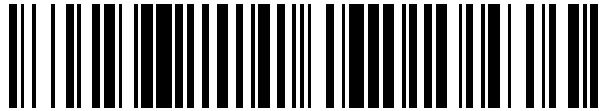


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 929 649**

51 Int. Cl.:

**F01K 23/06** (2006.01)

**F01K 13/00** (2006.01)

**F16T 1/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.06.2017 PCT/EP2017/064718**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.12.2017 WO17220434**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.06.2017 E 17729508 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.08.2022 EP 3472439**

54 Título: **Método de detección y extracción del fluido gaseoso contenido en un circuito cerrado que funciona de acuerdo con un ciclo de Rankine y dispositivo que utiliza un método de este tipo**

30 Prioridad:

**20.06.2016 FR 1655689**

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

**30.11.2022**

73 Titular/es:

**IFP ENERGIES NOUVELLES (50.0%)  
1 & 4 avenue de Bois-Préau  
92852 Rueil-Malmaison Cedex, FR y  
ENOGIA (50.0%)**

72 Inventor/es:

**SERRANO, DAVID;  
TERVER, JOCELYN;  
PAUCHER, ANTONIN y  
LEROUX, ARTHUR**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 929 649 T3

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

**DESCRIPCIÓN**

Método de detección y extracción del fluido gaseoso contenido en un circuito cerrado que funciona de acuerdo con un ciclo de Rankine y dispositivo que utiliza un método de este tipo

5 La presente invención hace referencia a un método de detección y extracción del fluido gaseoso contenido en un circuito cerrado que funciona de acuerdo con un ciclo de Rankine y a un circuito cerrado que utiliza un método de este tipo.

Como es ampliamente conocido, el ciclo de Rankine es un ciclo termodinámico en el que el calor procedente de una fuente de calor externa se transfiere a un circuito cerrado que contiene un fluido de trabajo.

10 Este ciclo se descompone generalmente en una etapa en la que el fluido de trabajo con bajo punto de congelación se comprime de manera isoentrópica, seguida de una etapa en la que este fluido comprimido se calienta y se vaporiza en contacto con una fuente de calor. Acto seguido, este vapor se expande de manera isoentrópica en una etapa posterior en una máquina de expansión y en una etapa final este vapor expandido se enfría y se condensa en contacto con una fuente fría.

15 Para llevar a cabo estas diferentes etapas, el circuito comprende una bomba para comprimir el fluido de trabajo en forma líquida y hacerlo circular a través del circuito, un intercambiador de calor (o evaporador) que es barrido por un fluido caliente para llevar a cabo la vaporización, al menos parcial, del fluido comprimido, una máquina de expansión para expandir el vapor, tal como una turbina, que transforma la energía de este vapor en otra energía, como una energía eléctrica, acoplándole un generador eléctrico para formar un turbogenerador, y otro intercambiador de calor (o condensador) mediante el cual el calor contenido en el vapor se cede a una fuente fría, generalmente un fluido refrigerante o aire exterior que barre este condensador, para transformar este vapor en un líquido

20

También se conoce, en particular a partir del documento FR 2 884 555, la utilización de la energía térmica transportada por los gases de escape de un motor de combustión interna, en particular el utilizado para los vehículos automóviles, como fuente de calor para asegurar el calentamiento y la vaporización del fluido que pasa por el evaporador.

25 Esto permite mejorar la eficiencia energética de este motor al recuperar gran parte de la energía que se pierde en los gases de escape y convertirla en una energía que se puede utilizar para el vehículo automóvil a través del circuito del ciclo de Rankine.

Como es ampliamente conocido, en este circuito puede haber un fluido en forma gaseosa, lo que tiene el gran inconveniente de reducir el rendimiento del fluido de trabajo y degradar en gran medida el rendimiento global de este ciclo de Rankine.

30 Por fluido en forma gaseosa se entiende un fluido diferente del fluido de trabajo y que puede ser aire o cualquier otro fluido gaseoso resultante de la descomposición o degradación del fluido de trabajo.

Por razones de simplificación en la descripción que sigue a continuación, el fluido gaseoso considerado es el aire.

35 Este aire puede ser el resultado de una purga imperfecta del circuito cuando se llena de fluido de trabajo, o provenir del fluido de trabajo que desorbe el aire que contiene durante el funcionamiento del circuito, o de que se produzcan fugas de aire en el circuito, en particular en las uniones entre los diferentes elementos del circuito, sobre todo cuando el circuito está parado.

Otros dispositivos de la técnica anterior se describen en los documentos US2015/013935 A1, US2010/294377 A1 y US2015/013338 A1.

40 En particular, mediante el documento US20140099184 se conoce cómo detectar la presencia de aire en el circuito cerrado y, a continuación, dirigir este aire a la máquina de expansión para que sea confinado allí.

Un funcionamiento de este tipo tiene como principal inconveniente complicar el circuito cerrado para asegurar el guiado del aire a la máquina de expansión.

La presente invención pretende subsanar los inconvenientes mencionados anteriormente mediante un método y un dispositivo sencillo y económico para hacer funcionar un ciclo de Rankine cerrado sin aire en cualquier momento.

45 Para ello, la invención hace referencia a un método de detección y extracción del fluido gaseoso contenido en un circuito cerrado que funciona de acuerdo con un ciclo de Rankine con las características de la reivindicación 1.

El circuito puede estar en reposo cuando no hay circulación de fluido de trabajo en el equipo de extracción y la temperatura medida corresponde, en esencia, a la temperatura ambiente.

La temperatura y la presión del fluido de trabajo se pueden medir en un punto bajo de altitud del circuito.

Se puede activar el equipo de extracción del fluido gaseoso colocado en un punto alto del circuito.

- 5 El equipo de extracción se puede activar haciendo funcionar una bomba de extracción del fluido gaseoso y controlando la apertura de una válvula que controla el flujo del fluido gaseoso en una tubería que conecta la bomba con el circuito.

Se puede extraer un fluido gaseoso que comprende aire o cualquier otro fluido gaseoso resultante de la descomposición o degradación del fluido de trabajo utilizado en dicho circuito del ciclo de Rankine.

El fluido gaseoso extraído se puede dirigir hacia el exterior del circuito.

- 10 La invención también hace referencia a un circuito cerrado que funciona de acuerdo con un ciclo de Rankine con las características de la reivindicación 8.

La tabla de cálculo puede comprender todo o parte de un diagrama de Mollier. El equipo de extracción del fluido gaseoso puede comprender una bomba de extracción del fluido gaseoso conectada al circuito.

- 15 El equipo puede comprender una tubería de fluido gaseoso que conecta el circuito con la bomba de extracción del fluido gaseoso.

El equipo puede comprender una válvula pilotada que sirve para controlar la circulación del fluido gaseoso en la tubería del fluido gaseoso.

El equipo puede comprender una tubería para la evacuación hacia el exterior del fluido gaseoso.

- 20 El fluido gaseoso puede comprender aire o cualquier otro fluido gaseoso resultante de la descomposición o degradación del fluido de trabajo utilizado en dicho circuito del ciclo de Rankine.

Otras características y ventajas de la invención se desprenderán con la lectura de la siguiente descripción, dada únicamente a título ilustrativo y no restrictivo, y a la que se adjuntan:

- la figura 1 ilustra un circuito cerrado que funciona de acuerdo con un ciclo de Rankine con el método y el dispositivo de acuerdo con la invención y

- 25 - la figura 2 muestra un diagrama de Mollier que traza la presión en función de la entalpía másica, que se utiliza para el método de acuerdo con la invención.

La figura 1 ilustra un circuito cerrado del ciclo de Rankine 10 que de forma ventajosa es del tipo ORC (ciclo de Rankine orgánico) y que utiliza un fluido orgánico o mezclas de fluidos orgánicos, como butano, etanol, hidrofluorocarbonos, dióxido de carbono, etc.

- 30 Se entiende que el circuito cerrado puede funcionar con un fluido no orgánico como el amoníaco o el agua.

Este circuito comprende una bomba de circulación y compresión del fluido de trabajo 12, denominada bomba de circulación en la siguiente descripción, con una entrada 14 para el fluido de trabajo en forma líquida y una salida 16 para este fluido de trabajo también en forma líquida pero comprimido a alta presión. Esta bomba es accionada para que gire de forma ventajosa por cualquier medio, como un motor eléctrico (no mostrado).

- 35 Este circuito también tiene un intercambiador de calor 18, denominado evaporador, por el que pasa el fluido de trabajo comprimido entre una entrada 20 para este fluido líquido y una salida 22 por la que el fluido de trabajo sale de este evaporador en forma de vapor comprimido. Este evaporador es recorrido por una fuente de calor 24 en forma líquida o gaseosa.

- 40 Esta fuente de calor puede provenir de los gases de escape que circulan en la línea de escape 26 de un motor de combustión interna 28, del fluido refrigerante de un motor de combustión interna, del fluido de refrigeración de un horno industrial o del fluido caloportador calentado en instalaciones térmicas o por un quemador.

Este circuito también tiene una máquina de expansión 30 que recibe el fluido de trabajo por su entrada 32 en forma de vapor comprimido a alta presión, saliendo este fluido por la salida 34 de esta máquina en forma de vapor expandido a baja presión.

5 Ventajosamente, esta máquina de expansión tiene la forma de una turbina de expansión, cuyo eje rotor es accionado en rotación por el fluido de trabajo en forma de vapor mediante la rotación de un eje de conexión 36 (mostrado en líneas discontinuas). Preferiblemente, este eje permite transmitir la energía recuperada del fluido de trabajo a cualquier dispositivo transformador, como por ejemplo un generador eléctrico 38.

10 El circuito también tiene un intercambiador de refrigeración 40, o condensador, con una entrada 42 para el vapor expandido a baja presión y una salida 44 para el fluido de trabajo a baja presión transformado en forma líquida después de su paso por este condensador. Este condensador es barrido por una fuente fría, generalmente un flujo de agua fría normalmente a temperatura ambiente, para enfriar el vapor expandido de manera que se condense y se transforme en líquido. Por supuesto, se puede utilizar cualquier otra fuente fría de refrigeración, como otro líquido refrigerante o aire frío, para asegurar la condensación del vapor.

15 Este circuito también tiene, entre el condensador y la bomba de circulación, un depósito cerrado 46 para mantener el fluido de trabajo en estado líquido y, preferiblemente, un filtro 48, como un filtro de cartucho, para filtrar el fluido de trabajo que sale del depósito antes de su introducción en la bomba.

20 Los diferentes elementos del circuito se conectan entre sí mediante tuberías de circulación de fluido 50, 52, 54, 56, 58, 60, que sirven para conectar sucesivamente la bomba con el evaporador (tubería del evaporador 50), el evaporador con la turbina (tubería de la turbina 52), esta turbina con el condensador (tubería del condensador 54), el condensador con el depósito (tubería del depósito 56), el depósito con el filtro (tubería del filtro 58) y el filtro con la bomba (tubería de la bomba 60) para que el fluido de trabajo circule de acuerdo con un sentido horario.

Como se muestra en la figura 1, el circuito tiene además un equipo de extracción del fluido gaseoso 62, en este caso aire, que se coloca en el punto más alto del circuito, es decir, en un punto del circuito donde se acumula el aire.

25 Este equipo de extracción comprende una tubería de aire 64 que comienza en una conexión 66 con el punto más alto del circuito, en este caso en una de las tuberías más altas colocadas en el circuito según se muestra en la figura 1, como por ejemplo la tubería 52. Esta tubería de aire termina en un medio de extracción de aire, en este caso una bomba 68 denominada bomba de extracción de aire, que lleva una tubería de evacuación 70 del aire extraído hacia el exterior del circuito o hacia un depósito de inercia (no mostrado). La tubería de aire lleva una válvula 72, de forma ventajosa una válvula pilotada, entre la bomba de aire y la conexión que sirve para controlar la circulación de aire en la tubería de aire.

El circuito comprende un sensor de presión 74 y un sensor de temperatura 76, que se sitúan preferiblemente en el punto más bajo del circuito, es decir, en una de las tuberías más bajas en altura si se considera el circuito según se muestra en la figura 1. Estos sensores se sitúan preferiblemente en la zona de baja presión del circuito entre la salida de la turbina y la entrada de la bomba de circulación.

35 Ventajosamente y a modo de ejemplo, estos sensores se colocan en la tubería 56 a la salida del condensador 40. El sensor de presión 74 permite de este modo conocer la presión existente en la parte del circuito que se encuentra a baja presión, mientras que el sensor de temperatura permite estar informado de la temperatura del fluido de trabajo que sale del condensador y que básicamente es la temperatura más baja del fluido que circula por el circuito.

40 Por supuesto, se proporciona una unidad de control similar a un ordenador 78 que controla los diferentes actuadores del circuito, como la válvula o la bomba de aire, y que recibe las mediciones de los diversos sensores, como por ejemplo el sensor de presión 74 y el sensor de temperatura 76.

Este ordenador también contiene tablas de cálculo con, en particular, la ecuación de la curva del líquido saturado  $P_{\text{líquido saturado}} = f(T)$ , que permite conocer el valor teórico de la presión del líquido  $P_{\text{líquido saturado}}$  en función de la temperatura medida  $T_{\text{actual}}$ .

45 Más concretamente, esta curva se obtiene del diagrama de Mollier (véase la figura 2) que tiene en cuenta la presión (P en bar) del fluido de trabajo en función de la entalpía másica (en kJ/kg) de este fluido.

Ventajosamente, esta curva puede corresponder a una parte del diagrama de Mollier. De hecho, basta con conocer la curva de la presión del líquido saturado en función de la temperatura.

50 El conjunto formado de este modo por el equipo de extracción de aire, los sensores y el ordenador constituye un dispositivo de detección y extracción de fluidos gaseosos utilizado para un circuito cerrado.

## ES 2 929 649 T3

El método aplicado a este circuito consiste en detectar la presencia de un fluido gaseoso, en este caso aire, en el circuito en reposo y extraer este aire fuera de este circuito.

5 Para detectar la presencia de aire, el método consiste en medir las condiciones termodinámicas de presión  $P_{\text{actual}}$  y temperatura  $T_{\text{actual}}$  del fluido con la ayuda del sensor de presión y del sensor de temperatura en el circuito cuando éste está en reposo y el fluido de trabajo está frío, por ejemplo, antes de un reinicio del circuito.

Se considera que el circuito cerrado está en reposo cuando no hay circulación de fluido de trabajo en el equipo de extracción 62 y cuando el fluido de trabajo está frío, es decir, la temperatura  $T_{\text{actual}}$  del fluido está en o cerca de la temperatura ambiente  $T$  (dentro de  $\pm 5$  °C).

10 Una vez alcanzadas estas condiciones, se comparan entonces los dos valores  $P_{\text{actual}}$  y  $P_{\text{líquido saturado}}$  del diagrama de Mollier en función de la temperatura ambiente  $T$ .

De este modo, a modo de ejemplo, para una temperatura ambiente  $T$  de 25 °C:

- Si  $P_{\text{actual}}$  es igual o cercana al valor umbral  $P_{\text{líquido saturado}}$  ( $\pm 3$  %) (punto A), el circuito no tiene aire presente y no se requiere ninguna otra operación.

15 - Si  $P_{\text{actual}}$  es mayor que el valor umbral  $P_{\text{líquido saturado}}$  (punto B), como se muestra en la figura 2, el circuito contiene aire que se ha acumulado en su parte superior, este aire de baja densidad se localiza de forma natural en los volúmenes de máxima altitud, en este caso la tubería 52, y se deben tomar medidas correctoras.

La acción correctiva consiste en extraer el aire contenido en el circuito haciendo funcionar el equipo de extracción 62 que se coloca en un punto alto del circuito.

20 La bomba de extracción de aire 68 se activa entonces y, a continuación, la válvula 72 se abre para dejar libre la circulación del aire entre la conexión 66 al circuito 10 y la bomba 68.

Acto seguido, el aire extraído se evacua a la atmósfera o a un volumen de almacenamiento a través de la tubería 70.

Por supuesto, dentro del alcance del experto en la técnica está el parametrizar el tiempo de activación de la bomba de extracción de aire, así como el tiempo de apertura de la válvula para obtener una extracción completa del aire, en particular en función de la evolución de la diferencia entre  $P_{\text{actual}} - P_{\text{líquido saturado}}$ .

25 Al final de esta acción correctiva, se obtiene un circuito que contiene un fluido de trabajo libre de gases como por ejemplo el aire.

Entonces, el circuito se puede hacer operativo ofreciendo todas las operaciones deseadas.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Método de detección y extracción del fluido gaseoso contenido en un circuito cerrado (10) que funciona de acuerdo con un ciclo de Rankine, comprendiendo dicho circuito una multiplicidad de componentes con, sucesivamente, una bomba (12) para hacer circular y comprimir un fluido de trabajo, un intercambiador de calor (18) asociado a una fuente de calor (24), una máquina de expansión (30), un intercambiador de refrigeración (40), un depósito (46) para el fluido de trabajo y tuberías de circulación (50, 52, 54, 56, 58, 60) que conectan estos componentes, caracterizado por que:
- la temperatura ( $T_{\text{actual}}$ ) y la presión ( $P_{\text{actual}}$ ) del fluido de trabajo se miden en un punto del circuito cuando éste está en reposo, y
  - 10 - en cuanto la presión medida ( $P_{\text{actual}}$ ) supera un valor umbral ( $P_{\text{líquido saturado}}$ ) para una temperatura ambiente (T) dada, se activa un equipo de extracción (62) del fluido gaseoso para evacuarlo del circuito.
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el circuito está en reposo cuando no hay circulación de fluido de trabajo en el equipo de extracción (62) y la temperatura medida corresponde, en esencia, a la temperatura ambiente.
- 15 3. Método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la temperatura ( $T_{\text{actual}}$ ) y la presión ( $P_{\text{actual}}$ ) del fluido de trabajo se miden en un punto bajo de altitud del circuito.
4. Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el equipo de extracción del fluido gaseoso (62) situado en un punto alto del circuito está activado.
- 20 5. Método de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por que el equipo de extracción (62) se activa haciendo funcionar una bomba de extracción del fluido gaseoso (68) y controlando la apertura de una válvula (72) que controla la circulación del fluido gaseoso en una tubería (64) que conecta la bomba al circuito.
6. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se extrae un fluido gaseoso que comprende aire o cualquier otro fluido gaseoso resultante de la descomposición o degradación del fluido de trabajo utilizado en dicho circuito del ciclo de Rankine.
- 25 7. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el fluido gaseoso extraído se dirige hacia el exterior del circuito.
- 30 8. Circuito cerrado (10) que funciona de acuerdo con un ciclo de Rankine, comprendiendo el circuito cerrado un dispositivo de detección y extracción del fluido gaseoso, comprendiendo dicho circuito una bomba de compresión/circulación (12) para un fluido de trabajo en forma líquida, un intercambiador de calor (18) barrido por una fuente de calor (24) para la evaporación de dicho fluido, medios de expansión (30) del fluido en forma de vapor, un intercambiador de refrigeración (42) barrido por una fuente fría para la condensación del fluido de trabajo, un depósito de fluido de trabajo (48), y tuberías de circulación del fluido de trabajo (50, 52, 54, 56, 58, 60), caracterizado por que el dispositivo de detección y extracción del fluido gaseoso comprende al menos un sensor de presión (74) y al menos un sensor de temperatura (76) para detectar la presencia de fluido gaseoso en el circuito cerrado en reposo, un ordenador y un equipo de extracción del fluido gaseoso (62) fuera del circuito, aplicando el circuito el método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores.
- 35 9. Circuito cerrado (10) de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado por que dicho al menos un sensor de presión (74) y dicho al menos un sensor de temperatura (76) están asociados a una tabla de cálculo que comprende todo o parte de un diagrama de Mollier.
- 40 10. Circuito cerrado (10) de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, caracterizado por que el equipo de extracción del fluido gaseoso (62) comprende una bomba de extracción del fluido gaseoso (68) conectada al circuito (10).
11. Circuito cerrado (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizado por que el equipo (62) comprende una tubería de fluido gaseoso (64) que conecta el circuito (10) con la bomba de extracción del fluido gaseoso.
- 45 12. Circuito cerrado (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 11, caracterizado por que el equipo (62) comprende una válvula pilotada que sirve para controlar la circulación del fluido gaseoso en la tubería de fluido gaseoso.
13. Circuito cerrado (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 12, caracterizado por que el equipo (62) comprende una tubería de evacuación (70) hacia el exterior del fluido gaseoso.

14. Circuito cerrado (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 13, caracterizado por que el fluido gaseoso comprende aire o cualquier otro fluido gaseoso resultante de la descomposición o degradación del fluido de trabajo utilizado en dicho circuito del ciclo de Rankine.

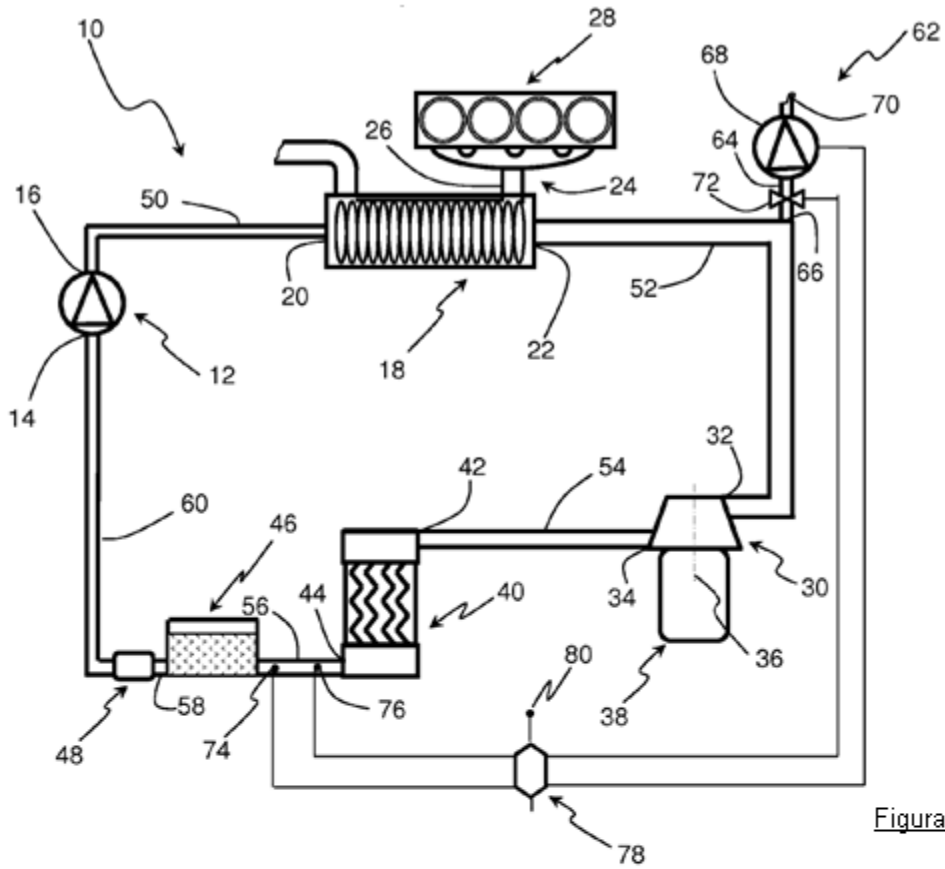


Figura 1

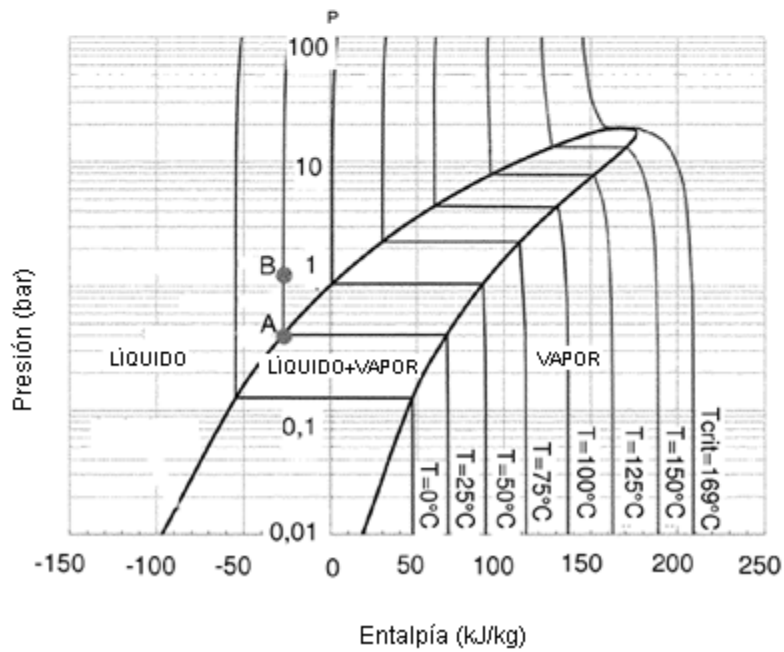


Figura 2