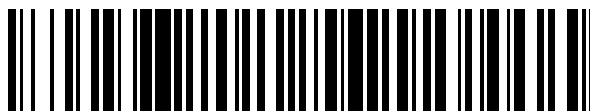


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 532 206**

51 Int. Cl.:

F28D 15/02 (2006.01)

F25D 3/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2011 E 11723574 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.12.2014 EP 2577191**

54 Título: **Procedimiento e instalación de enfriamiento criogénico usando CO₂ líquido y empleando dos intercambiadores en serie**

30 Prioridad:

03.06.2010 FR 1054342

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.03.2015

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES
GEORGES CLAUDE (100.0%)
75, Quai d'Orsay
75007 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**PATHIER, DIDIER;
DUBREUIL, THIERRY y
YOUBI-IDRISSI, MOHAMMED**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 532 206 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

Procedimiento e instalación de enfriamiento criogénico usando CO₂ líquido y empleando dos intercambiadores en serie

La presente invención se refiere al campo de los procesos de enfriamiento que usan CO₂.

5 Como se sabe, la utilización de CO₂ en tales procesos de enfriamiento es muy ventajosa puesto que este fluido presenta una fase sólida a -80°C a presión atmosférica, que permite usar para ciertas aplicaciones hielo seco, hielo muy eficaz en particular para aportar frío de manera localizada sin ninguna instalación frigorífica. Existen numerosas aplicaciones del CO₂ sólido, como por ejemplo las bolsas de hielo carbónico cargadas en los contenedores de transporte de productos alimentarios o farmacéuticos, o incluso las utilizaciones para el mantenimiento en frío de las
10 comidas en el campo del transporte aéreo.

Sin embargo, cuando este gas se utiliza en intercambiadores de calor (inyección « indirecta »), típicamente de tubos o de placas, esta ventaja se transforma en inconveniente porque la aparición intempestiva de la forma sólida del CO₂ (nieve carbónica) en un intercambiador conduce muy rápidamente a la obstrucción del mismo. El documento D1 = EP-1 659 355 ilustra el estado de la técnica de tales implementaciones según el preámbulo de la reivindicación de
15 proceso 1 y una instalación según el preámbulo de la reivindicación 6.

Para evitar este inconveniente de paso a la fase sólida, se pretende evitar por tanto que aparezca la fase sólida del CO₂, y se favorecen por tanto las condiciones que permiten que el CO₂ permanezca en forma líquida o gaseosa en el conjunto de intercambiador.

20 Para que el intercambio térmico se realice permaneciendo en fase líquida y gaseosa (vaporización del CO₂ líquido sin riesgo de que se forme CO₂ sólido), la presión en el tubo debe mantenerse a un valor superior a la presión teórica de 5,18 bar correspondiente a la presión del punto triple de este fluido. En la práctica, de alguna manera el sistema se mantiene a una presión de 6 a 7 bar, manteniendo así un margen de seguridad de 0,82 a 1,82 bar.

Mientras que la temperatura de sublimación del CO₂ sólido a presión atmosférica es de -80°C, el hecho de mantener la presión en el intercambiador a 6 bar relativos aumenta la temperatura de vaporización a aproximadamente -50°C.

25 Por otro lado, el hecho de realizar el intercambio térmico a 6 bar y no a presión atmosférica, disminuye ligeramente la capacidad frigorífica del CO₂. En efecto, cuando un kilogramo de CO₂ extraído de un almacenamiento, por ejemplo en condiciones convencionales de tipo 20 bar absolutos / -20°C, entra en un intercambiador, libera 277,97 kJ/kg si se propulsa a -50°C en forma gaseosa a 6 bar relativos, mientras que para la misma cantidad de CO₂, libera 292,6 kJ/kg cuando se propulsa a -50°C a presión atmosférica, con una ganancia del 5%.

30 A modo de ejemplo, se han encontrado aplicaciones de utilización del CO₂ propulsado a 6 bar después de pasar por un intercambiador en el transporte refrigerado en camión, aunque igualmente en túneles o cámaras de ultracongelación; cuando un intercambiador de calor se alimenta con CO₂ líquido que se evapora en este intercambiador, extrae el calor del medio a enfriar y produce así el frío deseado; la transferencia del frío a los productos pasa por un intercambio con el aire interno del túnel, de la cámara o del camión mediante medios de
35 ventilación asociados a cada intercambiador.

Por lo tanto, se entiende que sería interesante poder proponer una solución técnica que permita realizar el intercambio térmico en un intercambiador de tipo de tubos o placas (intercambio indirecto), para aquellas temperaturas del intercambiador no obstante bajas (típicamente -50°C), por supuesto sin poner en riesgo la formación de nieve y sin perder la capacidad calorífica del CO₂ después de su expansión a 6 bar a presión
40 atmosférica.

Como se verá con más detalle más adelante, la presente invención propone una nueva solución de intercambio cuyas principales características pueden resumirse de la siguiente manera:

45 - la solución propuesta aquí reside en la configuración de intercambiador adoptada, donde el intercambiador, que puede ser por ejemplo de tipo de tubos o placas, está constituido por dos intercambiadores montados en serie;

- el primer intercambiador puede alimentarse con CO₂ líquido (por ejemplo en condiciones convencionales del tipo -20°C/20 bar), encontrándose el líquido, antes de llegar al primer intercambiador, un expansor termostático o un conjunto de sonda de temperatura/regulador/válvula, u otro medio que permita ajustar el caudal de CO₂ que alcanza el 1^{er} intercambiador a las necesidades térmicas en juego, es decir, controlar un
50 sobrecalentamiento, en otras palabras, una diferencia de temperatura entre la temperatura correspondiente a la presión de vapor saturante (por ejemplo 6 bar, -53,1°C) y por ejemplo -50°C, que corresponde a 3,1° de sobrecalentamiento;

- manteniendo en este primer intercambiador una presión superior a 5,18 bar relativos, es decir, la temperatura de cambio de fase del CO₂ (y se evita así la formación de nieve), se podrán mantener, por

ejemplo, 6 bar absolutos gracias a un regulador o un conjunto de detector de presión/regulador/válvula, colocado a la salida de este primer intercambiador;

- esta disposición permite asegurar que el CO₂ está presente en el primer intercambiador en una forma estrictamente difásica líquido/gas, sin que en ningún momento las condiciones utilizadas permitan la formación de sólido;

- la temperatura mínima obtenida en este primer intercambiador es entonces cercana a -50°C;

- según uno de los modos de realización, el regulador a la salida del primer intercambiador va precedido de un separador de fases para evitar cualquier salida de líquido del primer intercambiador.

Este regulador así como la salida del primer intercambiador pueden estar instalados en la parte superior en la instalación general, para evitar las salidas de líquido, pero las configuraciones donde los dos intercambiadores están en el mismo plano son perfectamente posibles.

La presencia opcional del separador mencionado anteriormente ayuda a reforzar la fiabilidad del sistema. Evita el suministro de líquido al regulador y, por lo tanto, la formación de nieve y la obstrucción del mismo.

- En resumen, el CO₂ líquido se vaporiza en este primer intercambiador y el gas formado en el intercambiador, por ejemplo a 6 bar, se libera en el segundo intercambiador;

- este segundo intercambiador está a presión atmosférica (y, en todo caso, a una presión inferior a la del punto triple del fluido), el gas pasa mientras entra en este segundo intercambiador de 6 bar (o de la presión mantenida más generalmente en el primer intercambiador) a la presión atmosférica (o, en todo caso, a una presión comprendida entre el punto triple del fluido y la presión atmosférica), produciendo frío, en concreto una temperatura comprendida típicamente entre -60°C y -70°C;

- y este es el mérito de la presente invención, puesto que en el segundo intercambiador se utiliza entonces este frío, producido por la expansión a presión atmosférica, y se utiliza entonces toda la energía contenida en el CO₂.

La presente invención se refiere entonces a un proceso que utiliza CO₂ líquido como fluido criogénico para transferir frigorías a los productos, proceso del tipo denominado de inyección indirecta donde el CO₂ líquido es enviado a un sistema de intercambiador térmico donde se evapora, la transferencia de frío a los productos pasa por un intercambio entre la atmósfera que rodea los productos y las paredes frías del intercambiador térmico, estando constituido el sistema de intercambiador por dos intercambiadores montados en serie, caracterizado por que el primer intercambiador se mantiene a una presión superior a la presión del punto triple del CO₂ y el segundo intercambiador se mantiene a presión atmosférica o a una presión comprendida entre el punto triple del fluido y la presión atmosférica.

La presente invención se refiere igualmente a una instalación de transferencia de frigorías a productos que utiliza CO₂ líquido, utilizando la instalación un proceso del tipo denominado de inyección indirecta y que comprende:

- un sistema de intercambiador térmico capaz de hacer circular el CO₂ líquido; y

- medios de ventilación asociados al sistema de intercambiador térmico, capaces de poner en contacto la atmósfera que rodea los productos con las paredes frías del sistema de intercambiador térmico,

- utilizando la instalación las siguientes medidas:

- el sistema de intercambiador está constituido por dos intercambiadores montados en serie;

- la instalación comprende, aguas arriba de la entrada del primer intercambiador, un medio capaz de ajustar el caudal de CO₂ y de controlar el nivel de sobrecalentamiento con relación con la temperatura correspondiente a la presión de vapor saturante, tal como un expansor termostático o un conjunto de sonda de temperatura/regulador/válvula;

- caracterizado por que la instalación comprende un medio para mantener en el primer intercambiador una presión superior a la presión del punto triple del CO₂, preferiblemente un regulador o un conjunto de detector de presión/regulador/válvula,

- el segundo intercambiador está a presión atmosférica o a una presión comprendida entre el punto triple del fluido y la presión atmosférica.

Por lo tanto, la instalación comprende, si fuera apropiado, un medio para mantener en el segundo intercambiador la presión atmosférica o una presión comprendida entre el punto triple del fluido y la presión atmosférica.

Otras características y ventajas de la presente invención resultarán más evidentes en la siguiente descripción,

realizada a título ilustrativo pero no limitativo, hecha en relación con las figuras 1 y 2 adjuntas que son representaciones esquemáticas parciales de instalaciones conformes a la invención, mostrando la figura 3 el perfil de temperatura esperado en el conjunto de intercambiador, en el lado del CO₂ y del fluido termoportador (aire).

Se reconoce en la figura 1 la presencia de los siguientes elementos y, por lo tanto, la trayectoria seguida por el CO₂, en sus diferentes fases, en esta instalación:

- el primer intercambiador puede alimentarse con CO₂ líquido (por ejemplo en condiciones convencionales del tipo -20°C/20 bar), encontrándose el líquido, antes de llegar al primer intercambiador, un expansor termostático (aguas abajo del punto 1) u otro medio que permita ajustar el caudal de CO₂ que alcanza el 1^{er} intercambiador a las necesidades térmicas en juego, es decir, controlar un sobrecalentamiento, en otras palabras, una diferencia de temperatura entre la temperatura correspondiente a la presión de vapor saturante (por ejemplo 6 bar, -53,1 °C) y por ejemplo -50°C, que corresponde a 3,1°C de sobrecalentamiento.

Aguas abajo del punto 2 el fluido entra en el 1^{er} intercambiador.

- manteniendo en este primer intercambiador una presión superior a 5,18 bar relativos, la temperatura de cambio de fase del CO₂ (que permite así evitar la formación de nieve), gracias al regulador colocado a la salida de este primer intercambiador en la figura (regulador colocado entre los puntos 3 y 4);

- esta disposición permite asegurar que el CO₂ está presente en el primer intercambiador en una forma estrictamente difásica líquido/gas, sin que en ningún momento las condiciones utilizadas permitan la formación de sólido;

- la temperatura mínima obtenida en este primer intercambiador es entonces de -50°C;

- en el modo de realización aquí ilustrado, el regulador a la salida del primer intercambiador va precedido de un separador de fases (entre los puntos 3' y 3) para evitar cualquier salida de líquido del primer intercambiador. Para este modo de realización, tanto el regulador como la salida del primer intercambiador están instalados en la parte superior en la instalación general, para evitar las salidas de líquido.

- a la salida del punto 4 y, por lo tanto, del regulador, el gas entra en el segundo intercambiador, y vuelve a salir en el punto 5.

La tabla a continuación proporciona las propiedades termodinámicas del fluido en los diferentes puntos de la figura 1 y permite demostrar sin ambigüedad las ventajas de la invención en términos de rendimiento frigorífico. La tabla ilustra en particular varias condiciones de temperatura a las salidas de los intercambiadores.

Y para demostrar el interés de la presente invención, se compara exactamente la eficacia energética de un sistema que no utiliza la invención y de un sistema que utiliza la presente invención, en el caso en el que la temperatura final en el intercambiador es de -25°C y en el caso en el que la temperatura final en el intercambiador es de -5°C.

Considerando el 1^{er} caso (la temperatura final en el intercambiador es de - 25°C):

- El caso de un sistema que utiliza un único intercambiador: 1 kg de CO₂ libera 457 - 154,5 = 302,5 kJ

- El caso de un sistema que utiliza dos intercambiadores según la invención: 1 kg de CO₂ libera 464,5 - 154,5 = 310 kJ; o bien una ganancia energética del 2,5%.

Segundo caso de ilustración, en el que la temperatura final del intercambiador es de -5°C:

- El caso de un sistema que utiliza un único intercambiador: 1 kg de CO₂ libera 474,6 - 154,5 = 320,1 kJ

- El caso de un sistema que utiliza dos intercambiadores según la invención: 1 kg de CO₂ libera 480,8 - 154,5 = 326,3 kJ; o bien una ganancia del 1,9%.

Tabla 1

Punto en la figura	T (°C)	P (bar abs) _i	H (kJ/kg)
1	-20,0	19,7	154,5
2	-53,1	6	154,5
3'	-53,1	6	431,6
3	-50,0	6	434,5
3 normal	-25,0	6,0	457,0
3 normal	-5,0	6,0	474,6
4	-63,1	1	434,5
5	-25,0	1	464,5
5	-5,0	1	480,8

5 Y el perfil de temperatura esperado en el intercambiador en el lado del CO₂ y del fluido termoportador (por ejemplo aire para una aplicación de transporte de productos congelados) observado en figura 3 demuestra que la presente invención tiene igualmente un impacto positivo sobre el perfil de temperatura en los intercambiadores: el hecho que la segunda etapa del intercambiador esté a presión atmosférica permite aprovechar un efecto criogénico como demuestran las curvas de esta figura 3.

10 Si la figura 1 presenta un primer ejemplo de modo de implementación de la invención, la figura 2 presenta otro, que no describiremos en detalle aquí, porque puede comprenderse a partir de su lectura, ilustra la variante que utiliza:

- aguas arriba del primer intercambiador no un expansor termostático sino un conjunto de un orificio calibrado y una válvula de temperatura controlada;
- a la salida de primer intercambiador la instalación no comprende un regulador sino que comprende un conjunto de detector de presión/regulador/válvula.

15

REIVINDICACIONES

1. Proceso que utiliza CO₂ líquido como fluido criogénico para transferir frigorías a productos, proceso del tipo denominado de inyección indirecta donde el CO₂ líquido se envía a un sistema de intercambiador térmico donde se evapora, pasando la transferencia de frío a los productos por un intercambio entre la atmósfera que rodea los productos y las paredes frías del intercambiador térmico, estando constituido el sistema de intercambiador por dos intercambiadores montados en serie, el segundo intercambiador (4/5) se mantiene a presión atmosférica o a una presión comprendida entre el punto triple del fluido y la presión atmosférica, caracterizado por que el primer intercambiador (2/3') se mantiene a una presión superior a la presión del punto triple del CO₂.
2. Proceso según la reivindicación 1, caracterizado de la siguiente manera:
 - se alimenta CO₂ líquido al primer intercambiador, encontrándose el líquido, antes de llegar al primer intercambiador, un medio (1/2) capaz de ajustar el caudal de CO₂ y de controlar el nivel de sobrecalentamiento con relación con la temperatura correspondiente a la presión de vapor saturante;
 - se mantiene en el primer intercambiador una presión superior a la presión del punto triple del CO₂;
 - se realiza la vaporización del CO₂ líquido en el primer intercambiador, y se dirige el gas así formado al segundo intercambiador, que lo mantiene a presión atmosférica o a una presión comprendida entre el punto triple del fluido y la presión atmosférica.
3. Proceso según la reivindicación 2, caracterizado por que dicho medio capaz de ajustar el caudal es un expansor termostático o un conjunto constituido por una sonda de temperatura, un regulador y una válvula.
4. Proceso según las reivindicaciones 2 o 3, caracterizado por que se mantiene en el primer intercambiador una presión superior a la presión del punto triple del CO₂ gracias a la presencia de un regulador (3/4) o de un conjunto constituido por un detector de presión, un regulador y una válvula, colocado a la salida de este primer intercambiador.
5. Proceso según la reivindicación 4, caracterizado por que el regulador a la salida del primer intercambiador va precedido de un separador de fases (3'/3).
6. Instalación de transferencia de frigorías a productos usando CO₂ líquido, utilizando la instalación un proceso del tipo denominado de inyección indirecta y que comprende:
 - un sistema de intercambiador térmico capaz de hacer circular el CO₂ líquido; y
 - medios de ventilación asociados al sistema de intercambiador térmico, capaces de poner en contacto la atmósfera que rodea los productos con las paredes frías del sistema de intercambiador térmico,utilizando la instalación las siguientes medidas:
 - el sistema de intercambiador está constituido por dos intercambiadores montados en serie (2/3', 4/5);
 - la instalación comprende, aguas arriba de la entrada del primer intercambiador, un medio (1/2) capaz de ajustar el caudal de CO₂ y de controlar el nivel de sobrecalentamiento con relación con la temperatura correspondiente a la presión de vapor saturante;
 - el segundo intercambiador está a presión atmosférica o a una presión comprendida entre el punto triple del fluido y la presión atmosférica, caracterizado por que la instalación comprende un medio para mantener en el primer intercambiador una presión superior a la presión del punto triple del CO₂.
7. Instalación según la reivindicación 6, caracterizada por que dicho medio capaz de ajustar el caudal es un expansor termostático o un conjunto constituido por una sonda de temperatura, un regulador y una válvula.
8. Instalación según la reivindicación 6 o 7, caracterizada por que dicho medio para mantener en el primer intercambiador una presión superior a la presión del punto triple del CO₂ es un regulador (3/4) o un conjunto constituido por un detector de presión, un regulador y una válvula, colocado a la salida de este primer intercambiador.
9. Instalación según una de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizada por que comprende un separador de fases (3'/3), intercalado aguas arriba del medio para mantener el primer intercambiador a una presión superior a la presión del punto triple del CO₂.

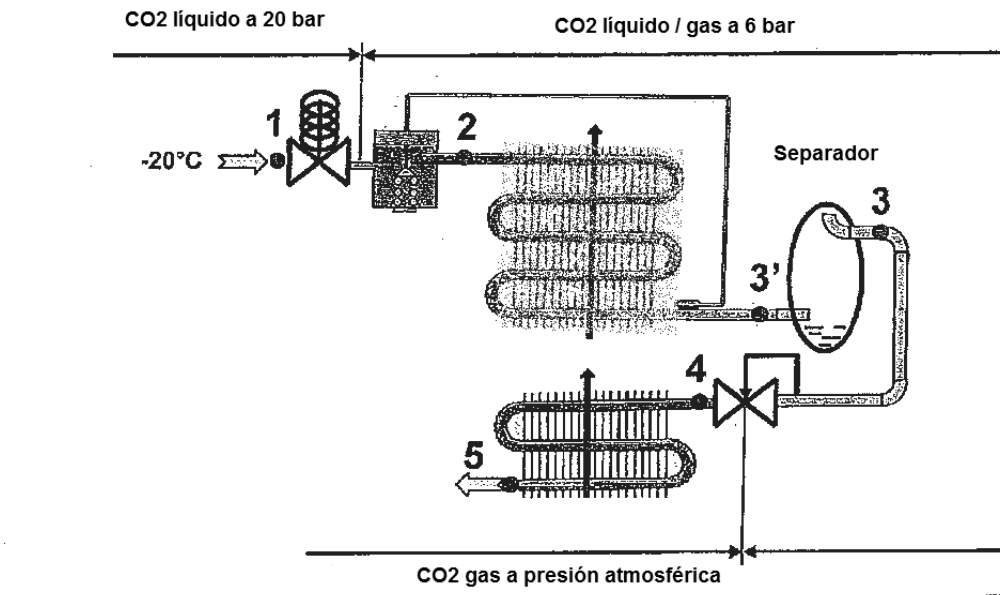


Figura 1

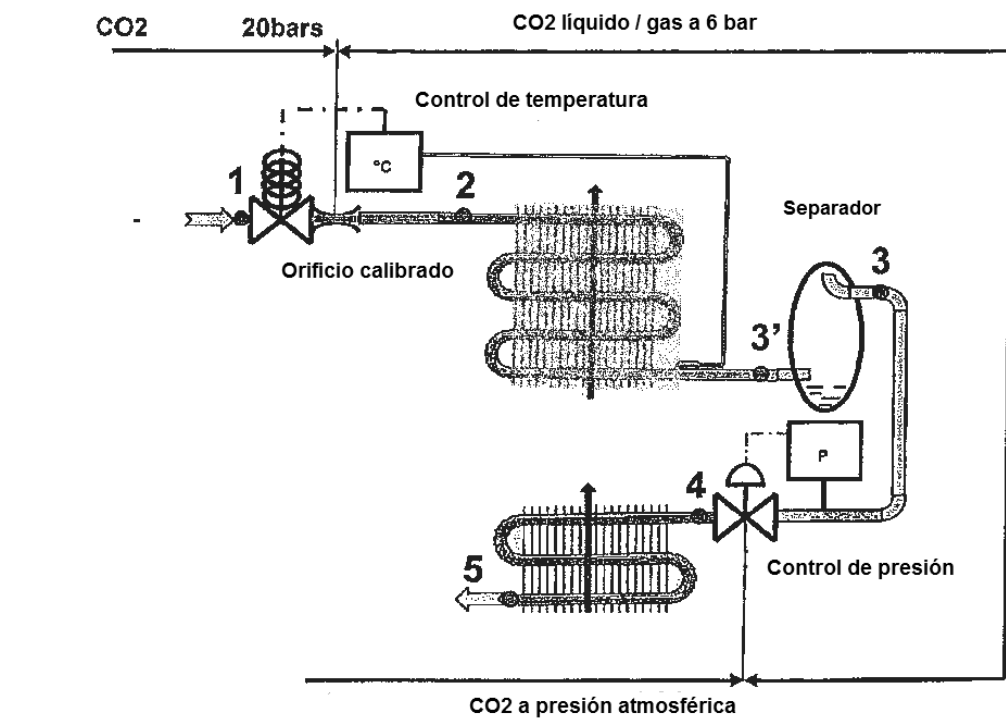


Figura 2

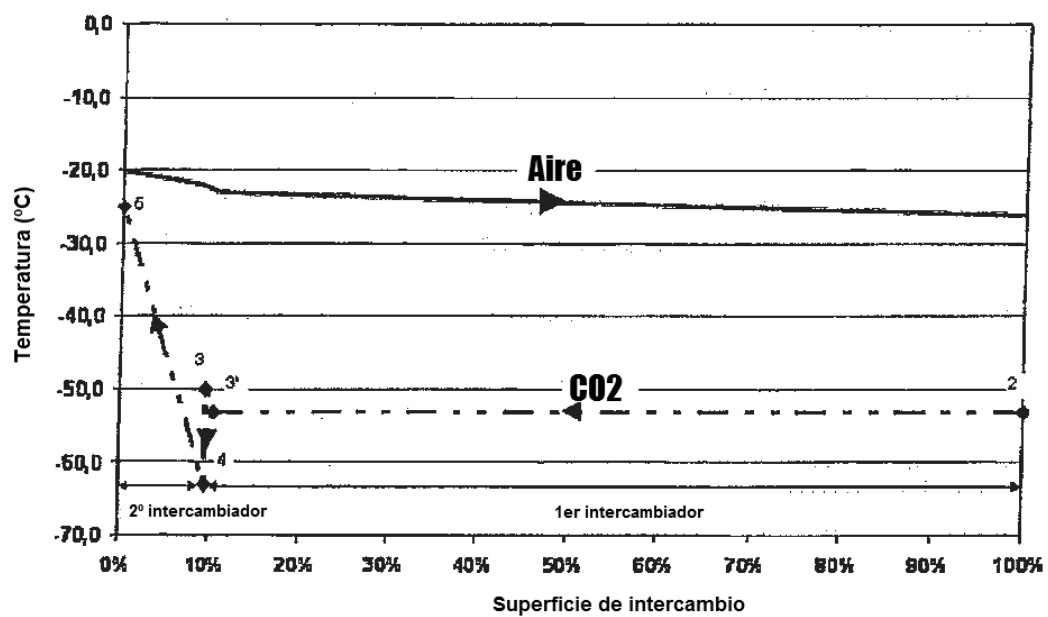


Figura 3