

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 597 231**

51 Int. Cl.:

F01K 3/00 (2006.01)

F25J 1/00 (2006.01)

F01K 25/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.08.2013 PCT/EP2013/002297**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.02.2014 WO14019698**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.08.2013 E 13745584 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.07.2016 EP 2880267**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la generación de energía eléctrica**

30 Prioridad:

02.08.2012 EP 12005616

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

17.01.2017

73 Titular/es:

**LINDE AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Klosterhofstrasse 1
80331 München, DE**

72 Inventor/es:

ALEXANDER, ALEKSEEV

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 597 231 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 y dispositivo para la generación de energía eléctrica

5 La invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para la generación de energía eléctrica según el preámbulo de la reivindicación 1 así como a un dispositivo correspondiente.

Por "líquido ultracongelado" se entiende un líquido cuyo punto de ebullición se sitúa por debajo de la temperatura ambiente y se sitúa por ejemplo a 220 K o menos, en particular se sitúa a menos de 200 K.

10 El líquido ultracongelado, al "evaporarse", puede estar a una presión subcrítica. No obstante, en caso de que el líquido ultracongelado se lleve a una presión hiperbárica, que se sitúe por encima de la presión crítica, no tiene lugar una verdadera transición de fase ("evaporación"), sino una denominada "seudoevaporación".

15 El "sistema de intercambiador de calor" sirve para enfriar el aire de carga de la instalación de tratamiento de aire en un intercambio de calor indirecto con uno o varios flujos fríos. Puede estar formado por un único o varios segmentos de intercambiador de calor unidos en paralelo y/o en serie, por ejemplo por uno o varios bloques de intercambiador de calor de placas.

20 Se conocen procedimientos y dispositivos que utilizan aire líquido o nitrógeno líquido para la regulación de red y para proporcionar la potencia de regulación en redes eléctricas. A este respecto, a las horas a las que la electricidad es barata se licúa el aire ambiente en una instalación de descomposición del aire con licuefactor integrado o en una instalación de licuefacción separada y se almacena en un tanque de líquido configurado como tanque de almacenamiento a bajas temperaturas. A las horas de carga máxima se extrae el aire licuado del tanque de almacenamiento, se lleva hasta la presión superior en una bomba, a continuación se calienta hasta aproximadamente la temperatura ambiente o más. A continuación se descomprime este aire caliente a alta presión en una unidad de descompresión compuesta por una turbina o varias turbinas con calentamiento intermedio hasta alcanzar la presión ambiente. La energía mecánica generada en la unidad de turbina se convierte en energía eléctrica en un generador y como energía particularmente valiosa se alimenta a la red eléctrica. Este tipo de sistemas se describen en los documentos WO 2007096656 y DE 3139567 A1.

La invención se basa en el objetivo de mejorar un sistema de este tipo en cuanto a su rentabilidad y en particular posibilitar una construcción relativamente sencilla en cuanto a los aparatos.

35 Este objetivo se alcanza mediante los rasgos característicos de la reivindicación 1. Por tanto, según la invención durante el segundo modo operativo el líquido ultracongelado en el sistema de intercambiador de calor se lleva a un intercambio de calor indirecto con gas natural, que a este respecto se licua o pseudolicua a presión y a continuación se obtiene como líquido a una presión reducida. Por tanto, el frío almacenado en el líquido ultracongelado se transfiere al gas natural y con ello se utiliza provechosamente a diferencia de la (seudo)evaporación por lo demás habitual con un portador de calor como aire atmosférico o vapor (de agua) caliente. De este modo se reduce la cantidad de componentes físicos como intercambiadores de calor, turbinas y/o compresores; se reducen los costes para toda la instalación de almacenamiento de aire líquido y se aumenta la rentabilidad de esta aplicación.

40 A este respecto la licuefacción de gas natural se realiza en el sistema de intercambiador de calor de la instalación de tratamiento de aire, que existe de todas maneras para el enfriamiento del aire de carga en el primer modo operativo. A este respecto según los requisitos de la instalación de tratamiento de aire especial el gas natural puede ponerse directamente en contracorriente con el líquido de almacenamiento que se (seudo)evapora, o dentro del sistema de intercambiador de calor se aprovecha un circuito de medio de enfriamiento, fluyendo el gas natural sólo a través de uno o varios bloques de intercambiador de calor comunes con el medio de enfriamiento. Tales sistemas de medio de enfriamiento se conocen por los procedimientos de descomposición del aire en los que el frío del gas natural licuado (LNG) se transfiere a flujos de proceso de la descomposición del aire; de manera correspondiente pueden transferirse a la presente aplicación.

45 En el marco de la invención, en el segundo modo operativo se genera energía mecánica a partir del fluido de almacenamiento a alta presión, descomprimiendo o bien el propio fluido de almacenamiento o un fluido derivado del mismo en la unidad de expansión de gas produciendo un trabajo. El fluido derivado puede formarse por ejemplo mediante una mezcla del fluido de almacenamiento con uno o varios otros fluidos, o mediante un producto de reacción del fluido de almacenamiento con una o varias otras sustancias. Este último puede formarse por ejemplo mediante gas de escape de combustión, cuando el fluido de almacenamiento contiene oxígeno y se aprovecha para quemar un combustible.

50 El flujo de gas natural que va a licuarse, antes de su introducción en el sistema de intercambiador de calor, se lleva en particular a una alta presión adecuada de por ejemplo 20 a 200 bar, en particular 40 a 80 bar.

65 Preferiblemente, a la inversa, en el primer modo operativo se introduce un flujo de gas natural licuado en el sistema de intercambiador de calor y aquí se evapora o pseudoevapora.

De este modo puede reutilizarse el frío transferido al gas natural en el segundo modo operativo en el propio proceso. El gas natural licuado, en el primer modo operativo, puede introducirse preferiblemente del todo o en parte en un dispositivo de almacenamiento (tanque de gas natural líquido) y desde aquí, en el segundo modo operativo, volver a extraerse.

En principio, en el segundo modo operativo puede apagarse la unidad de compresión de aire; en este caso se suministra calor para la (seudo)evaporación del líquido ultracongelado exclusivamente por el gas natural que va a licuarse. No obstante, en muchos casos puede ser favorable que también en el segundo modo operativo se comprima aire de carga en la unidad de compresión de aire y se enfríe en el sistema de intercambiador de calor. En principio, parece poco favorable seguir haciendo funcionar la unidad de compresión de aire en el segundo modo operativo, en el que el precio de la energía es elevado. Sin embargo, en el marco de la invención se ha encontrado que sorprendentemente se asocian con ello grandes ventajas operativas porque la unidad de compresión de aire, al conmutar entre los modos operativos, no tiene que apagarse y encenderse, sino que sigue funcionando de manera continua. Además la cantidad de aire de carga comprimida puede obtenerse como gas a alta presión y a partir del mismo, adicionalmente, obtenerse energía eléctrica.

En una primera variante del procedimiento según la invención en el segundo modo operativo al menos una parte de la generación de energía eléctrica a partir del fluido de almacenamiento gaseoso a alta presión se realiza en el expansor de turbina de gas de un sistema de turbina de gas de una central eléctrica de turbina de gas, suministrándose el fluido de almacenamiento aguas abajo de la evaporación al sistema de turbina de gas. A este respecto el sistema de turbina de gas forma parte de la unidad de expansión de gas en el sentido de la reivindicación 1. Este aprovechamiento del sistema de turbina de gas en sí mismo para la obtención de energía a partir del fluido de almacenamiento a alta presión se describe en más detalle en las reivindicaciones 5 y 6 así como en la solicitud de patente alemana anterior 102011121011 y las solicitudes de patente correspondientes a la misma.

Un "sistema de turbina de gas" presenta una turbina de gas (expansor de turbina de gas) y una cámara de combustión. En la turbina de gas se descomprimen gases calientes procedentes de la cámara de combustión produciendo un trabajo. El sistema de turbina de gas puede presentar además un compresor de turbina de gas accionado con la turbina de gas. Una parte de la energía mecánica generada en la turbina de gas se utiliza habitualmente para accionar el compresor de turbina de gas. Una parte adicional se convierte regularmente para la generación de energía eléctrica en un generador.

Al menos una parte de la generación de energía mecánica a partir del fluido de almacenamiento gaseoso a alta presión se lleva a cabo en esta variante en el sistema de turbina de gas de la central eléctrica, es decir, en un aparato presente por lo demás en la central eléctrica para la conversión de energía de presión en energía de accionamiento mecánica. En el marco de la invención un sistema separado adicional para la descompresión del fluido de almacenamiento a alta presión produciendo un trabajo puede estar configurado de manera menos compleja o suprimirse del todo. En el caso más sencillo, en la invención toda la generación de energía mecánica a partir del fluido de almacenamiento gaseoso a alta presión puede llevarse a cabo en el sistema de turbina de gas. Entonces el fluido de almacenamiento a alta presión se suministra por ejemplo a la presión, a la que se (seudo)evapora, al sistema de turbina de gas.

En una segunda variante la unidad de expansión de gas presenta un sistema de turbina de gas caliente que presenta al menos un calentador y una turbina de gas caliente. A este respecto la generación de energía eléctrica a partir del fluido de almacenamiento gaseoso a alta presión se realiza al menos en parte como descompresión que produce un trabajo en un sistema de turbina de gas caliente, que presenta al menos un calentador y una turbina de gas caliente. En este caso la generación de energía a partir del fluido de almacenamiento a alta presión tiene lugar fuera del sistema de turbina de gas.

El "sistema de turbina de gas caliente" puede estar configurado formando una sola etapa con un calentador y una turbina de una sola etapa. Alternativamente puede haber varias etapas de turbina, preferiblemente con calentamiento intermedio. En cualquier caso resulta práctico prever un calentador adicional después de la última etapa del sistema de turbina de gas caliente. El sistema de turbina de gas caliente está acoplado preferiblemente con uno o varios generadores para la generación de energía eléctrica.

Por "calentador" se entiende en este caso un sistema para el intercambio de calor indirecto entre un fluido de calentamiento y el fluido de almacenamiento gaseoso. De este modo puede transferirse el calor residual o calor de escape al fluido de almacenamiento y aprovecharse para la generación de energía en el sistema de turbina de gas caliente.

También pueden combinarse las dos variantes presentando la unidad de expansión de gas tanto una o varias turbinas de gas caliente como uno o varios sistemas de turbina de gas. A este respecto se descomprime el fluido de almacenamiento gaseoso a alta presión en dos etapas, realizándose la primera etapa como descompresión que produce un trabajo en el sistema de turbina de gas caliente y la segunda etapa en el sistema de turbina de gas, suministrándose el fluido de almacenamiento gaseoso a alta presión al sistema de turbina de gas caliente y

descomprimiéndose aquí hasta una presión intermedia, y extrayéndose del sistema de turbina de gas caliente un fluido de almacenamiento gaseoso a presión intermedia, que finalmente se suministra al sistema de turbina de gas.

5 La instalación de tratamiento de aire, en la que en el primer modo operativo se genera el líquido ultracongelado, puede estar configurada como instalación de descomposición del aire a baja temperatura o como instalación de licuefacción del aire.

10 Una "instalación de descomposición del aire a baja temperatura" se carga con aire atmosférico y presenta un sistema de columnas de destilación para la descomposición del aire atmosférico en sus componentes físicos, en particular en nitrógeno y oxígeno. Para ello, en primer lugar, se enfría el aire de carga aproximándose a su punto de rocío y a continuación se introduce en el sistema de columnas de destilación.

15 Por ejemplo, a partir de Hausen/Linde, Tieftemperaturtechnik, 2ª edición 1985, capítulo 4 (páginas 281 a 337) se conocen procedimientos y dispositivos para la descomposición a baja temperatura del aire.

20 El sistema de columnas de destilación de la invención puede estar configurado como sistema de una sola columna para la separación de nitrógeno-oxígeno, como sistema de dos columnas (por ejemplo como sistema clásico de doble columna de Linde) o también como sistema de tres o más columnas. Además de las columnas para la separación de nitrógeno-oxígeno puede presentar dispositivos adicionales para la obtención de productos de alta pureza y/u otros componentes del aire, en particular de gases nobles, por ejemplo una obtención de argón y/o una obtención de criptón-xenón.

25 Una "instalación de licuefacción del aire" no contiene ninguna parte de columnas de destilación. Por lo demás, su construcción corresponde a la de una instalación de descomposición del aire a baja temperatura con la emisión de un producto líquido. Evidentemente, en una instalación de descomposición del aire a baja temperatura también puede generarse aire líquido como producto secundario.

30 El líquido ultracongelado puede formarse por aire licuado y/o nitrógeno líquido, o en general por un fluido que contiene menos oxígeno que el aire atmosférico. En el marco de la invención también puede utilizarse una combinación de dos o más fluidos de almacenamiento con la misma composición o una composición diferente procedente de la misma instalación de tratamiento de aire o de una pluralidad de instalaciones de tratamiento de aire.

35 Por "nitrógeno" se entiende en este caso tanto nitrógeno puro o nitrógeno esencialmente puro como una mezcla de gases atmosféricos, cuyo contenido en nitrógeno es superior al del aire atmosférico. Por ejemplo el nitrógeno líquido presenta un contenido en nitrógeno de al menos el 90%, preferiblemente de al menos el 99%. (Todas las indicaciones en porcentaje se refieren en este caso y a continuación a la cantidad molar, siempre que no se indique lo contrario).

40 La invención se refiere además a un dispositivo para la generación de energía según la reivindicación 9. Por "módulo de regulación" se entenderá en este caso un dispositivo, que por lo menos realiza la regulación automática del sistema durante el primer modo operativo y durante el segundo modo operativo. Preferiblemente para ello puede realizar la transferencia del primer al segundo modo operativo y a la inversa de manera automática. El dispositivo según la invención puede ampliarse mediante características de dispositivo que corresponden a las características de las reivindicaciones independientes del procedimiento.

45 La invención así como detalles adicionales de la invención se explicarán en más detalle a continuación mediante ejemplos de realización representados esquemáticamente en las figuras. En este caso muestran:

50 las figuras 1a y 1b, el modo de funcionamiento básico de una primera variante de la invención en los modos operativos primero y segundo, respectivamente

55 las figuras 2a y 2b, una representación detallada de la forma de realización de una instalación de tratamiento de aire, que puede utilizarse en esta variante,

las figuras 3a y 3b, el modo de funcionamiento básico de otra variante de la invención,

60 las figuras 4a y 4b, una representación detallada de la forma de realización de una instalación de tratamiento de aire, que puede utilizarse en esta segunda variante, y

la figura 5, posibles formas de realización de la unidad de expansión de gas.

Toda la instalación de las figuras 1a y 1b está compuesta por tres unidades, una instalación de tratamiento de aire 100, un tanque de líquido 200 y una unidad de expansión de gas 300.

65

En la figura 1a se representa el primer modo operativo (fase de electricidad barata, por regla general por la noche). En este caso se introduce aire atmosférico (AIR) como aire de carga en la instalación de tratamiento de aire 100. En la instalación de tratamiento de aire se genera un líquido ultracongelado 101, que por ejemplo está formado como aire líquido. La instalación de tratamiento de aire se hace funcionar como licuefactor (en particular como licuefactor de aire). El líquido ultracongelado 101 se introduce en el tanque de líquido 200, que se hace funcionar a una baja presión LP inferior a 2 bar. El consumo de energía de la instalación de tratamiento de aire en el primer modo operativo se denomina P1.

En un tanque de gas natural líquido 400 se almacena gas natural licuado (LNG) a baja presión (< 2 bar). De este tanque 400 se extrae en el primer modo operativo gas natural licuado 401, en una bomba 28 se lleva hasta una alta presión de aproximadamente 50 bar y se evapora o seudoevapora en la instalación de tratamiento de aire 100. A este respecto se aprovecha el frío de evaporación para la generación del líquido ultracongelado 101. El gas natural (seudo)evaporado se proporciona a uno o varios consumidores de gas natural, por ejemplo a través de un sistema de tuberías 403.

La figura 1b muestra el segundo modo operativo (fase de electricidad más cara, por regla general por el día). El líquido ultracongelado 103 (por ejemplo aire líquido) se extrae del tanque de líquido 200, en una bomba 27 se lleva hasta una presión aumentada de algo más que MP2 (MP2 es mayor que 12 bar, por ejemplo igual a aproximadamente 20 bar), se evapora en la instalación de tratamiento de aire y se calienta hasta aproximadamente la temperatura ambiente y se extrae como fluido de almacenamiento gaseoso a alta presión 104.

El fluido de almacenamiento a alta presión evaporado 104 se conduce a la presión MP2 a la unidad de expansión de gas 300. La potencia P3, que está disponible en la unidad de expansión de gas 300 en el segundo modo operativo, asciende por ejemplo a del 20 al 70%, preferiblemente del 40 al 60% de la potencia P1 en el primer modo operativo. Adicionalmente se libera potencia P2 mediante una descompresión que produce un trabajo en la instalación de tratamiento de aire (véase la figura 2b).

El calor necesario para la evaporación se suministra según la invención por gas natural gaseoso 404. Procede por ejemplo del sistema de tuberías 403. Se introduce a una presión de aproximadamente 50 bar en la instalación de tratamiento de aire 100, absorbe la mayor parte del frío de evaporación del líquido ultracongelado 103 y de este modo se seudolicua. El gas natural licuado 405 se descomprime hasta una baja presión y a continuación se introduce en estado líquido en el tanque de gas natural líquido 400. Una parte 406 puede extraerse y aprovecharse para otros fines.

La producción del líquido ultracongelado y la evaporación de LNG por un lado y la evaporación del líquido ultracongelado y la licuefacción de gas natural por el otro se realizan preferiblemente en las mismas unidades de proceso. Por tanto, en los modos operativos primero y segundo pueden utilizarse los mismos aparatos. De este modo se produce una inversión en aparatos relativamente menor.

Una fase de licuefacción (funcionamiento continuo en el primer modo operativo) y una fase de evaporación (funcionamiento continuo en el segundo modo operativo) pueden durar en cada caso de una a diez horas. A lo largo de un día pueden ejecutarse una o varias fases de evaporación y licuefacción. Según sea necesario puede apagarse la instalación de tratamiento de aire en el periodo de tiempo de transición entre dos fases de este tipo en cada caso.

En las figuras 2a y 2b se representa un posible diseño de la instalación de tratamiento de aire 100 de la figura 1, que en este caso está configurada como licuefactor de aire.

La figura 2a muestra a su vez el primer modo operativo (la fase de licuefacción). En este caso se aspira aire ambiente (AIR) por una unidad de compresión de aire 2 y se comprime hasta una presión MP (4 a 8 bar, en particular 5 a 8 bar), se enfría en un módulo de enfriamiento previo 3 y se seca en una estación de adsorbedor de criba por acción molecular 4 y se depura de contaminación como CO₂ e hidrocarburos. El aire comprimido y depurado se conduce a un compresor separado, el compresor de ciclo 11 y aquí se comprime desde la presión MP en primer lugar hasta una presión superior HP de desde 20 hasta 40 bar, se enfría en un enfriador secundario hasta aproximadamente la temperatura ambiente y a continuación a HP se enfría en un sistema de intercambiador de calor 21 hasta una primera temperatura intermedia de desde 140 hasta 180 K. El aire se divide a la primera temperatura intermedia en un primer subflujo y un segundo subflujo.

El primer subflujo se descomprime en una turbina 12b hasta la presión MP produciendo un trabajo. El primer subflujo del aire de carga descomprimido produciendo un trabajo se introduce en un módulo de separación de fases (separador) 23, para dado el caso retirar partes de líquido reducidas. La fracción gaseosa procedente del módulo de separación de fases 23 se conduce a través del sistema de intercambiador de calor 21, aquí se calienta y junto con el aire se guía desde la estación de adsorbedor de criba por acción molecular 4 a la tubuladura de aspiración del compresor de ciclo 11 y así forma un ciclo de aire.

El segundo subflujo se comprime posteriormente en un compresor frío 12a hasta una presión aún superior HP1 (por ejemplo de 40 a 80 bar). El compresor frío 12a se acciona mediante un árbol común por la turbina 12b. La

temperatura de partida del compresor frío 12a es aproximadamente igual que la temperatura ambiente. A la presión HP1 el segundo subflujo vuelve a proporcionarse al extremo caliente del sistema de intercambiador de calor 21, se enfría en el sistema de intercambiador de calor 21 y se pseudoliquea, se descomprime en una válvula de mariposa hasta la presión MP y finalmente en un estado al menos en parte líquido se alimenta al módulo de separación de fases 23. El líquido procedente del módulo de separación de fases 23 se subenfria en un subenfriador 24 y en su mayor parte (101) se conduce como líquido ultracongelado al tanque de líquido 200. Para el subenfriamiento se utiliza una subcantidad de aire líquido 26, que se extrae tras el subenfriamiento 24, se descomprime en una válvula de mariposa 25 hasta la presión LP y se conduce a través del sistema de intercambiador de calor 21. Esta subcantidad también puede utilizarse como gas de regeneración para la estación de adsorbedor de criba por acción molecular 4. El gas de regeneración se calienta mediante vapor, calentadores eléctricos o combustión con gas natural (cantidad de calor Q). Alternativamente ni siquiera se regenera la estación de adsorbedor de criba por acción molecular 4 durante el primer modo operativo, sino sólo en el segundo modo operativo. En caso de que el funcionamiento continuo en el primer modo operativo dure menos de aproximadamente 6 horas, será posible sin problemas. Entonces, la estación de adsorbedor de criba por acción molecular no se conmuta dentro de un modo operativo; entonces también puede estar implementada por medio de un único recipiente de adsorbedor o por medio de varios recipientes que se hacen funcionar en paralelo.

El gas natural licuado 401 se extrae del tanque de gas natural líquido 400, se comprime en la bomba 28 hasta la presión necesaria PPP de aproximadamente 50 bar y se conduce a través del sistema de intercambiador de calor 21 y de este modo se (seudo)evapora. Tras el calentamiento se alimenta a la red de gas natural 403.

En el primer modo operativo se proporciona energía $P1 = P1a + P1b$ en forma de las potencias de accionamiento P1a para la unidad de compresión de aire y P1b para el compresor de ciclo, así como dado el caso la cantidad de calor Q para el calentamiento de gas de regeneración. No se evacua ninguna energía (menos a través de los enfriadores secundarios de los compresores), sino que la energía se almacena en forma de aire líquido ultracongelado en el tanque de líquido 200.

Ahora, mediante la figura 2b se describirá el segundo modo operativo. En este caso se apagan la turbina 12b, el compresor frío 12a, el compresor de ciclo 11, la unidad de compresión de aire 2 y la etapa de Joule-Thomson (válvulas de mariposa, separador 23 y subenfriador 24).

Se extrae aire líquido (LAIR) 103 del tanque de líquido 200, en una bomba 27 se lleva hasta la presión necesaria HP2 de por ejemplo 50 a 80 bar, preferiblemente 50 a 65 bar y se introduce en el sistema de intercambiador de calor 21. Tras el calentamiento hasta una segunda temperatura intermedia de por ejemplo 120 a 200 K, preferiblemente 130 a 180 K se descomprime el aire a alta presión en una turbina de generador 5 hasta la presión MP2 produciendo un trabajo y finalmente se conduce como fluido de almacenamiento gaseoso a alta presión 104 a la unidad de expansión de gas 300.

A contracorriente con el aire que va a (seudo)evaporarse 103 se pseudoliquea gas natural 402 a una presión PPP (aproximadamente 50 bar) procedente del sistema de tuberías 403 en el sistema de intercambiador de calor 21. Antes de entrar en el sistema de intercambiador de calor 21 se depura el gas natural preferiblemente en una unidad de secado y depuración 6. El gas natural 405 comprimido a baja presión y licuado se introduce en el tanque de gas natural líquido 400.

En el segundo modo operativo no se proporciona a la unidad de compresión de aire ningún tipo de energía de accionamiento. (La energía para accionar las bombas de líquido es tan reducida que puede ignorarse y por tanto no se tiene en cuenta en este caso).

Alternativamente a la representación en la figura 2b puede prescindirse de la descompresión intermedia en la turbina de generador 5. Entonces la presión por detrás de la bomba 27 asciende sólo a MP2 (más pérdidas por fuga).

Cuando la estación de adsorbedor de criba por acción molecular 4 se regenera durante el segundo modo operativo, puede aprovecharse una parte del fluido de almacenamiento gaseoso a alta presión 104, una parte del fluido de almacenamiento gaseoso a alta presión calentado en la unidad de expansión de gas 300 o una parte del gas de escape de la unidad de expansión de gas 300 como gas de regeneración (no se representa en el dibujo).

El sistema de intercambiador de calor 21 de la instalación de tratamiento de aire se aprovecha tanto para la licuefacción de aire y evaporación de gas natural (en el primer modo operativo) como para la evaporación de aire y licuefacción de gas natural (en el segundo modo operativo).

La segunda variante de la invención se hace funcionar en el primer modo operativo según la figura 3a como la primera variante (figura 1a).

La figura 3b corresponde esencialmente a la figura 1b, sin embargo en este caso también en el segundo modo operativo sigue funcionando la unidad de compresión de aire 1.

La figura 4a (primer modo operativo) es a su vez idéntica a la figura 2a.

5 La figura 4b presenta los mismos componentes que la figura 2b, aunque una conexión diferente. En el segundo modo operativo de la segunda variante representado en este caso, la unidad de compresión de aire 2, el compresor de ciclo 11 y la turbina 5 siguen funcionando. En el compresor de ciclo 11, a partir del aire comprimido y depurado, procedente de la estación de adsorbedor de criba por acción molecular 4, se genera aire comprimido. Éste se mezcla con el aire comprimido (seudo)evaporado procedente del sistema de intercambiador de calor 21.

10 La unidad de compresión de aire 2, en esta implementación del procedimiento tampoco tiene que apagarse en el segundo modo operativo, sino que funciona permanentemente tanto en el primer como en el segundo modo operativo. Esto resulta favorable desde el punto de vista operativo. Además también se genera aire comprimido, que en la unidad de expansión de gas 300 contribuye a la generación de energía.

15 Una tercera variante corresponde en su mayor parte a la figura 4b. Sin embargo, el aire no se comprime posteriormente en el compresor caliente 11, sino que se enfría en cierta medida y a continuación se comprime en un compresor frío (compresor frío 12b de las figuras 2a/4a o una máquina independiente) y a continuación se mezcla con el aire a alta presión evaporado y se guía a la unidad de expansión de gas 300.

20 En la figura 5 se representan posibles formas de realización de la unidad de expansión de gas 300.

25 En las formas de realización 5a y 5b se utiliza una turbina de gas convencional para la descompresión, el aire comprimido procedente de la instalación de tratamiento de aire se alimenta por la cámara de combustión a la turbina de gas. El calor del gas de combustión a la salida puede utilizarse en una caldera recuperadora (HRSG - Heat Recovery Steam Generator, generador de vapor por recuperación de calor) (5a); alternativamente se utiliza de otra manera, por ejemplo para calentar previamente el aire comprimido procedente de la instalación de tratamiento de aire (5b).

30 En las formas de realización 5c y 5d se utiliza una turbina de gas modificada para la descompresión, en esta turbina de gas se ha retirado la parte de compresor. El aire comprimido procedente de la instalación de tratamiento de aire se alimenta a la cámara de combustión del resto de la turbina de gas. El calor del gas de combustión puede utilizarse de manera similar al procedimiento con la turbina de gas.

35 En la forma de realización 5e, en primer lugar se calienta el aire comprimido procedente de la instalación de tratamiento de aire y se descomprime en varias turbinas/etapas de turbina conectadas una detrás de otra, entre las etapas de descompresión individuales se calienta adicionalmente el aire. Esto representa un ejemplo de realización para una unidad de expansión de gas, que presenta un sistema de turbina de gas caliente, que presenta al menos un calentador y una turbina de gas caliente; aquí son en cada caso dos calentadores y turbinas de gas caliente; alternativamente el sistema de turbina de gas caliente también puede presentar más de dos etapas.

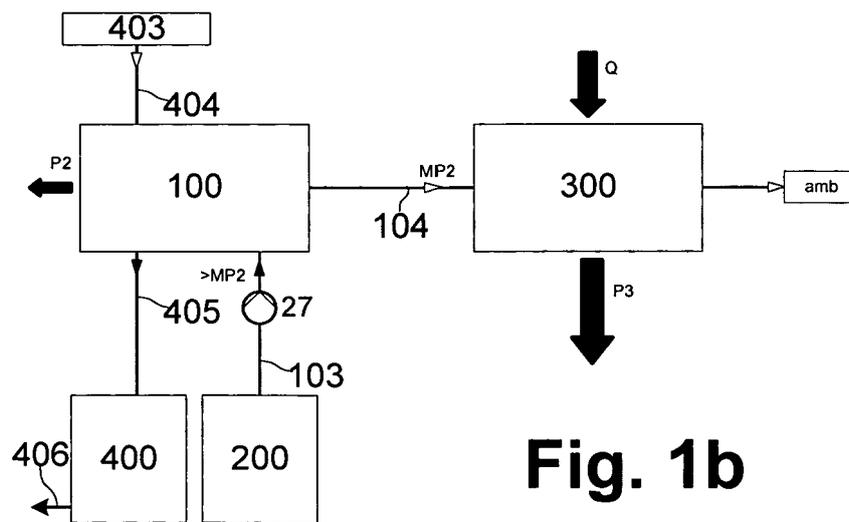
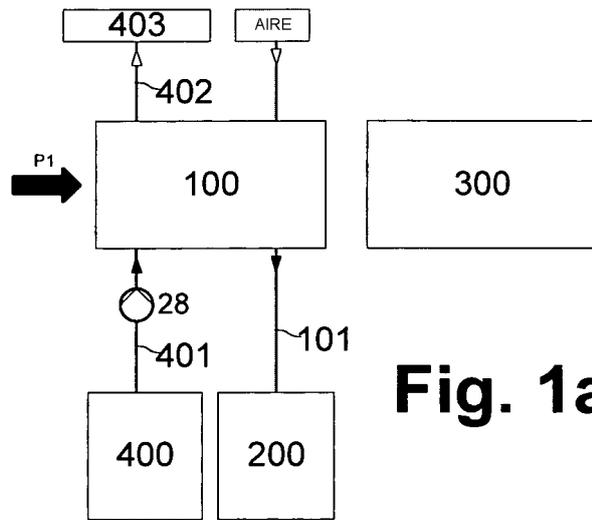
40 Las variantes de realización 5a y 5b así como 5c y 5d pueden combinarse entre sí.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la generación de energía eléctrica en un sistema combinado de central eléctrica e instalación de tratamiento de aire, presentando la central eléctrica una primera unidad de expansión de gas (300), que está unida con un generador para la generación de energía eléctrica, y presentando la instalación de tratamiento de aire una unidad de compresión de aire (2), un sistema de intercambiador de calor (21) y un tanque de líquido (200), y en el que
- 5
- en un primer modo operativo
- 10
- en la instalación de tratamiento de aire
- se comprime aire de carga en la unidad de compresión de aire (2) y se enfría en el sistema de intercambiador de calor (21),
 - a partir del aire de carga comprimido y enfriado se produce un fluido de almacenamiento,
 - el fluido de almacenamiento se almacena como líquido ultracongelado (101) en el tanque de líquido (200),
- 15
- 20 y en un segundo modo operativo
- se extrae líquido ultracongelado (103) del tanque de líquido (200) y se evapora o seudoevapora a presión hiperbárica, y se descomprime el fluido de almacenamiento gaseoso a alta presión (104) generado de este modo en la unidad de expansión de gas (300),
- 25
- caracterizado por que en el segundo modo operativo
- se introduce gas natural gaseoso (404) en el sistema de intercambiador de calor (21) y aquí se licua o seudolicua y
 - se realiza la (seudo)evaporación del líquido ultracongelado (103) en el sistema de intercambiador de calor (21).
- 30
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que en el primer modo operativo se introduce un flujo de gas natural licuado (401) en el sistema de intercambiador de calor (21) y aquí se evapora o seudoevapora.
- 35
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que también en el segundo modo operativo se comprime aire de carga en la unidad de compresión de aire (2).
- 40
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la central eléctrica presenta un sistema de turbina de gas con cámara de combustión, un expansor de turbina de gas y un generador y se descomprime al menos una parte del fluido de almacenamiento gaseoso a alta presión (104) en el expansor de turbina de gas de un sistema de turbina de gas, suministrándose el fluido de almacenamiento (104) aguas abajo de la (seudo)evaporación (21) al sistema de turbina de gas.
- 45
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que la unidad de expansión de gas presenta un sistema de turbina de gas caliente, que presenta al menos un calentador y una turbina de gas caliente.
- 50
6. Procedimiento según la reivindicación 4 y 5, caracterizado por que el fluido de almacenamiento gaseoso a alta presión se descomprime en dos etapas, realizándose la primera etapa como descompresión que produce un trabajo en el sistema de turbina de gas caliente y la segunda etapa en el sistema de turbina de gas, suministrándose el fluido de almacenamiento gaseoso a alta presión al sistema de turbina de gas caliente y descomprimiéndose aquí hasta una presión intermedia, y extrayéndose del sistema de turbina de gas caliente un fluido de almacenamiento gaseoso a presión intermedia, que finalmente se suministra al sistema de turbina de gas.
- 55
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que la instalación de tratamiento de aire (2) está configurada como instalación de descomposición del aire a baja temperatura o como instalación de licuefacción del aire.
- 60
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que el líquido ultracongelado (3) se forma por aire licuado o nitrógeno líquido.
9. Dispositivo para la generación de energía eléctrica con un sistema combinado de central eléctrica e instalación de tratamiento de aire, presentando la central eléctrica una primera unidad de expansión de gas (300), que está unida con un generador para la generación de energía eléctrica, y
- 65

presentando la instalación de tratamiento de aire

- 5
- una unidad de compresión de aire (2) para comprimir aire de carga,
 - un sistema de intercambiador de calor (21) para enfriar el aire de carga comprimido,
- 10
- medios para introducir el aire de carga comprimido en la unidad de compresión de aire (2) en el sistema de intercambiador de calor (21),
 - medios para producir un fluido de almacenamiento a partir del aire de carga enfriado en el sistema de intercambiador de calor (21),
- 15
- un tanque de líquido (200) para almacenar fluido de almacenamiento como líquido ultracongelado (101),
 - medios para extraer el líquido ultracongelado (103) del tanque de líquido (200),
 - medios para aumentar la presión del líquido ultracongelado (103) extraído y
- 20
- medios para generar un fluido de almacenamiento gaseoso a alta presión (104) mediante evaporación o seudoevaporación del líquido ultracongelado con presión aumentada, y presentando además el dispositivo
 - medios para introducir el fluido de almacenamiento gaseoso a alta presión (104) en la unidad de expansión de gas (300) y
- 25
- un módulo de regulación y elementos de control, con ayuda de los cuales puede hacerse funciona en un primer y un segundo modo operativo, en el que
- 30
- en un primer modo operativo
 - en la instalación de tratamiento de aire
- 35
- se comprime aire de carga en la unidad de compresión de aire (2) y se enfría en el sistema de intercambiador de calor (12),
 - a partir del aire de carga comprimido y enfriado se produce un fluido de almacenamiento, que contiene oxígeno en menos del 40% en moles,
- 40
- el fluido de almacenamiento se almacena como líquido ultracongelado (101) en el tanque de líquido (200), y
- 45
- en un segundo modo operativo
 - se extrae líquido ultracongelado (103) del tanque de líquido (200) y se evapora o seudoevapora a presión hiperbárica, y se descomprime el fluido de almacenamiento gaseoso a alta presión (104) generado de este modo en la unidad de expansión de gas (300),
- 50
- caracterizado por que
 - el dispositivo presenta además medios para introducir un gas natural gaseoso (404) en el sistema de intercambiador de calor (21) y
 - el módulo de regulación y los elementos de control están configurados de tal modo que en el segundo modo operativo
- 55
- se introduce gas natural gaseoso (404) en el sistema de intercambiador de calor (21) y aquí se licua o seudolicua y
 - se realiza la (seudo)evaporación del líquido ultracongelado (103) en el sistema de intercambiador de calor (21).



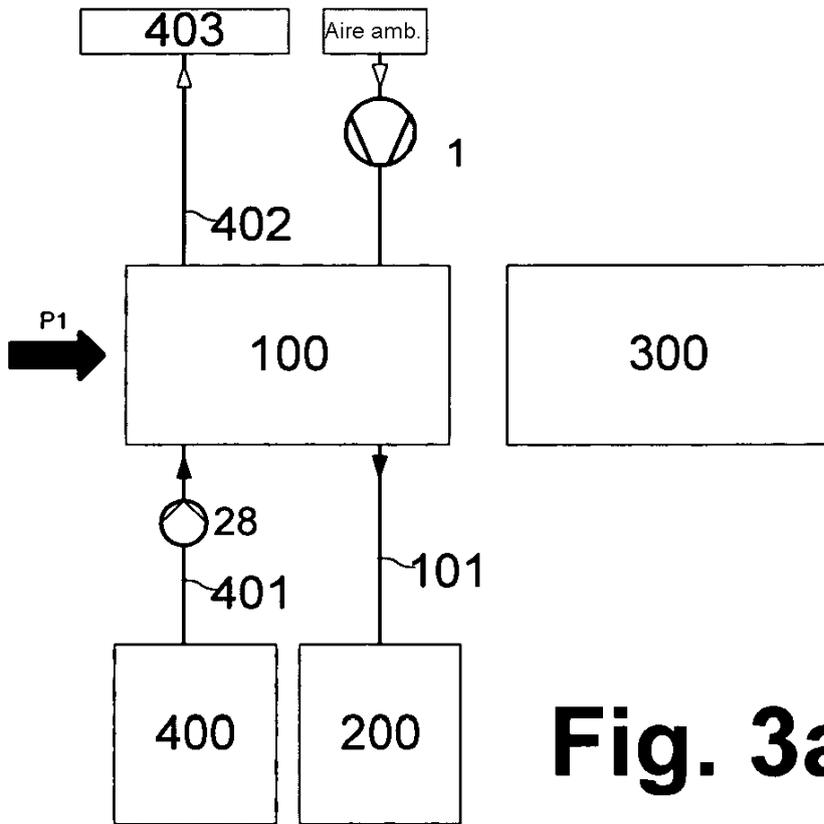


Fig. 3a

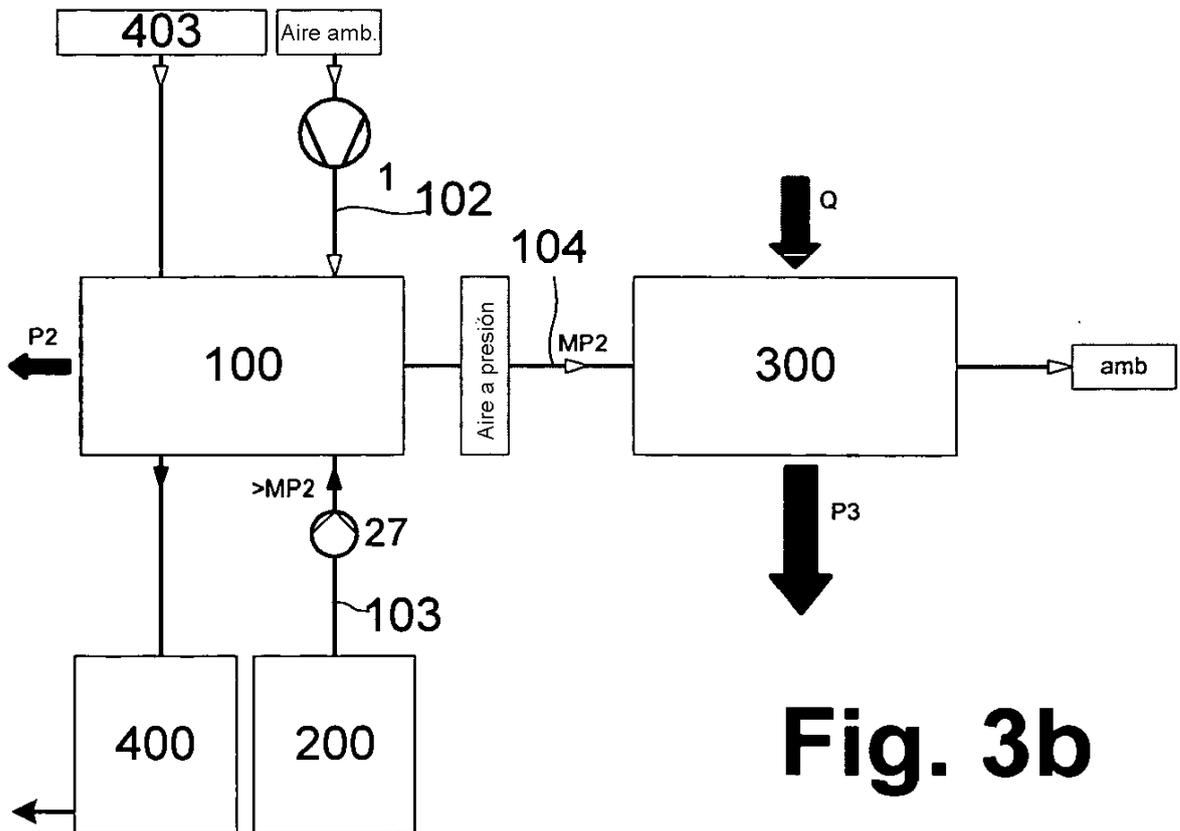


Fig. 3b

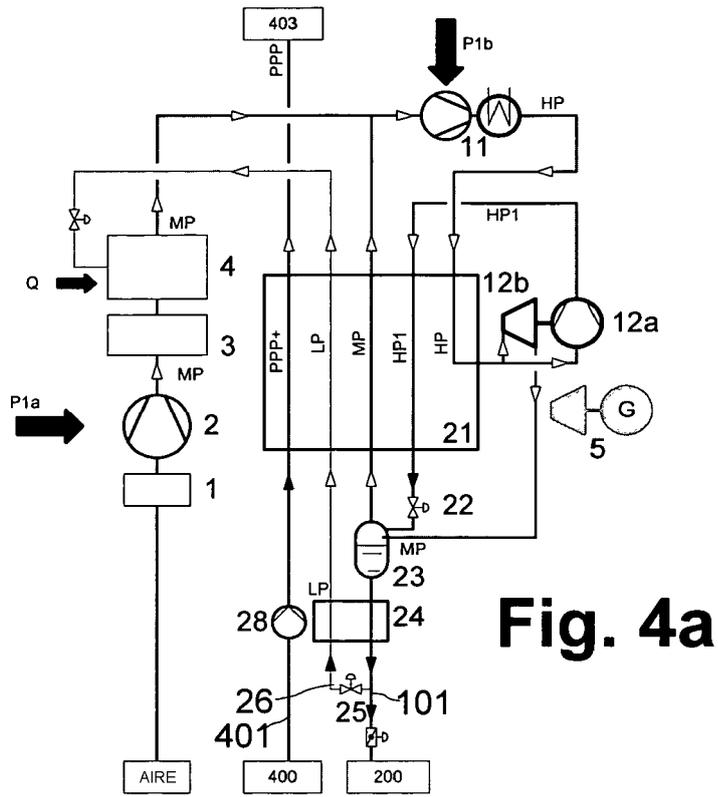


Fig. 4a

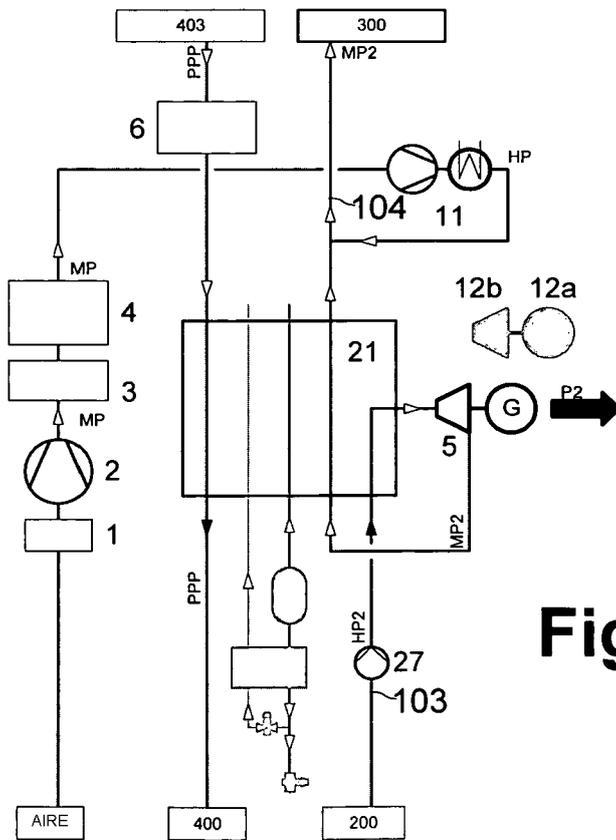
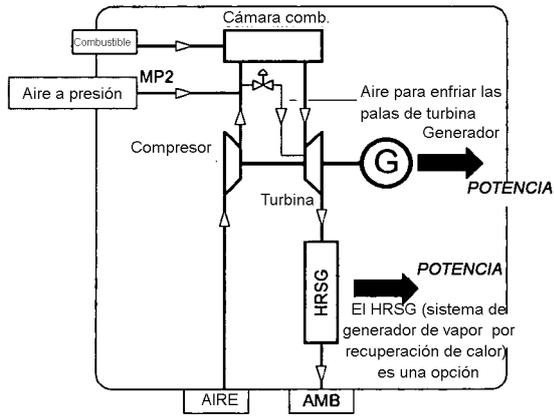
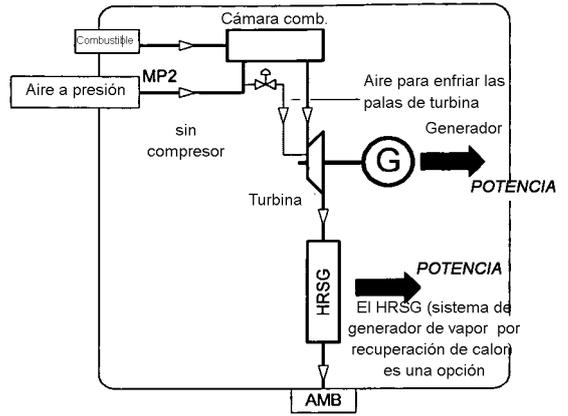


Fig. 4b

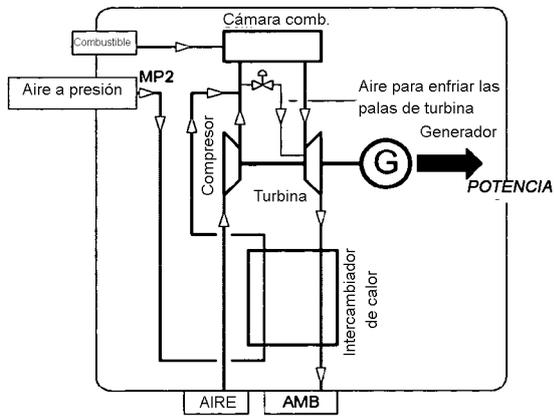


a)

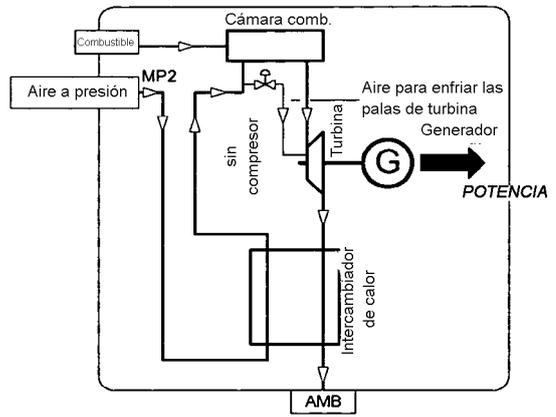


c)

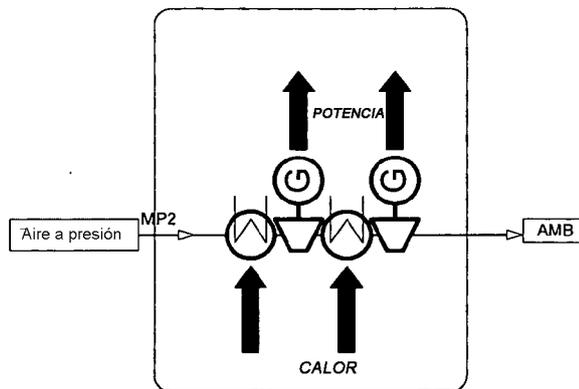
Fig. 5



b)



d)



e)