142,7
Efecto de refrigeración	5,07	5,04	5,01	4,98	4,95	4,91	4,88
Relación de presión	173,9	171,9	170,1	168,4	166,9	165,4	163,9
Flujo de masa refrigerante	84,6	85,0	85,3	85,7	85,9	86,2	86,4
Temperatura de descarga del compresor	272	280	289	298	307	315	323
Presión de entrada del evaporador	1380	1410	1450	1480	1520	1550	1580
Presión de entrada del condensador	0,4	0,1	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0
Temperatura de entrada del evaporador	3,6	3,9	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
Punto de rocío del evaporador	13,6	13,9	14,2	14,4	14,6	14,8	15,0
Temperatura del gas de salida del evaporador	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Temperatura media del evaporador	3,3	3,8	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	272	280	289	298	307	315	323
Presión de succión del compresor	1380	1410	1450	1480	1520	1550	1580
Presión de descarga del compresor	1793	1728	1669	1615	1566	1521	1479
Caida de presión de la línea de succión	87,4 %	84,2 %	81,3 %	78,7 %	76,3 %	74,1 %	72,1 %
Caida de presión con respecto a la referencia	59,3	59,6	59,8	59,9	60,0	60,1	60,1
Punto de rocío del condensador	50,7	50,4	50,2	50,1	50,0	49,9	49,9
Punto de ebullición del condensador	45,7	45,4	45,2	45,1	45,0	44,9	44,9
Temperatura del líquido de salida del condensador	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Temperatura media del condensador	8,6	9,1	9,5	9,8	10,1	10,2	10,3
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)							

Tabla 24: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-1270/R-1234ze(E) que contienen R-744 al 3 %

		3/2/95	3/3/94	3/4/93	3/5/92	3/6/91	3/7/90	3/8/89
Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /propileno/HFC1234ze(E)								
COP		2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,53
COP con respecto a Referencia		104,1 %	104,0 %	103,9 %	103,9 %	103,8 %	103,8 %	103,7 %
Capacidad volumétrica	kJ/m ³	1848	1899	1949	1996	2043	2087	2130
Capacidad con respecto a la Referencia		100,9 %	103,7 %	106,4 %	109,0 %	111,5 %	114,0 %	116,3 %
Efecto de refrigeración	kJ/kg	137,6	139,0	140,3	141,6	142,9	144,1	145,3
Relación de presión		5,14	5,11	5,08	5,04	5,01	4,97	4,93
Flujo de masa refrigerante	kg/h	170,1	168,4	166,7	165,2	163,8	162,4	161,1
Temperatura de descarga del compresor	°C	86,4	86,7	87,0	87,3	87,5	87,7	87,9
Presión de entrada del evaporador	kilopascal	284	293	302	311	319	328	337
Presión de entrada del condensador	kilopascal	1460	1500	1530	1570	1600	1630	1660
Temperatura de entrada del evaporador	°C	-0,2	-0,4	-0,7	-0,9	-1,1	-1,3	-1,5
Punto de rocío del evaporador	°C	4,2	4,4	4,7	4,9	5,1	5,3	5,5
Temperatura del gas de salida del evaporador	°C	14,2	14,4	14,7	14,9	15,1	15,3	15,5
Temperatura media del evaporador	°C	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	K	4,3	4,9	5,4	5,8	6,2	6,6	6,9
Presión de succión del compresor	kilopascal	284	293	302	311	319	328	337
Presión de descarga del compresor	kilopascal	1460	1500	1530	1570	1600	1630	1660
Caída de presión de la línea de succión	Pa/m	1675	1617	1565	1517	1473	1432	1395
Caída de presión con respecto a la referencia		81,6 %	78,8 %	76,3 %	73,9 %	71,8 %	69,8 %	68,0 %
Punto de rocío del condensador	°C	60,6	60,8	61,0	61,1	61,1	61,2	61,2
Punto de ebullición del condensador	°C	49,4	49,2	49,0	48,9	48,9	48,8	48,8
Temperatura del líquido de salida del condensador	°C	44,4	44,2	44,0	43,9	43,9	43,8	43,8
Temperatura media del condensador	°C	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	K	11,3	11,7	12,0	12,2	12,3	12,3	12,3

Tabla 25: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-1270/R-1234ze(E) que contienen R-744 al 4 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /propileno/HFC1234ze(E)		4/2/94	4/3/93	4/4/92	4/5/91	4/6/90	4/7/89
COP		2,54	2,54	2,54	2,53	2,53	2,53
COP con respecto a Referencia		103,9 %	103,9 %	103,8 %	103,8 %	103,7 %	103,6 %
Capacidad volumétrica	kJ/m ³	1943	1995	2044	2092	2138	2183
Capacidad con respecto a la Referencia		106,1 %	108,9 %	111,6 %	114,2 %	116,8 %	119,2 %
Efecto de refrigeración	kJ/kg	140,3	141,7	143,0	144,2	145,4	146,5
Relación de presión		5,21	5,17	5,13	5,09	5,05	5,01
Flujo de masa refrigerante	kg/h	166,7	165,2	163,7	162,3	161,0	159,7
Temperatura de descarga del compresor	°C	88,0	88,3	88,6	88,8	89,0	89,2
Presión de entrada del evaporador	kilopascal	296	306	315		333	342
Presión de entrada del condensador	kilopascal	1540	1580	1620	1650	1680	1710
Temperatura de entrada del evaporador	°C	-0,7	-1,0	-1,2	-1,4	-1,6	-1,8
Punto de rocío del evaporador	°C	4,7	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8
Temperatura del gas de salida del evaporador	°C	14,7	15,0	15,2	15,4	15,6	15,8
Temperatura media del evaporador	°C	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	K	5,4	5,9	6,4	6,8	7,2	7,6
Presión de succión del compresor	kilopascal	296	306	315	324	333	342
Presión de descarga del compresor	kilopascal	1540	1580	1620	1650	1680	1710
Caída de presión de la línea de succión	Pa/m	1569	1518	1471	1428	1389	1353
Caída de presión con respecto a la referencia		76,5 %	74,0 %	71,7 %	69,6 %	67,7 %	65,9 %
Punto de rocío del condensador	°C	61,8	62,0	62,1	62,1	62,1	62,1
Punto de ebullición del condensador	°C	48,2	48,0	47,9	47,9	47,9	47,9
Temperatura del líquido de salida del condensador	°C	43,2	43,0	42,9	42,9	42,9	42,9
Temperatura media del condensador	°C	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	K	13,6	13,9	14,1	14,2	14,3	14,3

Tabla 26: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-1270/R-1234ze(E) que contienen R-744 al 5 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /propileno/HFC1234ze(E)		5/2/93	5/3/92	5/4/91	5/5/90	5/6/89
COP		2,54	2,54	2,53	2,53	2,53
COP con respecto a Referencia		103,8 %	103,8 %	103,7 %	103,7 %	103,6 %
Capacidad volumétrica	kJ/m ³	2040	2092	2141	2189	2235
Capacidad con respecto a la Referencia		111,4 %	114,2 %	116,9 %	119,5 %	122,0 %
Efecto de refrigeración	kJ/kg	142,9	144,2	145,4	146,6	147,7
Relación de presión		5,25	5,21	5,17	5,13	5,08
Flujo de masa refrigerante	kg/h	163,7	162,3	160,9	159,6	158,4
Temperatura de descarga del compresor	°C	89,6	89,8	90,0	90,2	90,3
Presión de entrada del evaporador	kilopascal	309	319	328	338	347
Presión de entrada del condensador	kilopascal	1630	1660	1700	1730	1760
Temperatura de entrada del evaporador	°C	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1
Punto de rocío del evaporador	°C	5,3	5,5	5,7	5,9	6,1
Temperatura del gas de salida del evaporador	°C	15,3	15,5	15,7	15,9	16,1
Temperatura media del evaporador	°C	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	K	6,5	7,0	7,5	7,9	8,2
Presión de succión del compresor	kilopascal	309	319	328	338	347
Presión de descarga del compresor	kilopascal	1630	1660	1700	1730	1760
Caída de presión de la línea de succión	Pa/m	1474	1429	1387	1348	1313

Caída de presión con respecto a la referencia		71,9 %	69,6 %	67,6 %	65,7 %	64,0 %
Punto de rocío del condensador	°C	62,9	63,0	63,0	63,0	63,0
Punto de ebullición del condensador	°C	47,1	47,0	47,0	47,0	47,0
Temperatura del líquido de salida del condensador	°C	42,1	42,0	42,0	42,0	42,0
Temperatura media del condensador	°C	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	K	15,7	15,9	16,1	16,1	16,1

Tabla 27: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-290/R-1234ze(E) que contienen R-744 al 2 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /propano/HFC1234ze(E)		2/2/96	2/3/95	2/4/94	2/5/93	2/6/92	2/7/91	2/8/90
COP		2,54	2,53	2,53	2,53	2,52	2,52	2,52
COP con respecto a Referencia		103,9 %	103,7 %	103,6 %	103,4 %	103,3 %	103,1 %	103,0 %
Capacidad volumétrica	kJ/m ³	1758	1808	1856	1902	1946	1988	2028
Capacidad con respecto a la Referencia		96,0 %	98,7 %	101,3 %	103,9 %	106,3 %	108,5 %	110,7 %
Efecto de refrigeración	kJ/kg	133,9	134,9	135,9	136,7	137,5	138,3	139,0
Relación de presión		5,08	5,06	5,03	4,99	4,95	4,91	4,87
Flujo de masa refrigerante	kg/h	174,8	173,4	172,2	171,1	170,1	169,2	168,4
Temperatura de descarga del compresor	°C	84,5	84,7	84,9	85,1	85,1	85,2	85,2
Presión de entrada del evaporador	kilopascal	273	282	291	300	309	318	327
Presión de entrada del condensador	kilopascal	1390	1430	1460	1500	1530	1560	1590
Temperatura de entrada del evaporador	°C	0,3	0,0	-0,3	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2
Punto de rocío del evaporador	°C	3,7	4,0	4,3	4,6	4,8	5,0	5,2
Temperatura del gas de salida del evaporador	°C	13,7	14,0	14,3	14,6	14,8	15,0	15,2
Temperatura media del evaporador	°C	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	K	3,5	4,1	4,6	5,2	5,6	6,0	6,3
Presión de succión del compresor	kilopascal	273	282	291	300	309	318	327
Presión de descarga del compresor		1390	1430	1460	1500	1530	1560	1590
Caída de presión de la línea de succión	Pa/m	1798	1737	1683	1635	1591	1551	1515
Caída de presión con respecto a la referencia		87,6 %	84,7 %	82,0 %	79,7 %	77,5 %	75,6 %	73,8 %
Punto de rocío del condensador	°C	59,5	59,8	60,0	60,1	60,2	60,2	60,1
Punto de ebullición del condensador	°C	50,5	50,2	50,0	49,9	49,8	49,8	49,9
Temperatura del líquido de salida del condensador	°C	45,5	45,2	45,0	44,9	44,8	44,8	44,9

ES 2 546 062 T3

Temperatura media del condensador	°C	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Condensador (entrada-salida)	K	9,0	9,6	10,0	10,2	10,3	10,4	10,3

Tabla 28: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-290/R-1234ze(E) que contienen R-744 al 3 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /propano/HFC1234ze(E)		3/2/95	3/3/94	3/4/93	3/5/92	3/6/91	3/7/90	3/8/89
COP		2,53	2,53	2,53	2,52	2,52	2,51	2,51
COP con respecto a Referencia		103,7 %	103,5 %	103,4 %	103,2 %	103,1 %	102,9 %	102,8 %
Capacidad volumétrica	kJ/m ³	1851	1902	1950	1996	2040	2082	2121
Capacidad con respecto a la Referencia		101,1 %	103,8 %	106,5 %	109,0 %	111,4 %	113,7 %	115,8 %
Efecto de refrigeración	kJ/kg	136,8	137,8	138,6	139,4	140,2	140,8	141,5
Relación de presión		5,16	5,13	5,10	5,05	5,01	4,97	4,92
Flujo de masa refrigerante	kg/h	171,0	169,8	168,8	167,8	167,0	166,1	165,4
Temperatura de descarga del compresor	°C	86,3	86,5	86,6	86,7	86,7	86,7	86,7
Presión de entrada del evaporador	kilopascal	285	294	304	313	322	331	340
Presión de entrada del condensador	kilopascal	1470	1510	1550	1580	1620	1650	1680
Temperatura de entrada del evaporador	°C	-0,3	-0,6	-0,8	-1,1	-1,3	-1,5	-1,6
Punto de rocío del evaporador	°C	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,5	5,6
Temperatura del gas de salida del evaporador	°C	14,3	14,6	14,8	15,1	15,3	15,5	15,6
Temperatura media del evaporador	°C	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	K	4,5	5,1	5,7	6,2	6,6	6,9	7,2
Presión de succión del compresor	kilopascal	285	294	304	313	322	331	340
Presión de descarga del compresor	kilopascal	1470	1510	1550	1580	1620	1650	1680
Caída de presión de la línea de succión	Pa/m	1679	1626	1578	1535	1496	1461	1429
Caída de presión con respecto a la referencia		81,8 %	79,2 %	76,9 %	74,8 %	72,9 %	71,2 %	69,6 %
Punto de rocío del condensador	°C	60,8	61,1	61,2	61,3	61,3	61,2	61,2
Punto de ebullición del condensador	°C	49,2	48,9	48,8	48,7	48,7	48,8	48,8
Temperatura del líquido de salida del condensador	°C	44,2	43,9	43,8	43,7	43,7	43,8	43,8
Temperatura media del condensador	°C	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	K	11,7	12,1	12,4	12,5	12,5	12,4	12,3

Tabla 29: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-290/R-1234ze(E) que contienen R-744 al 4 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /propano/HFC1234ze(E)		4/2/94	4/3/93	4/4/92	4/5/91	4/6/90	4/7/89
COP		2,53	2,53	2,52	2,52	2,51	2,51
COP con respecto a Referencia		103,6 %	103,4 %	103,3 %	103,1 %	102,9 %	102,8 %
Capacidad volumétrica	kJ/m ³	1947	1998	2046	2092	2136	2177
Capacidad con respecto a la Referencia		106,3 %	109,1 %	111,7 %	114,2 %	116,6 %	118,9 %
Efecto de refrigeración	kJ/kg	139,6	140,5	141,3	142,0	142,6	143,3
Relación de presión		5,23	5,19	5,15	5,10	5,06	5,01
Flujo de masa refrigerante	kg/h	167,6	166,6	165,7	164,8	164,1	163,3
Temperatura de descarga del compresor	°C	87,9	88,1	88,1	88,2	88,2	88,2
Presión de entrada del evaporador	kilopascal	298	307	317	327	336	345
Presión de entrada del condensador	kilopascal	1550	1590	1630	1670	1700	1730
Temperatura de entrada del evaporador	°C	-0,8	-1,1	-1,4	-1,6	-1,8	-1,9
Punto de rocío del evaporador	°C	4,8	5,1	5,4	5,6	5,8	5,9
Temperatura del gas de salida del evaporador	°C	14,8	15,1	15,4	15,6	15,8	15,9
Temperatura media del evaporador	°C	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	K	5,6	6,2	6,7	7,2	7,5	7,9
Presión de succión del compresor	kilopascal	298	307	317	327	336	345
Presión de descarga del compresor	kilopascal	1550	1590	1630	1670	1700	1730
Caída de presión de la línea de succión	Pa/m	1573	1525	1483	1445	1410	1379
Caída de presión con respecto a la referencia		76,7 %	74,3 %	72,3 %	70,4 %	68,7 %	67,2 %
Punto de rocío del condensador	°C	62,0	62,2	62,3	62,3	62,3	62,2
Punto de ebullición del condensador	°C	48,0	47,8	47,7	47,7	47,7	47,8
Temperatura del líquido de salida del condensador	°C	43,0	42,8	42,7	42,7	42,7	42,8
Temperatura media del condensador	°C	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	K	14,0	14,4	14,5	14,6	14,5	14,4

Tabla 30: Datos de rendimiento teórico de mezclas de R-744/R-290/R-1234ze(E) que contienen R-744 al 5 %

Porcentaje en peso de la composición CO ₂ /propano/HFC1234ze(E)		5/2/93	5/3/92	5/4/91	5/5/90	5/6/89
COP		2,53	2,52	2,52	2,52	2,51
COP con respecto a Referencia		103,5 %	103,3 %	103,2 %	103,0 %	102,8 %
Capacidad volumétrica	kJ/m ³	2044	2096	2144	2190	2233
Capacidad respecto a la Referencia		111,6 %	114,4 %	117,1 %	119,6 %	121,9 %
Efecto de refrigeración	kJ/kg	142,2	143,0	143,7	144,4	145,0
Relación de presión		5,27	5,23	5,19	5,14	5,09
Flujo de masa refrigerante	kg/h	164,6	163,7	162,8	162,1	161,4
Temperatura de descarga del compresor	°C	89,4	89,5	89,6	89,6	89,6
Presión de entrada del evaporador	kilopascal	311	321	331	340	350

ES 2 546 062 T3

Presión de entrada del condensador	kilopascal	1640	1680	1720	1750	1780
Temperatura de entrada del evaporador	°C	-1,3	-1,6	-1,9	-2,1	-2,3
Punto de rocío del evaporador	°C	5,3	5,6	5,9	6,1	6,3
Temperatura del gas de salida del evaporador	°C	15,3	15,6	15,9	16,1	16,3
Temperatura media del evaporador	°C	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Deslizamiento del evaporador(salida-entrada)	K	6,7	7,2	7,7	8,2	8,5
Presión de succión del compresor	kilopascal	311	321	331	340	350
Presión de descarga del compresor	kilopascal	1640	1680	1720	1750	1780
Caída de presión de la línea de succión	Pa/m	1477	1435	1397	1363	1333
Caída de presión con respecto a la referencia		72,0 %	69,9 %	68,1 %	66,4 %	64,9 %
Punto de rocío del condensador	°C	63,1	63,2	63,2	63,2	63,2
Punto de ebullición del condensador	°C	46,9	46,8	46,8	46,8	46,8
Temperatura del líquido de salida del condensador	°C	41,9	41,8	41,8	41,8	41,8
Temperatura media del condensador	°C	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Deslizamiento del condensador(entrada-salida)	K	16,2	16,4	16,5	16,4	16,3

El rendimiento de una composición que contiene el 6 % en peso de CO₂, el 10 % en peso de R-134a y el 84 % en peso de R-1234ze(E) se probaron en un sistema de aire acondicionado de automoción adecuado para su uso con R-134a. Esta composición se denota como "Mezcla" en los resultados mezclados a continuación.

5 Las condiciones de prueba usadas se describen en la Norma J2765 SAE, que se incorpora en la presente memoria como referencia. Estas condiciones se resumen a continuación.

- Acondicionamiento ambiental del aire a 35 °C y humedad relativa del 40 % (HR)
- 10 • Temperatura del aire del evaporador controlada a 3 °C
- Desplazamiento variable del compresor de 0-175cc por apoplejía
- Se reemplazó la válvula de expansión convencional R-134a por una válvula de expansión electrónica para facilitar el ajuste de sobrecalentamiento
- 15 • Sistema usado sin intercambiador de calor interno y con sobrecalentamiento equivalente en la salida del evaporador para todos los fluidos

Los resultados se muestran a continuación, en los que I, L, M y H se refieren a velocidad al ralentí, baja, media y alta, y en el que 35 y 45 se refieren a la temperatura ambiente en °C.

Capacidad de refrigeración medida (kW)		Respecto a R-134a	
Punto de prueba	R134a	Mezcla	Mezcla
I35	4,67	4,5	96 %
L35	5,86	5,66	97 %
M35	6,43	6,18	96 %
H35	6,65	6,5	98 %
I45	3,81	3,64	96 %
L45	4,76	4,61	97 %
M45	5,2	5,05	97 %
H45	5,41	5,33	99 %

Eficiencia de energía medida (expresada como COP)			COP respecto a R-134a	
Punto de prueba	R134a	Mezcla	Mezcla	
I35	2,87	2,62	91 %	
L35	1,98	1,89	95 %	
M35	1,79	1,7	95 %	
H35	1,4	1,36	97 %	
I45	2,3	2,18	95 %	
L45	1,64	1,62	99 %	
M45	1,48	1,45	98 %	
H45	1,18	1,16	98 %	

La composición de la mezcla de invención representa una buena partida de capacidad y eficiencia para R-134a en un sistema de aire acondicionado R-134a a través de un intervalo de condiciones.

5

Datos de Miscibilidad

La miscibilidad de una composición de la invención que contiene aproximadamente 6 % en peso de CO₂, aproximadamente 10 % en peso de R- 134a y aproximadamente 84 % en peso de R-1234ze(E) (denominado a continuación como Mezcla) se probaron con el lubricante YN12 de polialquilenglicol (PAG) y el lubricante 32H de poliéster (POE). Los resultados de estos experimentos se compararon con la miscibilidad de R-1234yf puro con los mismos lubricantes. Los resultados se muestran a continuación.

10

Resultados de la miscibilidad para la Mezcla con 32H

Temperatura °C	% en peso de la concentración de lubricante					
	4	7	10	20	30	50
-20	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible
-10	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible
0	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible
10	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible
20	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible
30	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible
40	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible
50	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible
60	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible
70	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible
80	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible

15

Resultados de la miscibilidad para 1234yf con 32H

Temperatura °C	% en peso de la concentración de lubricante					
	4	7	10	20	30	50
-20	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible
-10	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible
0	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible	miscible
10	ligeramente opaca	ligeramente opaca	miscible	miscible	miscible	miscible
20	ligeramente opaca	ligeramente opaca	miscible	miscible	miscible	miscible
30	ligeramente opaca	ligeramente opaca	miscible	miscible	miscible	miscible
40	ligeramente opaca	ligeramente opaca	miscible	miscible	miscible	miscible
50	ligeramente opaca	ligeramente opaca	miscible	miscible	ligeramente opaca	ligeramente opaca
60	ligeramente opaca	ligeramente opaca	miscible	miscible	ligeramente opaca	ligeramente opaca
70	ligeramente opaca	ligeramente opaca	miscible	miscible	ligeramente opaca	ligeramente opaca
80	miscible	ligeramente opaca	miscible	2 capas opacas	2 capas opacas	opaca

Resultados de la miscibilidad para la Mezcla con YN12

Temp. grados °C	% en peso de la concentración de lubricante					
	4	7	10	20	30	50
-20	opaca	opaca	opaca	opaca	opaca	opaca
-10	opaca	opaca	opaca	opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca
0	opaca	opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca
10	opaca	opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca
20	opaca	opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca
30	ligeramente opaca	opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca
40	ligeramente opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca
50	muy ligeramente opaca	muy ligeramente opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca
60	muy ligeramente opaca	muy ligeramente opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca	ligeramente opaca
70	muy ligeramente opaca	muy ligeramente opaca	2 capas	2 capas	2 capas	ligeramente opaca
80	2 capas	2 capas	2 capas	2 capas	2 capas	2 capas

Resultados de la miscibilidad para 1234yf con YN12

Temperatura °C	% en peso de la concentración de lubricante					
	4	7	10	20	30	50
-20	opaca	opaca	2 capas	opaca	2 capas	2 capas
-10	ligeramente opaca	ligeramente opaca	2 capas	opaca	2 capas	2 capas
0	ligeramente opaca	opaca	2 capas	opaca	opaca	opaca
10	ligeramente opaca	opaca	2 capas opacas	2 capas opacas	2 capas opacas	2 capas opacas
20	opaca	2 capas ligeramente opacas	2 capas opacas	2 capas	2 capas opacas	2 capas opacas
30	opaca	opaca	2 capas opacas	2 capas	2 capas opacas	2 capas opacas
40	2 capas transparentes	2 capas transparentes	2 capas transparentes	2 capas	2 capas transparentes	2 capas transparentes
50	2 capas transparentes	2 capas transparentes	2 capas transparentes	2 capas	2 capas transparentes	2 capas transparentes
60	2 capas transparentes	2 capas transparentes	2 capas transparentes	2 capas	2 capas transparentes	2 capas transparentes
70	2 capas transparentes	2 capas transparentes	2 capas transparentes	2 capas	2 capas transparentes	2 capas transparentes
80	2 capas transparentes	2 capas transparentes	2 capas transparentes	2 capas	2 capas transparentes	2 capas transparentes

5 Los resultados muestran que las composiciones de la invención han mejorado la miscibilidad con lubricantes comparado con el fluido R-1234yf puro.

10 En resumen, la invención proporciona nuevas composiciones que muestran una combinación sorprendente de propiedades ventajosas que incluyen buen rendimiento de refrigeración, baja inflamabilidad, bajo GWP, y/o miscibilidad con lubricantes comparado con los refrigerantes existentes, tales como R-134a y el refrigerante propuesto R-1234yf.

La invención se define por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una composición de transferencia de calor que comprende al menos aproximadamente el 45 % en peso de *trans*-1,3,3,3-tetrafluoropropeno (R-1234ze(E)), de aproximadamente el 1 a aproximadamente el 10 % en peso de dióxido de carbono (R-744) y de aproximadamente el 2 a aproximadamente el 50 % en peso de 1,1,1,2-tetrafluoroetano (R-134a).
- 10 2. Una composición de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende de aproximadamente el 2 a aproximadamente el 7 % en peso de R-744.
- 15 3. Una composición de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2 que comprende de aproximadamente el 45 a aproximadamente el 96 % de R-1234ze(E), de aproximadamente el 2 a aproximadamente el 6 % en peso de R-744 y de aproximadamente el 2 a aproximadamente el 50 % en peso de R-134a.
- 20 4. Una composición de acuerdo con la reivindicación 3 que comprende de aproximadamente el 79 a aproximadamente el 96 % de R-1234ze(E), de aproximadamente el 2 a aproximadamente el 6 % en peso de R-744 y de aproximadamente el 2 a aproximadamente el 15 % en peso de R-134a.
- 25 5. Una composición de acuerdo con la reivindicación 4 que comprende de aproximadamente del 79 a aproximadamente el 90 % de R-1234ze(E), de aproximadamente el 4 a aproximadamente el 6 % en peso de R-744 y de aproximadamente el 6 a aproximadamente el 15 % en peso de R-134a.
- 30 6. Una composición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores que consiste esencialmente en R-1234ze(E), R-744 y R-134a.
- 35 7. Una composición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende adicionalmente pentafluoroetano (R-125).
8. Una composición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la composición es menos inflamable que el R-1234yf solo.
9. Una composición de acuerdo con la reivindicación 8, en donde la composición tiene:
 (a) un límite de inflamabilidad más alto;
 (b) una energía de ignición más alta; y/o
 (c) una velocidad de llama más baja
 comparado con el R-1234yf solo.
- 40 10. Una composición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la composición es no inflamable.
- 45 11. Una composición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores que tiene una relación de flúor (F/(F+H)) de aproximadamente 0,42 a aproximadamente 0,67.
- 50 12. Una composición que comprende un lubricante y una composición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
13. Una composición de acuerdo con la reivindicación 12, en la que el lubricante se selecciona entre aceite mineral, aceite de silicona, polialquilbencenos (PAB), poliolésteres (POE), polialquilenglicoles (PAG), polialquilenglicolésteres (ésteres PAG), poliviniléteres (PVE), poli(alfa-olefinas) y combinaciones de los mismos.
- 55 14. Una composición de acuerdo con las reivindicaciones 12 o 13 que comprende adicionalmente un estabilizador, preferentemente en la que el estabilizador se selecciona entre compuestos basados en dieno, fosfatos, compuestos de fenol y epóxidos y mezclas de los mismos.
- 60 15. Una composición que comprende un retardante de llama y una composición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el retardante de llama se selecciona entre el grupo que consiste en tri-(2-cloroetil)-fosfato, (cloropropil)fosfato, tri-(2,3-dibromopropil)-fosfato, tri-(1,3-dicloropropil)-fosfato, diamonifosfato, diversos compuestos aromáticos halogenados, óxido de antimonio, trihidrato de aluminio, cloruro de polivinilo, un yodocarburo fluorinado, un bromocarburo fluorinado, trifluoro yodometano, aminas perfluoroalquilo, aminas bromo-fluoroalquilo y mezclas de los mismos.
- 65 16. Un dispositivo de transferencia de calor que contiene una composición como se ha definido en cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
17. Un dispositivo de transferencia de calor de acuerdo con la reivindicación 16, en donde el dispositivo de

transferencia de calor es un dispositivo de refrigeración o un sistema de aire acondicionado.

- 5 18. Un dispositivo de transferencia de calor de acuerdo con las reivindicaciones 16 o 17, en donde el dispositivo de transferencia de calor se selecciona entre el grupo que consiste en sistemas de aire acondicionado de automoción, sistemas de aire acondicionado residenciales, sistemas de aire acondicionado comerciales, sistemas de refrigerador residenciales, sistemas de congelador residenciales, sistemas de refrigerador comerciales, sistemas de congelador comerciales, sistemas de aire acondicionado de máquina frigorífica, sistemas de refrigeración de máquina frigorífica y sistemas de bomba de calor comerciales o residenciales.
- 10 19. Un dispositivo de transferencia de calor de acuerdo con la reivindicación 17, en donde el dispositivo de transferencia de calor contiene un compresor.
- 15 20. Uso de una composición definida en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15 en un dispositivo de transferencia de calor.
- 20 21. Uso de acuerdo con la reivindicación 20, en la que el dispositivo de transferencia de calor es un dispositivo de refrigeración o un sistema de aire acondicionado.
- 25 22. Un método para refrigerar un artículo que comprende condensar una composición definida en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15 y a partir de entonces evaporar la composición en la proximidad del artículo que hay que refrigerar.
- 25 23. Un método para calentar un artículo que comprende condensar una composición como se ha definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15 en la proximidad del artículo que hay que calentar y a partir de entonces evaporar la composición.
- 30 24. Un dispositivo de generación de potencia mecánico que contiene una composición como se ha definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, preferentemente en donde el dispositivo de generación de potencia mecánico está adaptado para usar un Ciclo de Rankine o una modificación del mismo para generar trabajo a partir de calor.
- 35 25. Un método de reequipar un dispositivo de transferencia de calor que comprende la etapa de retirar un fluido de transferencia de calor existente e introducir una composición como se ha definido en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, preferentemente en donde el dispositivo de transferencia de calor es un dispositivo de refrigeración, preferentemente en donde el dispositivo de transferencia de calor es un sistema de aire acondicionado.
- 40 26. Un método para reducir el impacto ambiental resultante a partir del uso de un producto que comprende un compuesto o una composición existentes, el método comprende reemplazar al menos parcialmente el compuesto o la composición existentes con una composición como se ha definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, preferentemente en el que el producto se selecciona entre un dispositivo de transferencia de calor o un dispositivo de generación de potencia mecánico, preferentemente en el que el producto es un dispositivo de transferencia de calor, preferentemente en el que el compuesto o composición existente es una composición de transferencia de calor, preferentemente en el que la composición de transferencia de calor es un refrigerante seleccionado entre R-134a, R-1234yf y R-152a.
- 45 27. Una método para preparar una composición como se ha definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, y/o un dispositivo de transferencia de calor como se ha definido en una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 19, conteniendo la composición o el dispositivo de transferencia de calor R-134a, comprendiendo el método introducir R-1234ze(E), R-744 y opcionalmente R-125, un lubricante, un estabilizador y/o un retardante de llama, en un dispositivo de transferencia de calor que contiene un fluido de transferencia de calor existente que es R-134a,
- 50 comprendiendo preferentemente la etapa de retirada de al menos algunos de los R-134a existentes del dispositivo de transferencia de calor antes de introducir el R-1234ze(E), R-744 y opcionalmente el R-125, el lubricante, el estabilizador y/o el retardante de llama.

COP de mezclas de CO₂/R134a/R1234ze

la leyenda muestra el contenido de CO₂ (p/p)

