

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 642 886**

51 Int. Cl.:

**F25B 49/00** (2006.01)

**F25B 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.12.2013 PCT/GB2013/053221**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.06.2014 WO14087168**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.12.2013 E 13818767 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2017 EP 2941605**

54 Título: **Sistema de refrigeración de CO<sub>2</sub>**

30 Prioridad:

**07.12.2012 GB 201222091**

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

**20.11.2017**

73 Titular/es:

**ELSTAT LIMITED (100.0%)  
Unit C, Astra Business Park, Roman Way  
Preston, PR2 5AP, GB**

72 Inventor/es:

**PENDLEBURY, NEIL y  
HULL, COLIN**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 642 886 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**

Sistema de refrigeración de CO<sub>2</sub>

La presente invención se refiere a un sistema de refrigeración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y a un método para monitorizar y controlar la presión dentro de dicho sistema.

5 Un sistema de refrigeración de CO<sub>2</sub> es un sistema de refrigeración que incluye dióxido de carbono como (o en) su refrigerante. Un sistema de refrigeración de CO<sub>2</sub> típico incluye un compresor, un intercambiador de calor, un evaporador y un microcontrolador para controlar el funcionamiento del compresor, y otras funciones del sistema, para llevar a cabo los procesos de evaporación, compresión, condensación y expansión del refrigerante de CO<sub>2</sub>.

10 El uso de CO<sub>2</sub> como un refrigerante comenzó a mediados del siglo XIX y aumentó constantemente, alcanzando un pico en la década de 1920. Su uso disminuyó con la introducción de clorofluorocarbonos (CFC) que funcionaron a presiones mucho más bajas. El uso de CO<sub>2</sub> continuó, pero principalmente en sistemas en cascada para aplicaciones industriales y de proceso. Recientemente, se ha demostrado un fuerte interés por el CO<sub>2</sub> como refrigerante por los fabricantes de máquinas expendedoras. También existen posibilidades para otras aplicaciones de refrigeración comercial ligera, así como para aire acondicionado residencial.

15 En un sistema de refrigeración de CO<sub>2</sub>, la presión del refrigerante permanece constante en el evaporador mientras que la ganancia de calor durante el proceso de evaporación aumenta. Cuando el compresor está funcionando, la presión de CO<sub>2</sub> aumenta brusca y constantemente a medida que se comprime. Durante el proceso de condensación, el calor absorbido durante la evaporación - y el calor añadido durante la compresión - se rechaza fuera del sistema. Además, la calidad del refrigerante cambia hasta que es 100 por ciento líquido. A menudo ocurre un enfriamiento adicional del líquido de manera que el refrigerante es subenfriado cuando sale del condensador. No hay ningún cambio en la presión o la temperatura durante el cambio de fase.

20 El proceso final en el ciclo es la expansión y una caída correspondiente en la presión del refrigerante. La caída de presión se produce cuando el refrigerante pasa a través de un dispositivo de dosificación (válvula de expansión o tubo capilar). Durante el proceso de expansión, el estado del refrigerante cambia de líquido subenfriado a una mezcla de líquido y vapor.

25 A diferencia del proceso de condensación subcrítica, donde la temperatura permanece constante, la temperatura disminuye durante todo el proceso de rechazo de calor transcrito. No hay condensación en un ciclo transcrito y el proceso se conoce como enfriamiento de gas.

30 Un sistema basado en el ciclo transcrito de CO<sub>2</sub> utiliza una válvula de expansión de alta presión (HPEV). En lugar de controlar la medición de refrigerante desde el lado de baja presión del sistema, el control de modulación proviene del lado alto del sistema. Un HPEV mecánico controlará la inyección de refrigerante al evaporador abriendo y cerrando basándose en el aumento o disminución en la presión del enfriador de gas.

35 La función del compresor en una aplicación transcrito es la misma que en una subcrítica. El compresor crea el flujo de refrigerante, aumentando la presión de descarga y, por tanto, elevando la temperatura del refrigerante a un nivel suficientemente alto para que el calor absorbido en el evaporador sea rechazado en el condensador o el enfriador de gas.

Los principales retos de refrigeración de CO<sub>2</sub> implican las presiones de trabajo relativamente altas: 70+ bar (7.000 kPa).

40 En sistemas de refrigeración de CO<sub>2</sub> pueden surgir circunstancias que hacen que la presión dentro del sistema supere las presiones normales de funcionamiento, por ejemplo, si se produce un bloqueo en el enfriador de gas, el ventilador del enfriador de gas falla o si hay sobrecarga del sistema. Esto no es deseable y puede resultar en daño de componentes del sistema. Además, los requisitos reglamentarios requieren a menudo que los sistemas de refrigeración de CO<sub>2</sub> incluyan un dispositivo de seguridad debido a las altas presiones de funcionamiento.

45 Los sistemas conocidos actualmente abordan estos problemas en al menos una de dos maneras: 1) incluyendo un interruptor de alivio de presión que está dispuesto para apagar el compresor cuando la presión dentro del sistema alcanza un valor de umbral; y 2) incluyendo un "disco de rotura", que está dispuesto para romperse en caso de que la presión dentro del sistema sobrepase un valor de umbral.

50 En el circuito de refrigeración, el interruptor de alivio de presión está situado en el lado de alta presión, típicamente cerca del lado de salida del compresor, y en serie con el mismo. El interruptor de presión está dispuesto para abrirse (es decir, para apagar el compresor) cuando la presión dentro del sistema alcanza aproximadamente el 80 % de la presión máxima de funcionamiento del sistema. La figura 1 muestra una disposición típica de cableado de la técnica anterior en la que el interruptor de alivio de presión A está situado en la entrada activa B entre el compresor C y el microcontrolador D, por lo que cuando se abre el interruptor A se corta la alimentación al compresor C, lo que provoca que disminuya la presión en el sistema. Cuando la presión cae por debajo de un umbral predeterminado, el interruptor se cierra automáticamente y el compresor C se reinicia. Sin embargo, con los sistemas de refrigeración

conocidos, el interruptor de presión A puede hacer oscilar el sistema de refrigeración a medida que la presión sube y baja, lo cual es indeseable. Esto reduce la eficiencia del sistema de refrigeración y puede hacer que el compresor C falle más rápidamente.

5 El disco de rotura es un dispositivo de un solo uso que protege a los componentes del sistema de refrigeración contra sobrepresurización por ruptura cuando la presión del sistema de refrigeración supera un valor predeterminado. Sin embargo, cuando el disco se rompe, el refrigerante y el lubricante dentro del sistema se descargan a la atmósfera. Esto puede hacer que el compresor falle y por lo tanto muchos fabricantes son reacios a utilizar este método de forma aislada.

10 Los intentos por predecir la presión utilizando la temperatura (es decir,  $PV = nRT$ ) históricamente no han tenido éxito. Típicamente, se coloca una sonda de temperatura en la parte más caliente del sistema, cuando el gas entra en la primera etapa de enfriamiento en el intercambiador de calor primario o el enfriador de gas. Tal posicionamiento parece intuitivo. Sin embargo, la lectura de la temperatura en este punto en el sistema no es una medida fiable de la presión. De hecho, puede predecir una presión que puede ser 20-50 bar desfasada con la presión real. Las razones de la discrepancia van desde la energía procedente del compresor hasta las características únicas del CO<sub>2</sub> bajo presión, es decir, el comportamiento transcrito del CO<sub>2</sub> cuando existe como un fluido con características de tipo gas (relleno de espacio).

15 Como resultado, la industria no ha tenido otra opción que montar un sensor de presión para registrar la presión dentro del sistema y proteger al sistema contra sobrepresurización. Los sensores de presión son dispositivos mecánicos que añaden partes móviles y la capacidad de fallar a un sistema que funciona bajo presión. Por lo tanto, un sensor de este tipo está lejos de ser ideal para su uso en tal situación.

20 EP 2434232 mide varios parámetros en un sistema de refrigeración y compara valores con valores almacenados que representan un sistema que funciona eficientemente. La temperatura y la presión del refrigerante CO<sub>2</sub> enfriado son medidas en la salida del enfriador de gas por sensores de temperatura y presión respectivamente. Los cambios de energía a través del compresor y del evaporador se utilizan para ajustar los parámetros operativos, tales como abrir una válvula de expansión y cambiar las velocidades del compresor y del soplador.

25 DE 102006057584 describe un circuito de enfriamiento supercrítico para un vehículo. El circuito incluye comprende un compresor, un enfriador para enfriar refrigerante descargado desde el compresor, un dispositivo de descompresión para descomprimir el refrigerante en un lado de salida de un radiador y un evaporador para vaporizar el refrigerante de baja presión descomprimido desde el dispositivo de descompresión. Los medios de detección de temperatura detectan la temperatura del refrigerante descargado desde el compresor mientras que medios de control almacenan la temperatura medida por los medios de detección de temperatura.

30 US 4602484 describe un controlador de energía del sistema de refrigeración para controlar el tiempo de ciclo de encendido/apagado de un motor de compresor de refrigeración. Un dispositivo de detección de presión detecta umbrales de presión alta y baja en la línea de succión del lado bajo de refrigeración. El evento de umbral alto se convierte en una primera tensión digital que energiza el motor del compresor de refrigeración y el evento de umbral bajo se convierte en una segunda tensión digital que produce una señal de temporización de duración fija que establece la duración mínima del ciclo de encendido-apagado del motor del compresor.

35 En consecuencia, la presente invención busca proporcionar un aparato que mitigue al menos uno de los problemas antes mencionados, o al menos proporcione una alternativa a los sistemas existentes. En particular, la invención busca proporcionar una forma más eficaz y eficiente de medir y controlar la presión dentro de un sistema de refrigeración de CO<sub>2</sub>, reduciendo al mismo tiempo la posibilidad de oscilación del sistema, mejorando así la seguridad y/o la estabilidad del sistema.

40 De acuerdo con un aspecto de la invención se proporciona un sistema de refrigeración de CO<sub>2</sub>, que incluye: un compresor, un enfriador de gas, un sensor de temperatura, el sistema de control electrónico incluye un dispositivo procesador dispuesto para encender/apagar el compresor de acuerdo con el funcionamiento de control del compresor de acuerdo con señales de entrada recibidas desde el sensor de temperatura, en donde el sensor de temperatura se posiciona para leer una temperatura de salida del enfriador de gas.

Expresado de otra manera, las señales de entrada recibidas por el dispositivo procesador desde el sensor de temperatura son las lecturas de temperatura del refrigerante a la salida del enfriador de gas.

50 Contrariamente a la experiencia previa de usar la temperatura para proporcionar una indicación de la presión del enfriador de gas, los inventores han descubierto que si se mide la temperatura de CO<sub>2</sub> a la salida del enfriador de gas, esta lectura de temperatura es indicativa con exactitud de la presión dentro del sistema de refrigeración. De hecho, se ha comprobado que los cambios de temperatura a la salida del enfriador de gas son proporcionales a los cambios de presión en el sistema de refrigeración.

55 Por lo tanto, la presente invención utiliza este descubrimiento para controlar la presión en el sistema de refrigeración monitorizando la temperatura con el sensor de temperatura y controlando el funcionamiento del compresor de acuerdo con las señales de salida (lecturas de temperatura) del sensor de temperatura. Esto proporciona un control

mejorado del sistema de refrigeración. También mejora la seguridad del sistema ya que el sistema puede ser controlado para funcionar dentro de los límites de seguridad preestablecidos, evitando así la necesidad de descargar el refrigerante a la atmósfera.

5 La invención es aplicable a muchos tipos diferentes de sistemas de refrigeración de CO<sub>2</sub>, por ejemplo los utilizados en tiendas, máquinas expendedoras, unidades de aire acondicionado, etc.

La medición de la temperatura de salida del enfriador de gas puede lograrse, por ejemplo, midiendo la temperatura del refrigerante directamente cuando sale del enfriador de gas. Adicionalmente, o alternativamente, la temperatura puede medirse, por ejemplo, montando el sensor de temperatura en al menos una de una pared de enfriador de gas y un conducto adyacente.

10 El compresor se utiliza para comprimir el refrigerante a una alta presión. El refrigerante fluye desde el compresor hasta el enfriador de gas. El refrigerante fluye desde el enfriador de gas a un intercambiador de calor y luego a un evaporador a través de un dispositivo de expansión. El dispositivo de expansión expande el refrigerante. El refrigerante fluye desde el evaporador de vuelta al compresor a través del intercambiador de calor. En el compresor, el refrigerante se comprime nuevamente.

15 Ventajosamente, un primer valor de temperatura correspondiente a una temperatura umbral superior puede almacenarse en memoria en el dispositivo procesador y el dispositivo procesador incluye instrucciones para comparar la temperatura de salida medida del enfriador de gas con el primer valor de temperatura. Cuando el dispositivo procesador determina que la temperatura medida es mayor o igual que el primer valor de temperatura, el dispositivo procesador desactiva el compresor, por ejemplo cortando potencia al compresor.

20 Típicamente, el primer valor de temperatura es una temperatura umbral superior que corresponde a una presión de funcionamiento superior o máxima. Si el dispositivo procesador determina que la temperatura medida es superior o igual a la temperatura umbral superior (primer valor de temperatura), esto indica que la presión dentro del sistema de refrigeración ha alcanzado o superado su límite de funcionamiento superior normal y por lo tanto el sistema está en riesgo de fuga o explosión. La desactivación del compresor permite reducir la presión en el sistema.

25 Ventajosamente, el dispositivo procesador puede estar dispuesto para generar una señal de alarma de enfriador de gas cada vez que se determina que la temperatura medida es mayor o igual que la temperatura umbral superior (primer valor de temperatura). El dispositivo procesador puede estar dispuesto para apagar el sistema de refrigeración si el número de alarmas del enfriador de gas supera un valor predeterminado dentro de un período de tiempo predeterminado.

30 Un segundo valor de temperatura, tal como un valor de temperatura de desplazamiento, se puede almacenar en memoria en el dispositivo procesador.

El valor de temperatura de desplazamiento es la magnitud de la diferencia de temperatura entre el valor de temperatura umbral superior y un valor de temperatura umbral inferior. Es decir, el valor de temperatura umbral inferior es igual al primer valor de temperatura menos el valor de temperatura de desplazamiento. El valor de temperatura de compensación representa típicamente la caída requerida de temperatura que tiene lugar en el enfriador de gas, cuando se inicia con el valor de temperatura umbral superior, antes de que se alcance el valor de temperatura umbral inferior.

35 Ventajosamente, el valor de temperatura umbral inferior puede almacenarse en memoria en el dispositivo procesador.

40 Ventajosamente, el dispositivo procesador puede estar dispuesto para comparar la temperatura de salida medida del enfriador de gas con el valor de temperatura umbral inferior. Cuando el dispositivo procesador determina que la temperatura medida es menor o igual que el valor de temperatura umbral inferior, el dispositivo procesador está dispuesto para iniciar un período de descanso prolongado para el compresor. El dispositivo procesador utiliza el valor de temperatura umbral inferior como disparador para iniciar el período de descanso prolongado para el compresor. Ventajosamente, el período de descanso prolongado puede ser un período fijo para el sistema de refrigeración. Esto asegura que siempre haya un período mínimo durante el cual el compresor esté desactivado. Alternativamente, el tiempo del período de descanso prolongado puede estar dictado por la temperatura del refrigerante a medida que sale del enfriador de gas. Una vez que la temperatura desciende o está por debajo de un cierto nivel, el período de descanso prolongado es entonces terminado por el dispositivo procesador. Esta funcionalidad analógica ayuda a evitar la oscilación del sistema.

50 El dispositivo procesador está dispuesto para activar el compresor cuando el período de descanso prolongado ha terminado.

Ventajosamente, el período de descanso prolongado se establece para durar al menos 3 minutos, preferiblemente al menos 5 minutos, más preferiblemente al menos 8 minutos y más preferiblemente todavía al menos 10 minutos. El período se selecciona para asegurar que haya suficiente tiempo de descanso para evitar la oscilación en el sistema de refrigeración.

Ventajosamente, el dispositivo procesador tiene un reloj interno y el período de descanso prolongado puede ser temporizado por el reloj interno. Adicionalmente, o alternativamente, el sistema de control puede incluir un dispositivo de temporización separado.

5 Ventajosamente, el valor de temperatura umbral inferior puede determinarse restando el valor de temperatura de desplazamiento del valor de temperatura umbral superior.

Ventajosamente, el valor de temperatura de desplazamiento es al menos 5 °C, preferiblemente al menos 8 °C, y más preferiblemente al menos 10 °C, y más preferiblemente todavía al menos 12 °C.

El valor de temperatura de desplazamiento contribuye a la duración total del tiempo durante la cual el compresor está apagado.

10 Ventajosamente, el valor de temperatura de desplazamiento es inferior a 25 °C, preferiblemente inferior a 20 °C, y más preferiblemente todavía inferior a 15 °C.

Ventajosamente, el sensor de temperatura puede estar conectado a una entrada auxiliar del dispositivo procesador. Esto permite que el dispositivo procesador reciba señales de entrada del sensor de temperatura.

15 Ventajosamente, el sistema puede incluir un dispositivo sensible a la presión tal como un dispositivo de conmutación accionado a presión, puramente como una medida auxiliar o de apoyo al sensor de temperatura. El dispositivo sensible a la presión puede estar conectado a una entrada auxiliar del dispositivo procesador. Esto permite que el dispositivo procesador reciba señales de entrada desde el dispositivo sensible a la presión.

20 Ventajosamente, el dispositivo procesador incluye una interfaz que está dispuesta para permitir al usuario establecer al menos uno de los siguientes parámetros: el valor de temperatura umbral superior, el valor de temperatura de desplazamiento, el valor de temperatura umbral inferior y la duración del período de descanso prolongado para el compresor. Se apreciará que, puesto que el valor de temperatura umbral inferior es igual al valor de temperatura umbral superior menos el valor de temperatura de desplazamiento, la interfaz puede establecerse de tal manera que dos cualesquiera de los tres parámetros pueda ser establecido por el usuario. Sin embargo, en realizaciones preferidas, el usuario es capaz de establecer el valor de temperatura umbral superior y el valor de temperatura de desplazamiento, con el valor de temperatura umbral inferior calculado en consecuencia.

25 Ventajosamente, el sistema de refrigeración puede incluir un dispositivo de ruptura, tal como un disco de rotura, que se rompe cuando la presión de funcionamiento dentro del sistema de refrigeración alcanza una presión de ruptura, en el que el dispositivo procesador está dispuesto para controlar el funcionamiento del compresor para mantener la presión de funcionamiento del sistema de refrigeración en un valor menor que la presión de ruptura.

30 Ventajosamente, el sistema de refrigeración puede incluir tubos de alta presión para conectar componentes del sistema. Los tubos están dispuestos para resistir la presión máxima que puede producir el sistema de refrigeración. Esto asegura que incluso si el sistema está sobrepresurizado, el refrigerante no fugará inadvertidamente de las tuberías.

35 Según otro aspecto de la invención, se proporciona un método para controlar un compresor en un sistema de refrigeración de CO<sub>2</sub>, dicho sistema de refrigeración de CO<sub>2</sub> tiene un compresor, un enfriador de gas, un sensor de temperatura y un sistema de control electrónico que incluye un dispositivo procesador, en el que el método comprende medir temperatura de refrigerante de CO<sub>2</sub> a la salida del enfriador de gas con el sensor de temperatura y usar el dispositivo procesador para controlar el funcionamiento del compresor de acuerdo con las señales de entrada recibidas por el dispositivo procesador desde el sensor de temperatura.

40 El método puede incluir comparar la temperatura medida de la salida del enfriador de gas con un valor de temperatura umbral superior almacenado en la memoria en el dispositivo procesador. El método puede incluir desactivar automáticamente el compresor cuando el dispositivo procesador determina que la temperatura medida es mayor o igual que la temperatura umbral superior.

45 El método puede incluir que el dispositivo procesador genere una señal de alarma de enfriador de gas cada vez que se determina que la temperatura medida es mayor o igual que el primer valor de temperatura.

El método puede incluir el dispositivo procesador que apaga el sistema de refrigeración si el número de alarmas de enfriador de gas supera un valor predeterminado dentro de un período de tiempo predeterminado.

El método puede incluir almacenar un valor de desplazamiento en medios de memoria.

50 El método puede incluir calcular un valor temperatura umbral inferior. El valor umbral de temperatura inferior puede calcularse restando el valor de desplazamiento del valor de temperatura umbral superior.

El método puede incluir almacenar el valor de temperatura umbral inferior.

El método puede incluir un período de descanso prolongado que dura al menos 3 minutos, preferiblemente al menos

5 minutos, más preferiblemente al menos 8 minutos y más preferiblemente todavía al menos 10 minutos.

El método puede incluir la diferencia entre el primer y segundo valores de temperatura almacenados de al menos 5 °C, preferiblemente de al menos 8 °C y más preferiblemente de al menos 10 °C y más preferiblemente todavía de al menos 12 °C.

- 5 El método puede incluir la diferencia entre el primer y segundo valores de temperatura almacenados que son menores de 25 °C, preferiblemente menores de 20 °C y más preferiblemente aún menores de 15 °C.

10 El sistema de refrigeración puede incluir un dispositivo de ruptura que se rompe cuando la presión de funcionamiento dentro del sistema de refrigeración alcanza una presión de rotura preestablecida o predeterminada y el método puede incluir el dispositivo procesador que controla el funcionamiento del compresor para mantener la presión de funcionamiento del sistema de refrigeración en un valor que sea menor que la presión de ruptura.

15 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un sistema de refrigeración, que incluye: un compresor, un enfriador de gas, un sensor de temperatura y un sistema de control electrónico, el sistema de control electrónico incluye un dispositivo procesador dispuesto para controlar el funcionamiento del compresor de acuerdo con la señales de entrada recibidas desde el sensor de temperatura, en el que el sensor de temperatura está situado para leer una temperatura de salida del enfriador de gas.

20 Según otro aspecto de la invención, se proporciona un método para controlar un compresor en un sistema de refrigeración de CO<sub>2</sub>, dicho sistema de refrigeración de CO<sub>2</sub> tiene un compresor, un enfriador de gas, un sensor de temperatura y un sistema de control electrónico que incluye un dispositivo procesador, en el que el método comprende medir temperatura de refrigerante de CO<sub>2</sub> a la salida del enfriador de gas con el sensor de temperatura y usar el dispositivo procesador para encender/apagar el compresor para controlar el funcionamiento del compresor de acuerdo con señales de entrada recibidas por el dispositivo procesador desde el sensor de temperatura.

recibida desde el sensor de temperatura, en el que el sensor de temperatura está situado para leer una temperatura de salida del enfriador de gas.

25 Según otro aspecto de la invención, se proporciona un método para controlar un compresor en un sistema de refrigeración de CO<sub>2</sub>, dicho sistema de refrigeración de CO<sub>2</sub> tiene un compresor, un enfriador de gas, un sensor de temperatura y un sistema de control electrónico que incluye un dispositivo procesador, en el que el método comprende medir temperatura de refrigerante de CO<sub>2</sub> a la salida del enfriador de gas con el sensor de temperatura y usar el dispositivo procesador para controlar el funcionamiento del compresor de acuerdo con las señales de entrada recibidas por el dispositivo procesador desde el sensor de temperatura.

30 Ventajosamente, este aspecto de la invención es aplicable a sistemas de refrigeración que utilizan un refrigerante diferente al CO<sub>2</sub>. Las características del sistema de refrigeración de CO<sub>2</sub> mencionado anteriormente también son aplicables a este aspecto de la invención.

A continuación se describirá una realización de la presente invención, sólo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

35 La figura 1 es un diagrama de circuito eléctrico para un sistema de refrigeración de CO<sub>2</sub> de la técnica anterior; La figura 2 es una vista esquemática de un sistema de refrigeración de CO<sub>2</sub> de acuerdo con una primera realización de la invención;

La figura 3 es un diagrama de cableado para el sistema de refrigeración de CO<sub>2</sub> de la figura 2;

40 Las figuras 4 y 5 son gráficos que muestran la relación entre la presión y la temperatura de salida de un enfriador de gas, con cantidades variables de bloqueo del enfriador de gas;

Las figuras 6 y 7 son gráficos que muestran la relación entre la presión y la temperatura de salida de un enfriador de gas, con temperatura ambiente variable;

La figura 8 es un diagrama de flujo de un proceso digital de alarma de enfriador de gas para un microcontrolador programable, que se utiliza para controlar el funcionamiento de la primera realización de la invención;

45 La figura 9 es un diagrama de flujo de un proceso analógico de alarma de enfriador de gas para el microcontrolador programable, que se utiliza para controlar el funcionamiento de la primera realización de la invención; y

La figura 10 es un diagrama de flujo de un proceso de tiempo de restablecimiento del compresor.

50 Las figuras 2 y 3 muestran una primera realización de un sistema de refrigeración de CO<sub>2</sub> 1 según la invención, en forma esquemática. El sistema de refrigeración 1 incluye un compresor 3, un enfriador de gas 5, un intercambiador de calor 7, una válvula de expansión 9 y un evaporador 11, conectados entre sí en un circuito de refrigeración, y un sistema de control 13.

- El sistema de control 13 incluye un microcontrolador 15 y un sensor de temperatura 17. El microcontrolador 15 controla el funcionamiento del compresor 3, y opcionalmente controla el funcionamiento de al menos uno de los siguientes componentes: un ventilador de evaporador 19; un ventilador de condensador 21, y luces de sistema 23. Opcionalmente, el microcontrolador 15 puede recibir entradas de otras partes del sistema de refrigeración tales como una microRMD 25; un sensor de aparato 27, tal como un termistor para medir la temperatura en un compartimento de enfriamiento de refrigerador; y un interruptor 29 de apertura de puerta.
- El microcontrolador 15 controla el funcionamiento del compresor de acuerdo con las entradas recibidas del sensor del aparato 27, por ejemplo para mantener el compartimento de enfriamiento dentro de un intervalo de temperaturas deseado.
- El sensor de temperatura 17 está conectado eléctricamente a una entrada auxiliar 33 del microcontrolador 15. El microcontrolador 15 utiliza señales de entrada recibidas desde el sensor de temperatura 17 para controlar el funcionamiento del compresor 3 para asegurar que el sistema de refrigeración funcione dentro de condiciones de funcionamiento predeterminadas, por ejemplo condiciones que se consideren seguras para la aplicación.
- El sensor de temperatura 17 está situado físicamente de modo que mide la temperatura del refrigerante de CO<sub>2</sub> T<sub>GC</sub> a medida que sale del enfriador de gas 5. Los inventores han descubierto que existe una relación entre la temperatura del refrigerante de CO<sub>2</sub> a medida que sale del enfriador de gas 5 y la presión en el sistema de refrigeración 1. Esto se ilustra en las gráficas mostradas en las figuras 4 a 7.
- La figura 4 muestra la relación entre la presión de descarga del sistema (descarga desde el compresor 3) y la temperatura de salida del enfriador de gas para un enfriador de gas Sanden Intercool™, a temperatura ambiente constante, a medida que aumenta el porcentaje de bloqueo en el enfriador de gas. El sistema de refrigeración utilizó una carga de 0,27 Kg de CO<sub>2</sub>. Los inventores descubrieron que, a medida que el enfriador de gas se bloquea cada vez más (simulando así un posible fallo del sistema), la temperatura a la salida del enfriador de gas sigue sustancialmente la presión de descarga. Es decir, existe una relación sustancialmente proporcional entre la temperatura de salida del enfriador de gas y la presión del sistema de refrigeración con un bloqueo creciente del enfriador de gas.
- La figura 5 es un gráfico similar al de la figura 4, excepto que se utiliza un enfriador de gas Sanden Corporation™, junto con una carga de 0,28 Kg de CO<sub>2</sub>. La gráfica muestra que la relación es válida para diferentes tipos de enfriadores de gas.
- Las figuras 6 y 7 muestran que la relación temperatura - presión es válida para los enfriadores de gas Sanden Intercool y Sanden Corporation, respectivamente, cuando la temperatura ambiente varía.
- Los inventores han encontrado también que la relación entre la presión y la temperatura de salida de un enfriador de gas es verdadera, con una temperatura ambiente variable, con una cantidad fija de bloqueo del enfriador de gas, para los enfriadores de gas Sanden Intercool y Sanden Corporation.
- Así, los inventores han descubierto que la medición de la temperatura de salida de enfriador de gas T<sub>GC</sub> en la presente invención puede usarse para indicar la presión en el sistema de refrigeración 1 de una manera fiable.
- El microcontrolador 15 utiliza las señales recibidas desde el sensor de temperatura 17, que son indicativas de la temperatura de salida del enfriador de gas T<sub>GC</sub>, para determinar cuándo se debe encender/apagar el compresor 3 con el fin de mantener la presión dentro del sistema de refrigeración 1 dentro de las condiciones normales de funcionamiento, de manera que impida que el compresor 3 haga oscilar el sistema de refrigeración 1. El microprocesador 15 está programado con un valor de temperatura superior T<sub>U</sub> y un valor de temperatura de desplazamiento X. Un valor de temperatura inferior T<sub>L</sub> se determina calculando T<sub>U</sub> - X. Típicamente el valor usado para T<sub>U</sub> está en el intervalo de 40 °C a 60 °C. Típicamente, el valor para X está en el intervalo de 3 °C a 30 °C. Por ejemplo, T<sub>U</sub> puede establecerse a 50 °C y X puede establecerse se a 10 °C. Por supuesto, el experto en la materia apreciará que los valores para el valor de temperatura umbral superior T<sub>U</sub> y el valor de temperatura de desplazamiento X dependerá de la aplicación específica. Un fabricante OEM puede determinar los valores según sus necesidades.
- El microprocesador 15 puede estar dispuesto de tal manera que al menos uno de T<sub>U</sub> y X es fijo (es decir, no puede ser cambiado por el usuario después de que el microprocesador ha sido programado). El microprocesador 15 puede estar dispuesto de tal manera que al menos uno de T<sub>U</sub> y X es programable por un usuario, por ejemplo a través de una interfaz de usuario.
- La lógica de control para el microprocesador 15 se muestra en los diagramas de flujo en las figuras 8 a 10. Como comprobación de seguridad, el microprocesador 15 determina inicialmente si está recibiendo señales del sensor de temperatura 17. Si no es así, el compresor 3 se apaga (véase la figura 9).
- Cuando el sensor de temperatura 17 está funcionando correctamente, el microprocesador 15 determina a partir de las señales recibidas del sensor de temperatura 17 si la temperatura de salida del enfriador de gas T<sub>GC</sub> es mayor o igual que el valor de temperatura superior T<sub>U</sub>, comparando T<sub>GC</sub> con el valor almacenado para T<sub>U</sub>. Cuando T<sub>GC</sub> es

- 5 mayor o igual que  $T_U$  el microprocesador 15 determina que la presión dentro del sistema de refrigeración 1 está en su valor máximo aceptable y el microprocesador 15 corta la alimentación al compresor 3 abriendo el interruptor 1 (véase la figura 3) y envía una señal de alarma de  $T_U$  (véase la figura 9). Cuando el compresor 3 es apagado, la presión dentro del sistema de refrigeración 1 y, por lo tanto, la temperatura de salida del enfriador de gas  $T_{GC}$ , comienza a caer. Así, hay un período durante el cual el compresor 3 está apagado.
- 10 Cuando el microprocesador 15 determina a partir de las señales recibidas del sensor de temperatura 17 que la temperatura de salida del enfriador de gas  $T_{GC}$  se ha enfriado  $X$  °C hasta una temperatura que es menor o igual que el valor de temperatura inferior  $T_L$ , el microprocesador 15 restablece la alarma y luego inicia un tiempo de reposo prolongado  $Y$  para el compresor 3 (véase la figura 8), por ejemplo monitorizado por referencia a su reloj interno, antes de volver a encender el compresor 3. Por lo tanto, el microprocesador 15 está programado para aplicar el tiempo de descanso prolongado  $Y$ , además del período variable de tiempo que  $T_{GC}$  tarda en enfriarse  $X$  °C, para retrasar el funcionamiento del compresor 3. El tiempo de descanso prolongado  $Y$  se fija preferiblemente para el sistema. Típicamente,  $Y$  está en el intervalo de 1 a 20 minutos, aunque puede seleccionarse  $Y$  para adaptarse al sistema de refrigeración particular.
- 15 Los inventores han encontrado que, al retrasar el funcionamiento del compresor 3 el tiempo de descanso prolongado  $Y$ , se evita que el sistema oscile ya que se proporciona más tiempo para permitir que las presiones del sistema se igualen.
- 20 Si el número de alarmas de enfriador de gas supera un valor predeterminado dentro de un período de tiempo predeterminado, entonces el microprocesador 15 está programado para apagar el sistema de refrigeración 1 y emitir una señal de error.
- Opcionalmente, el sistema de refrigeración 1 puede incluir un interruptor de alivio de presión 31 situado en la línea de entrada activa 35 al compresor 3 (véase la figura 3). Los interruptores de alivio de presión son conocidos en la técnica y se puede usar cualquier interruptor convencional adecuado.
- 25 El interruptor de alivio de presión 31 puede estar conectado al microprocesador 15, por ejemplo una entrada auxiliar del mismo, y el microprocesador 15 puede estar dispuesto para monitorizar el estado operativo del interruptor de alivio de presión 31 y para controlar el funcionamiento del compresor 3 de acuerdo con las señales recibidas del interruptor de alivio de presión.
- 30 Será evidente para el experto en la técnica que se pueden hacer modificaciones a la realización anterior que cae dentro del alcance de la invención. Por ejemplo, la realización puede incluir un disco de rotura. En tal realización, la presión en los sistemas de refrigeración 1 puede ser controlada por el microprocesador 15 para mantener la presión por debajo de la presión de ruptura del disco de rotura, evitando así que el disco de rotura se rompa y mejore la seguridad de los sistemas.
- Los sistemas de refrigeración 1 pueden incluir conductos de alta presión, que están diseñados para resistir la presión más alta que puede generar el sistema. Esto mejora la seguridad de los sistemas.
- 35 El microprocesador se puede programar de tal manera que, cuando el microprocesador se enciende, el tiempo de reposo de compresor debe expirar antes de permitir que el compresor se reinicie. El microprocesador puede estar dispuesto para aplicar el tiempo de descanso prolongado del compresor en vez de un tiempo de descanso estándar cuando se reinicia el microprocesador.
- 40 El microprocesador puede incluir una interfaz de usuario para permitir al usuario: establecer parámetros - tales como el número máximo de alarmas,  $T_U$ ,  $T_L$ ,  $X$ ,  $Y$ ; cancelar alarmas; cancelar mensajes de error; e invertir una entrada en modo digital.
- El microprocesador puede estar dispuesto de tal manera que  $T_U$  y  $T_L$  se programan, en lugar de especificar  $X$  y calcular  $T_L$  sobre la base de  $T_U - X$ . En este caso,  $T_L$  está típicamente en el intervalo de 30 °C a 50 °C.
- 45 Se prevé que la invención pueda ser aplicable a sistemas de refrigeración que utilizan un refrigerante diferente a  $CO_2$ .

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de refrigeración de CO<sub>2</sub> (1), que incluye: un compresor (3), un enfriador de gas (5), un sensor de temperatura (17) y un sistema de control electrónico (13), el sistema de control electrónico (13) incluye un dispositivo procesador (15) dispuesto para encender/apagar el compresor (3) de acuerdo con el funcionamiento de control del compresor (3) de acuerdo con señales de entrada recibidas del sensor de temperatura (17), en el que el sensor de temperatura (17) está situado para leer una temperatura de salida del enfriador de gas (5), caracterizado por que el dispositivo procesador (15) está dispuesto para almacenar en la memoria un valor de temperatura umbral inferior y para comparar la temperatura medida de la salida del enfriador de gas (5) con el valor de temperatura umbral inferior, en el que en una situación en la que el dispositivo procesador (15) determina que la temperatura medida es menor o igual que el valor de temperatura umbral inferior, el dispositivo procesador (15) está dispuesto para iniciar un período de descanso prolongado para el compresor (3).
2. Un sistema de refrigeración (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el sensor de temperatura (17) está situado para medir la temperatura del refrigerante de CO<sub>2</sub> directamente al salir del enfriador de gas (5).
3. Un sistema de refrigeración (1) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el sensor de temperatura (17) está montado sobre al menos una de una pared de enfriador de gas y un conducto adyacente.
4. Un sistema de refrigeración (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que incluye un valor de temperatura umbral superior almacenado en memoria en el dispositivo procesador (15), en el que el dispositivo procesador (15) está dispuesto para comparar la temperatura medida de la salida de enfriador de gas con el valor de temperatura umbral superior.
5. Un sistema de refrigeración (1) de acuerdo con la reivindicación 4, en el que en un estado en que el dispositivo procesador (15) determina que la temperatura medida es mayor o igual al valor de temperatura umbral superior, el dispositivo procesador (15) está dispuesto para desactivar el compresor (3).
6. Un sistema de refrigeración (1) de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, en el que el dispositivo procesador (15) está dispuesto para generar una señal de alarma de enfriador de gas cada vez que se determina que la temperatura medida es mayor o igual que el valor de temperatura umbral superior.
7. Un sistema de refrigeración (1) de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el dispositivo procesador (15) está dispuesto para cerrar el sistema de refrigeración (1) si el número de alarmas del enfriador de gas supera un valor predeterminado dentro de un período de tiempo predeterminado.
8. Un sistema de refrigeración (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el dispositivo procesador (15) está dispuesto para activar el compresor (3) cuando ha terminado el período de descanso prolongado.
9. Un sistema de refrigeración (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el período de descanso prolongado es un período de tiempo fijo.
10. Un sistema de refrigeración (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el período de descanso prolongado dura al menos 3 minutos, preferiblemente al menos 5 minutos, más preferiblemente al menos 8 minutos y más preferiblemente todavía al menos 10 minutos.
11. Un sistema de refrigeración (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, el sistema incluye además un reloj y el período de descanso prolongado es temporizado por el reloj.
12. Un sistema de refrigeración (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el valor de temperatura umbral inferior se determina restando un valor de temperatura de desplazamiento del valor de temperatura umbral superior.
13. Un sistema de refrigeración (1) de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el valor de temperatura de desplazamiento es al menos 5 °C, preferiblemente al menos 8 °C y más preferiblemente al menos 10 °C y más preferiblemente todavía al menos 12 °C.
14. Un sistema de refrigeración (1) de acuerdo con la reivindicación 12 o 13, en el que el valor de temperatura de desplazamiento es menor de 25 °C, preferiblemente menor de 20 °C y más preferiblemente aún menor de 15 °C.
15. Un sistema de refrigeración (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el sensor de temperatura (17) está conectado a una entrada auxiliar del dispositivo procesador (15).
16. Un sistema de refrigeración (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, el sistema (1) incluye un dispositivo sensible a la presión (31).
17. Un sistema de refrigeración (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, el sistema (1) incluye además un dispositivo de ruptura que está dispuesto para romperse cuando la presión de

funcionamiento dentro del sistema de refrigeración (1) alcanza una presión de ruptura, en el que el dispositivo procesador (15) está dispuesto para controlar el funcionamiento del compresor (3) para mantener la presión de funcionamiento del sistema de refrigeración en un valor que es menor que la presión de ruptura.

5 18. Un sistema de refrigeración (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el dispositivo procesador (15) incluye una interfaz que está dispuesta para permitir al usuario establecer al menos uno de los siguientes parámetros: el valor de temperatura umbral superior, el valor de temperatura umbral inferior y la duración del período de descanso prolongado para el compresor.

10 19. Un método para controlar un compresor (3) en un sistema de refrigeración de CO<sub>2</sub> (1), dicho sistema de refrigeración de CO<sub>2</sub> (1) tiene un compresor (3), un enfriador de gas (5), un sensor de temperatura (17) y un sistema de control electrónico que incluye un dispositivo procesador (15), en el que el método comprende medir temperatura de refrigerante de CO<sub>2</sub> a la salida del enfriador de gas (5) con el sensor de temperatura (17) y utilizar el dispositivo procesador (15) para encender/apagar el compresor (3) para controlar el funcionamiento del compresor (3) de acuerdo con las señales de entrada recibidas por el dispositivo procesador (15) desde el sensor de temperatura (17), caracterizado por que el método comprende además:

15 i) comparar la temperatura medida de la salida del enfriador de gas con un valor de temperatura umbral inferior almacenado en la memoria en el dispositivo procesador (15); 3

ii) iniciar un período de descanso prolongado para el compresor (3) cuando el dispositivo procesador (15) determina que la temperatura medida es menor o igual que el valor de temperatura umbral inferior.

20 20. Un método de acuerdo con la reivindicación 19, el método comprende además comparar la temperatura medida de la salida del enfriador de gas con un valor de temperatura umbral superior almacenado en un medio de memoria.

21. Un método de acuerdo con la reivindicación 20, el método comprende además desactivar automáticamente el compresor (3) cuando el dispositivo procesador (15) determina que la temperatura medida es mayor o igual que el valor de temperatura umbral superior.

25 22. Un método de acuerdo con la reivindicación 20 o 21, el método incluye además que el dispositivo procesador (15) genera una señal de alarma de enfriador de gas cada vez que se determina que la temperatura medida es mayor o igual que el valor de temperatura umbral superior.

30 23. Un método de acuerdo con la reivindicación 22, incluyendo el método adicionalmente el dispositivo procesador (15) que apaga el sistema de refrigeración (1) si el número de alarmas del enfriador de gas supera un valor predeterminado dentro de un período de tiempo predeterminado.

24. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 23, en el que el período prolongado es un período de tiempo fijo.

25. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 24, el método incluye además activar el compresor (3) cuando ha terminado el período de descanso prolongado.

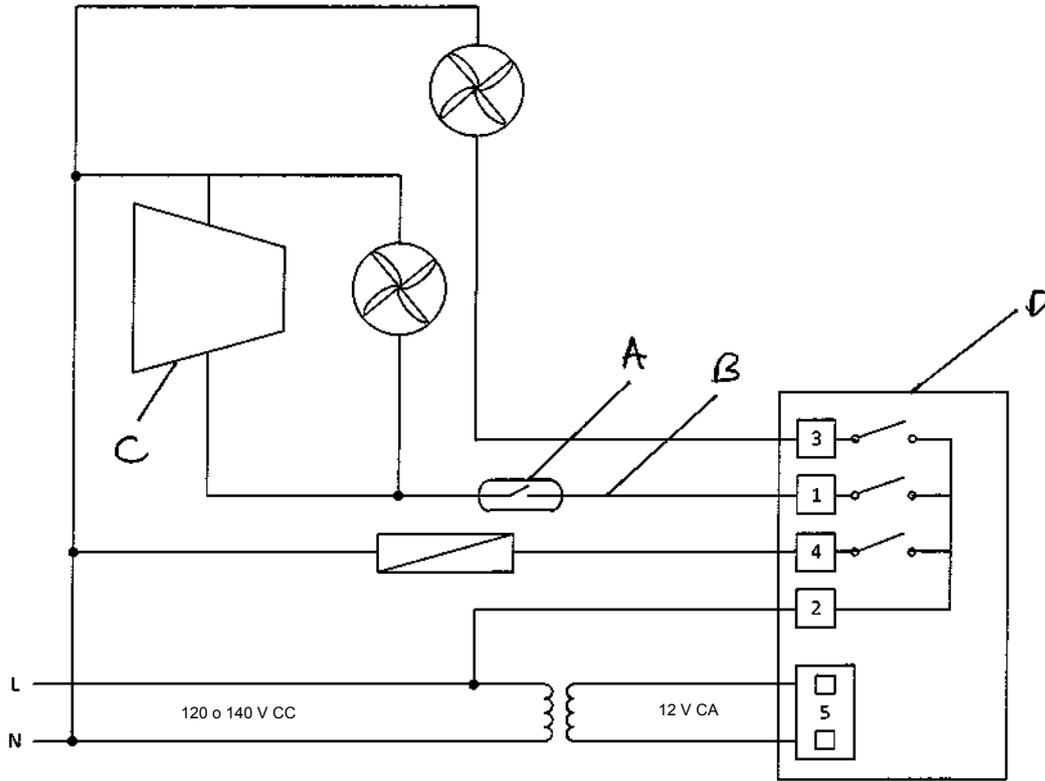
35 26. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 25, en el que el período de descanso prolongado dura durante al menos 3 minutos, preferiblemente al menos 5 minutos, más preferiblemente al menos 8 minutos y más preferiblemente todavía al menos 10 minutos.

40 27. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 26, el método incluye además calcular el valor de temperatura umbral inferior restando un valor de temperatura de desplazamiento del valor de temperatura umbral superior.

28. Un método de acuerdo con la reivindicación 27, en el que el valor de temperatura de desplazamiento es al menos 5 °C, preferiblemente al menos 8 °C, y más preferiblemente al menos 10 °C, y más preferiblemente todavía al menos 12 °C.

45 29. Un método de acuerdo con la reivindicación 27 o 28, en el que el valor de temperatura de desplazamiento es menor que 25 °C, preferiblemente menor que 20 °C, y más preferiblemente aún menor que 15 °C.

50 30. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 29, en el que el sistema de refrigeración (1) incluye además un dispositivo de ruptura que está dispuesto para romperse cuando la presión de funcionamiento dentro del sistema de refrigeración alcanza una presión de ruptura, en el que el dispositivo procesador (15) está dispuesto para controlar el funcionamiento del compresor (3) para mantener la presión de funcionamiento del sistema de refrigeración en un valor que es menor que la presión de ruptura.



**Fig. 1** (Técnica Anterior)

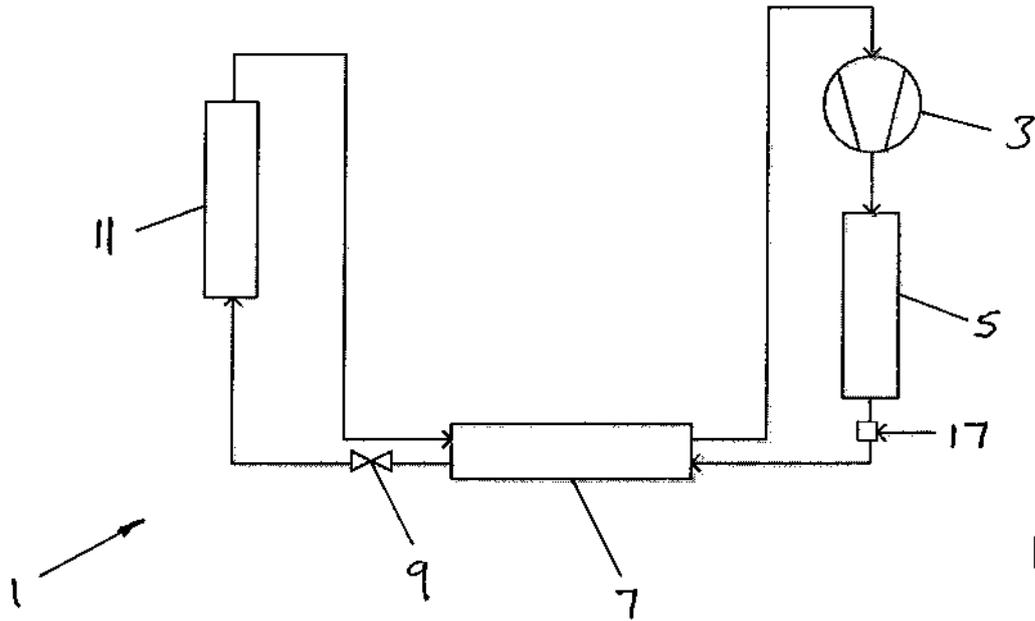


Fig. 2

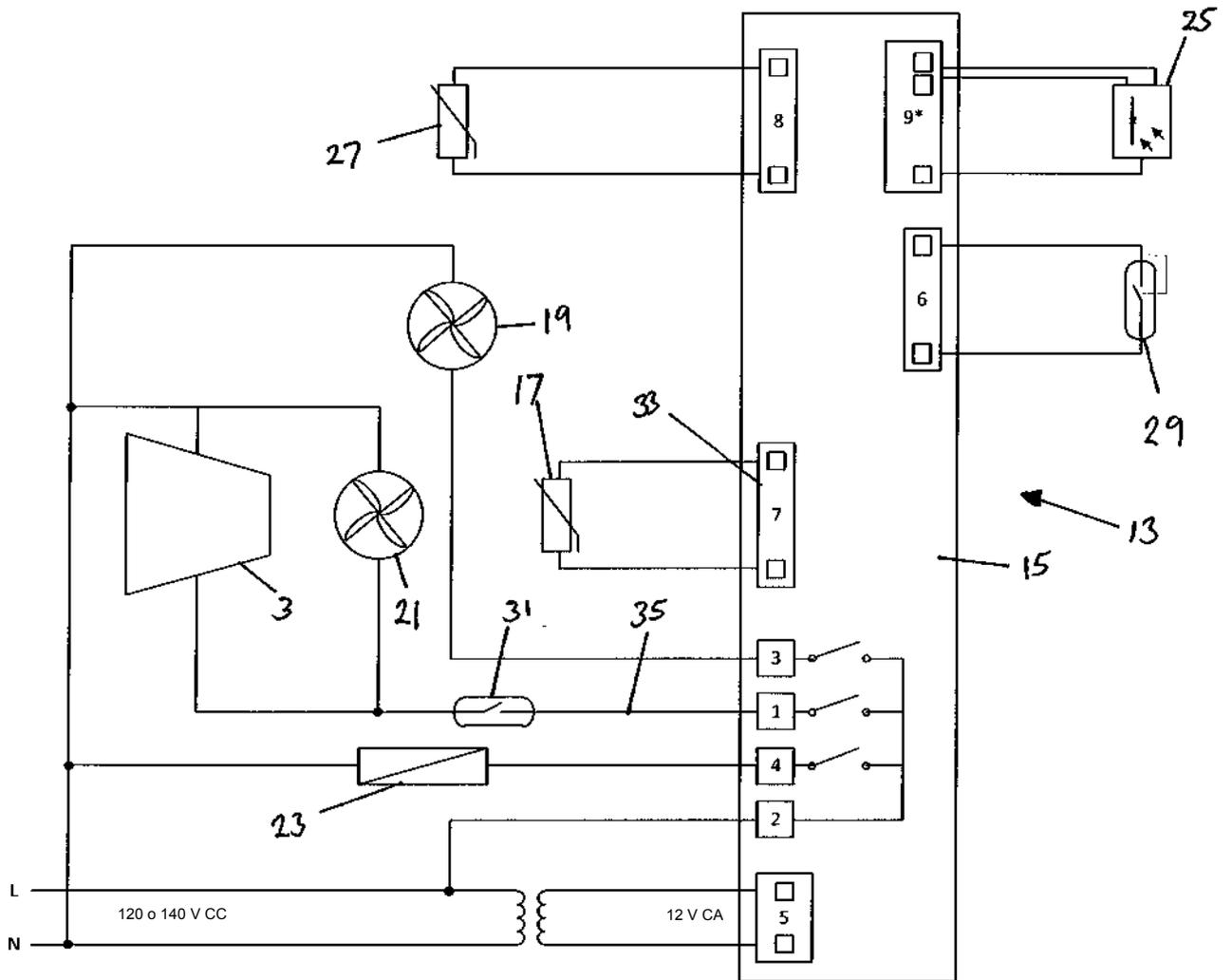


Fig. 3

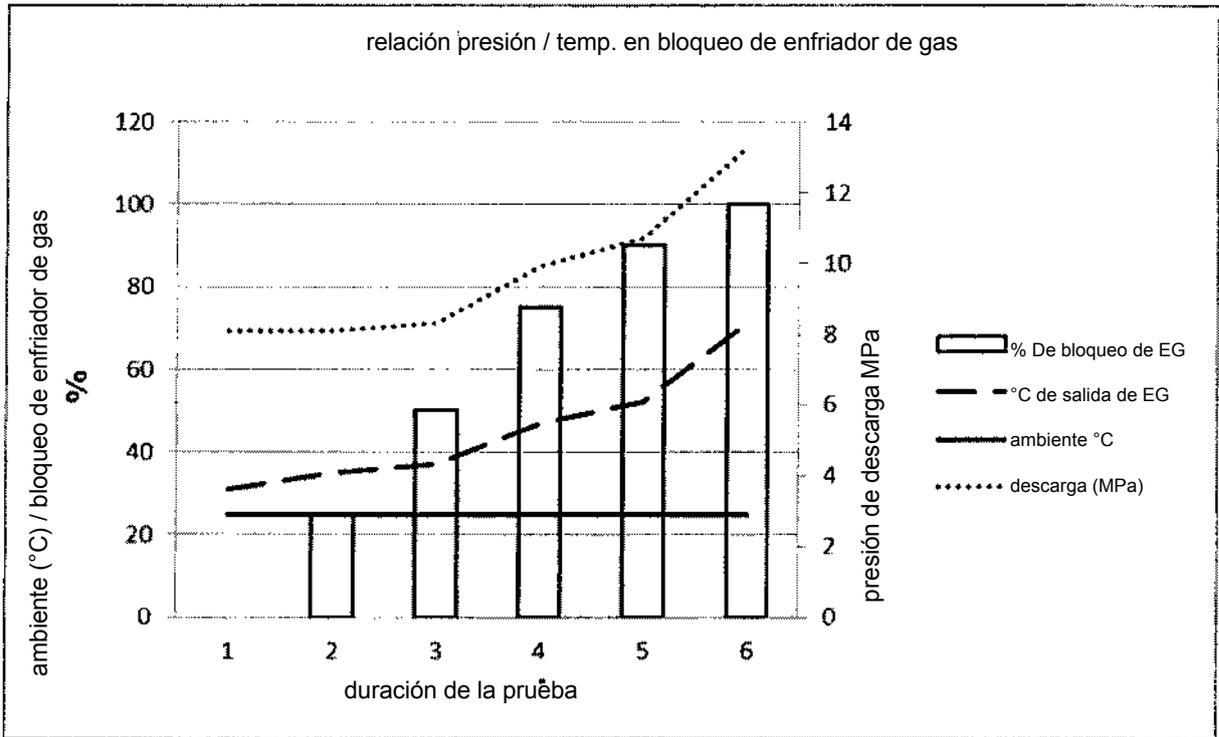


Fig. 4

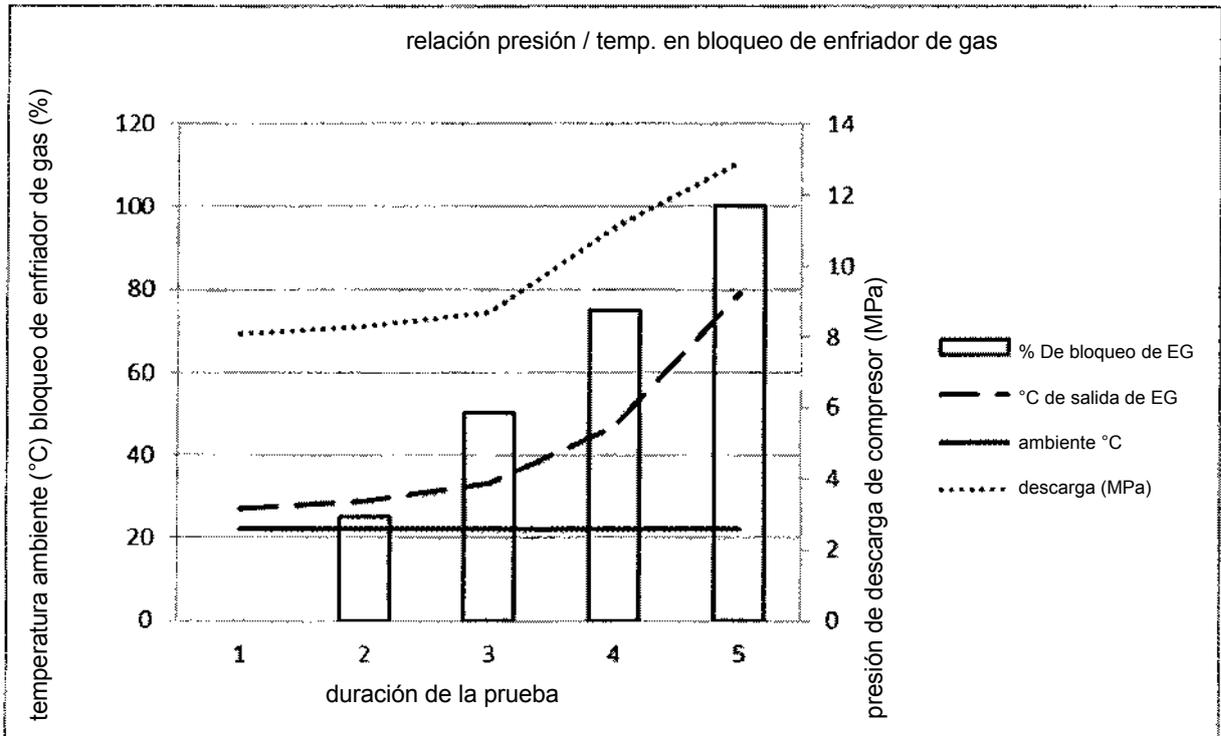


Fig. 5

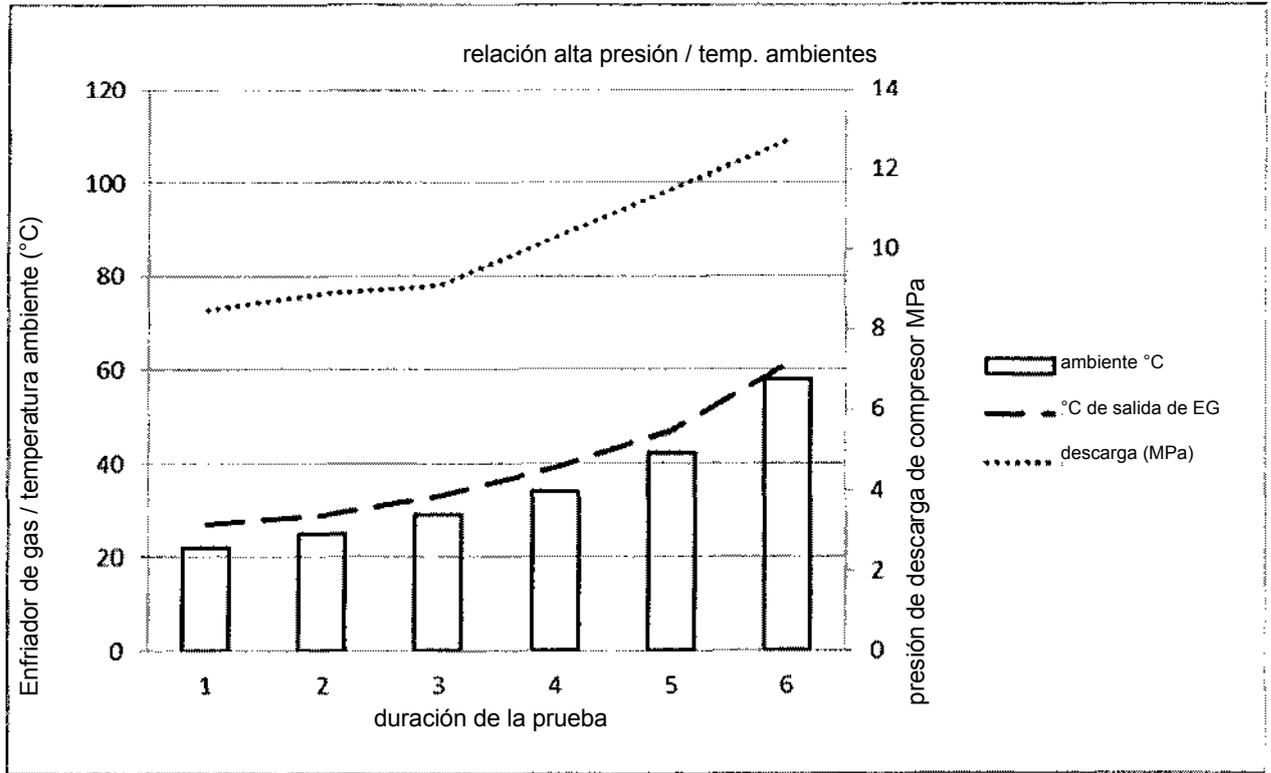


Fig. 6

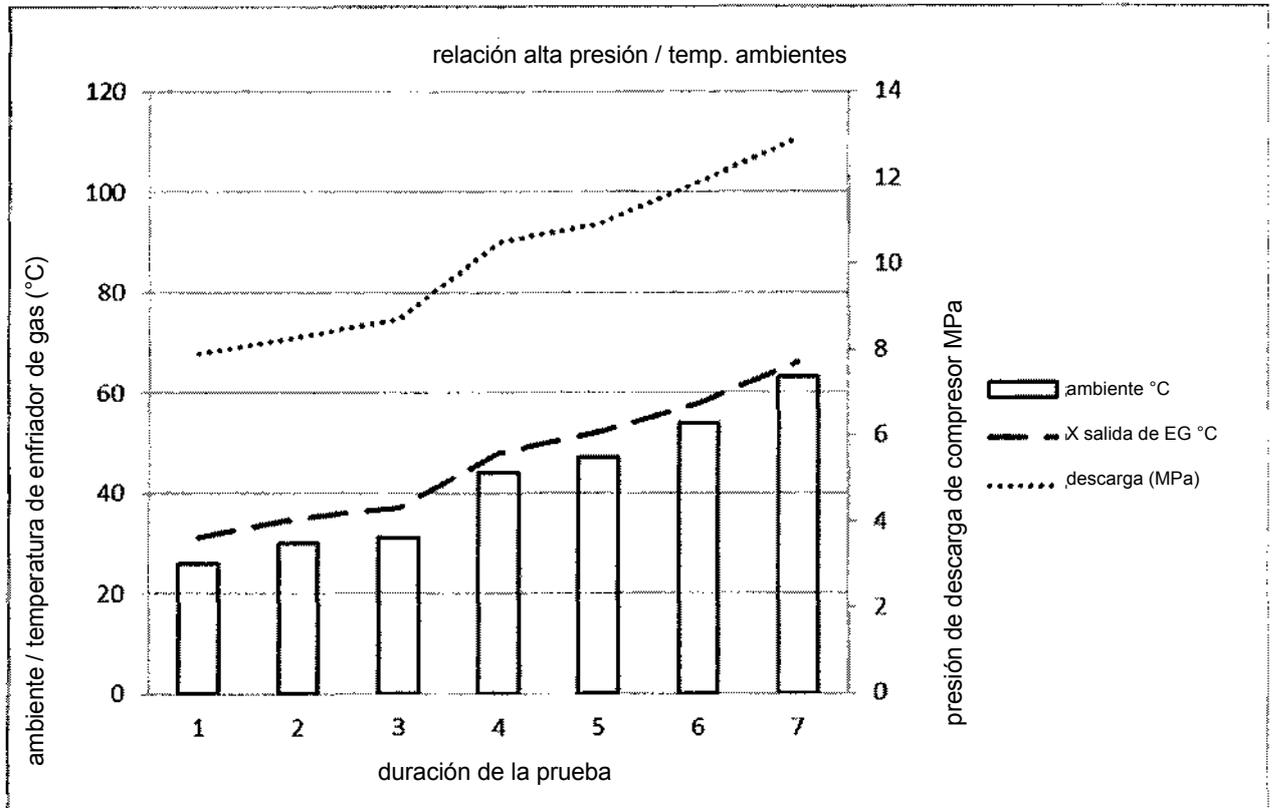


Fig. 7

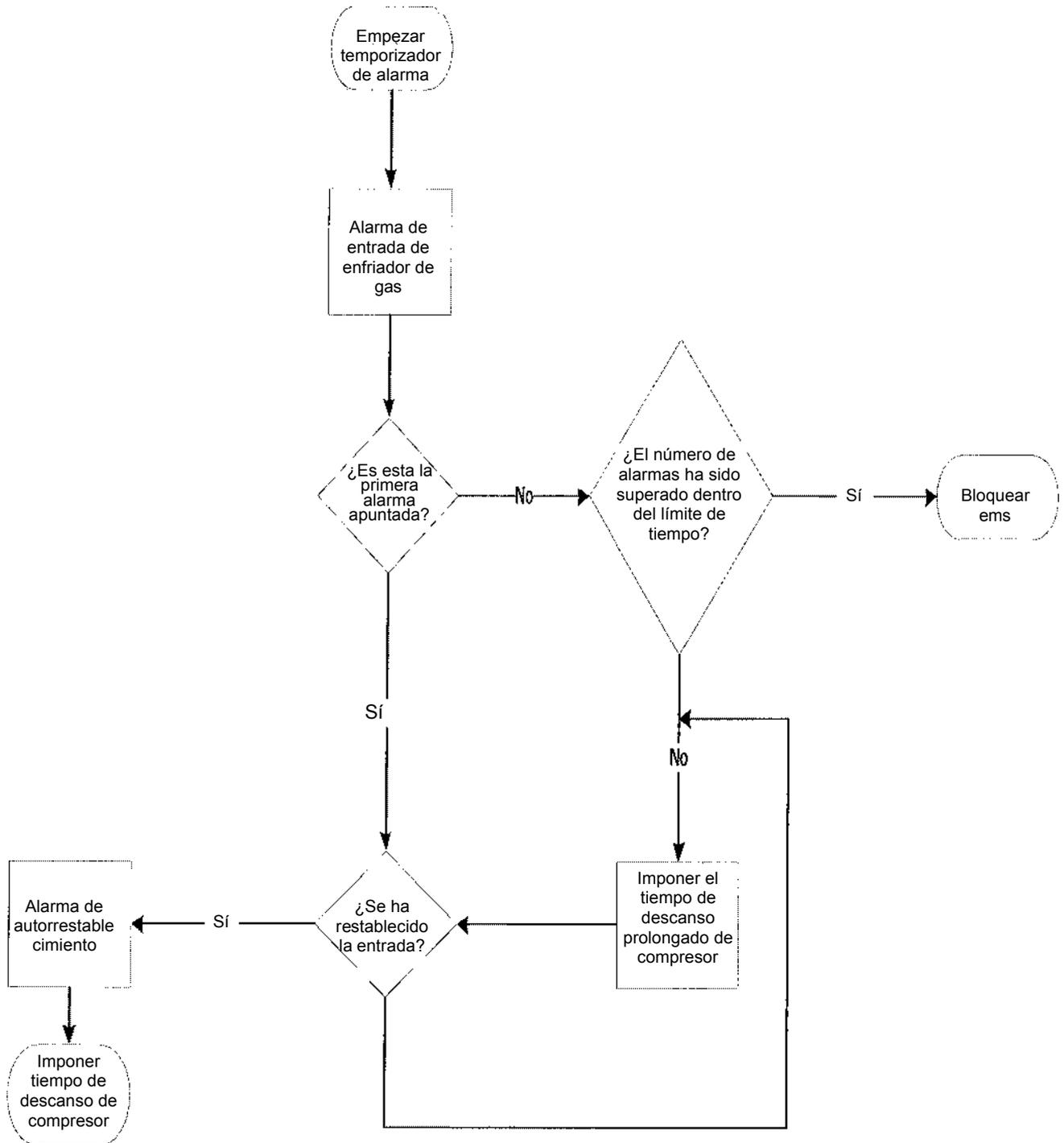


Fig. 8

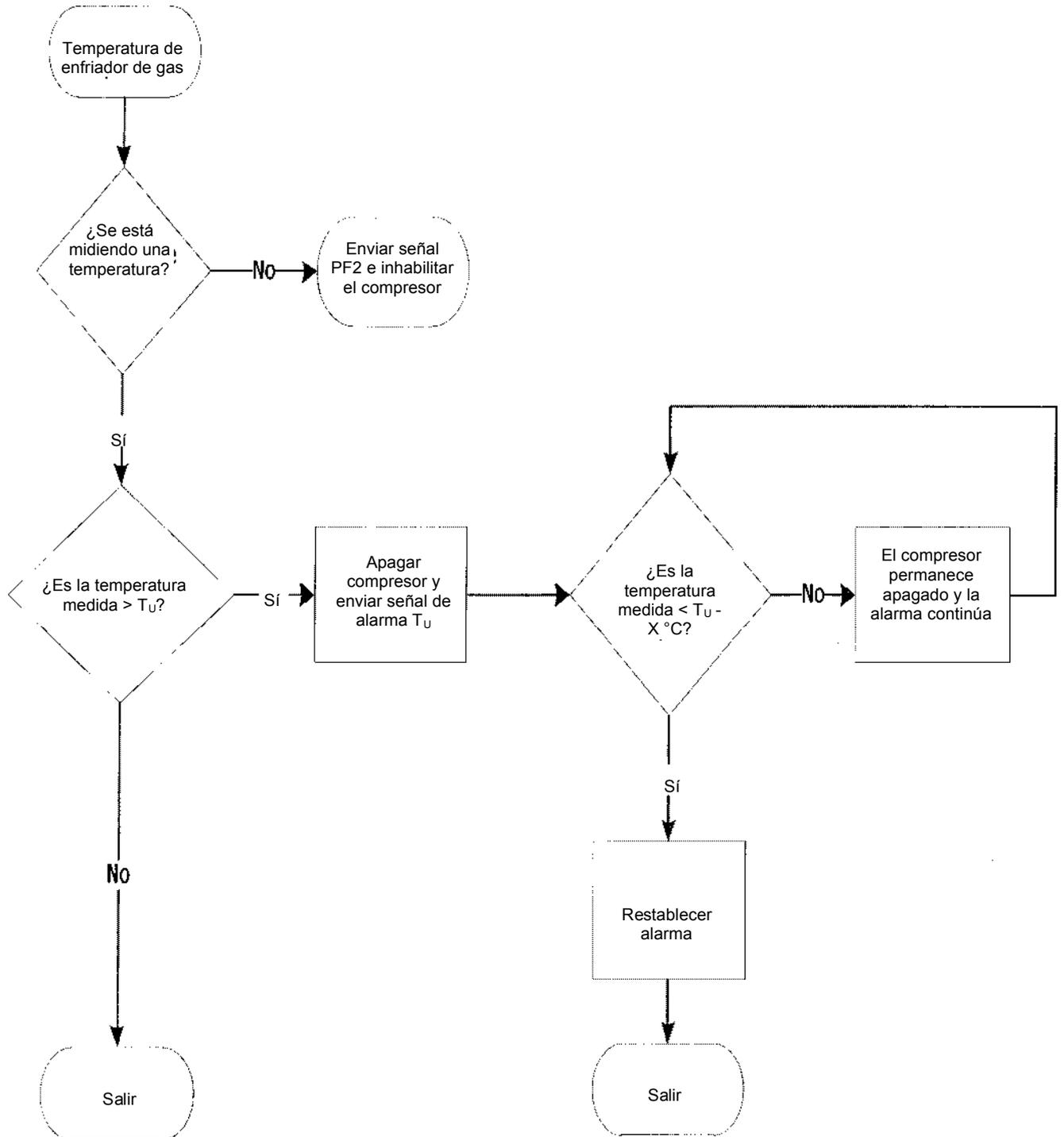
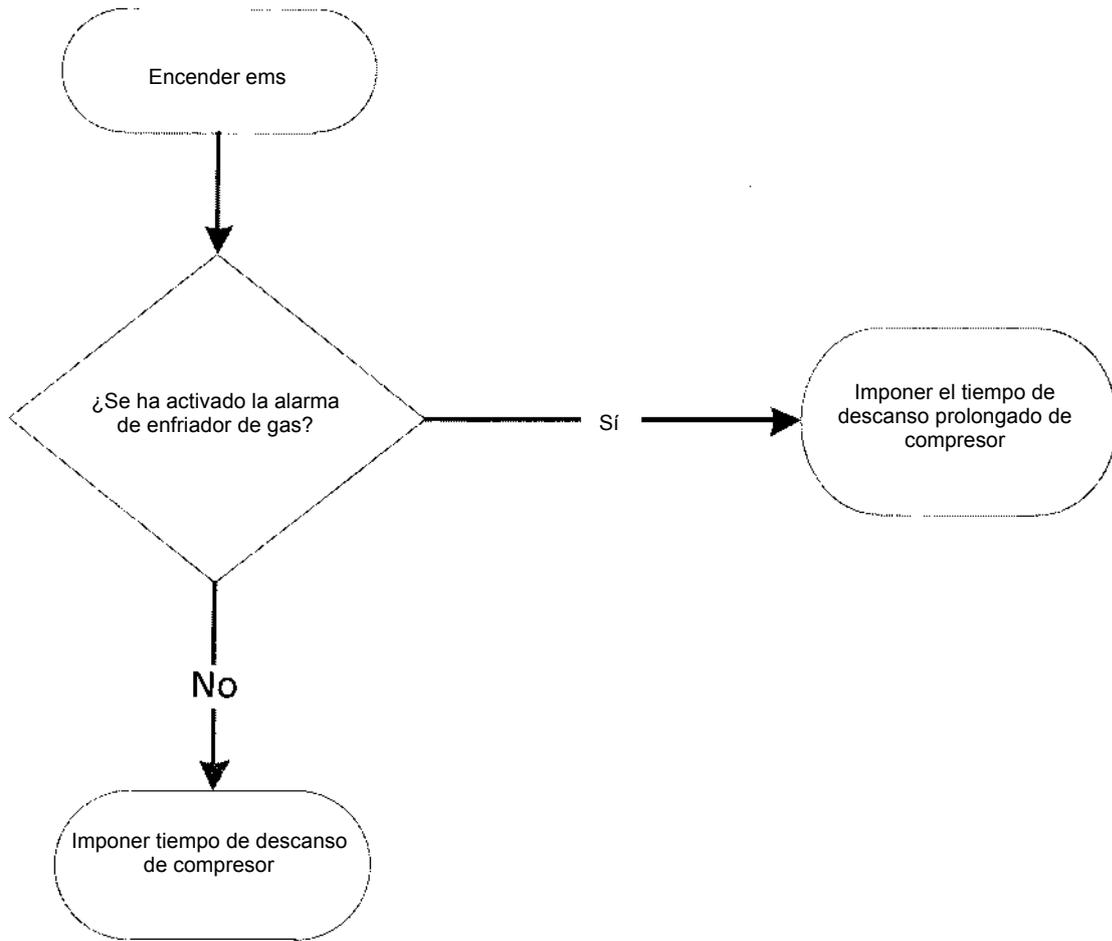


Fig. 9



**Fig. 10**