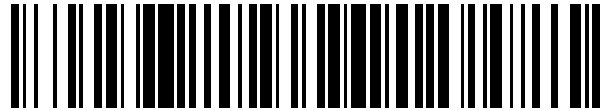


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 655 441**

51 Int. Cl.:

**F01K 7/16** (2006.01)  
**F01K 25/08** (2006.01)  
**F01K 7/02** (2006.01)  
**F01K 25/10** (2006.01)  
**F01D 1/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.02.2012 PCT/IB2012/050629**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **26.10.2012 WO12143799**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.02.2012 E 12707925 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.10.2017 EP 2699767**

54 Título: **Aparato y proceso para generación de energía por ciclo orgánico de Rankine**

30 Prioridad:

**21.04.2011 IT MI20110684**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**20.02.2018**

73 Titular/es:

**EXERGY S.P.A. (100.0%)  
Via Degli Agresti, 6  
40123 Bologna, IT**

72 Inventor/es:

**SPADACINI, CLAUDIO;  
RIZZI, DARIO;  
BARBATO, ALESSANDRO y  
CENTEMERI, LORENZO**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 655 441 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

Aparato y proceso para generación de energía por ciclo orgánico de Rankine

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un aparato y proceso para generación de energía por ciclo orgánico de Rankine.

10 Los aparatos basados en el ciclo de Rankine termodinámico (ORC - Ciclo Orgánico de Rankine) se conocen y llevan a cabo la conversión de energía térmica en energía mecánica y/o eléctrica de una manera simple y fiable. En estos aparatos, unos fluidos de trabajo de tipo orgánico (de peso molecular alto o medio) se usan preferentemente en lugar del sistema tradicional de agua/vapor, porque el fluido orgánico puede convertir fuentes de calor a temperaturas relativamente bajas, generalmente entre 100 °C y 300 °C, pero también a temperaturas mayores, de una manera más eficaz. Los sistemas de conversión ORC por tanto han encontrado recientemente aplicaciones  
15 cada vez más amplias en diferentes sectores, tal como en el campo geotérmico, en la recuperación de energía industrial, en aparatos para generación de energía a partir de biomasas y energía solar concentrada (CSP), en regasificadores, etc.

20 **Antecedentes de la técnica**

Un aparato de tipo conocido para conversión de energía térmica por un ciclo orgánico de Rankine (ORC) generalmente comprende: al menos un intercambiador de calor que intercambia calor entre una fuente de alta temperatura y un fluido de trabajo, para calentar, evaporar (y posiblemente supercalentar) el fluido de trabajo; al menos una turbina alimentada por el fluido de trabajo vaporizado que fluye fuera desde el intercambiador de calor para llevar a cabo la conversión de la energía térmica presente en el fluido de trabajo en energía mecánica de acuerdo con el ciclo de Rankine; al menos un generador conectado operativamente a la turbina, en el que la energía mecánica producida por la turbina se convierte en energía eléctrica; al menos un condensador donde el fluido de trabajo que sale fuera de la turbina se condensa y se envía a al menos una bomba; desde la bomba, el fluido de trabajo se suministra al intercambiador de calor.

30 Las turbinas de tipo conocido para expansión de gas y vapor de peso molecular alto se describen, por ejemplo, en los documentos públicos US4458493 y WO 2010/106570. La turbina divulgada en la patente n.º US4458493 es del tipo multifase donde una primera fase axial va seguida de una fase centrípeta radial. La turbina divulgada en el documento WO 2010/106570, al contrario, es de tipo axial y comprende una caja con una voluta periférica para la transición de un fluido de trabajo desde una entrada a una salida, un primer estátor y otros posibles estátors, un árbol de turbina que rota alrededor de un eje y soporta un primer rotor y otros posibles rotores. Un elemento tubular se extiende de manera en voladizo desde la caja y es coaxial con el árbol de la turbina. Una unidad de soporte se coloca entre el elemento tubular y el árbol de la turbina y es extraíble todo a la vez desde el elemento tubular, excepto por el árbol.

40 Más generalmente, los tipos de cajas de expansión conocidas presentemente en uso para ciclos ORC termodinámicos son de tipo axial, de una fase y múltiple fase y de tipo radial de una fase y múltiple fase centrípeta o de entrada.

45 El documento WO 2011/007366 muestra una turbina usada en el campo de ciclos termodinámicos ORC para generación de energía que comprende tres fases radiales dispuestas axialmente entre sí.

50 El documento EP 2 080 876 muestra a turbomáquina, en particular un turbocompresor de múltiple fase que comprende dos turbinas, una de las cuales es una turbina de entrada radial, y dos compresores.

El documento US 1.488.582 ilustra una turbina provista de una porción de alta presión y una porción de baja presión en la que el flujo de fluido se desvía gradualmente desde una dirección axial a una dirección radial.

55 El documento US 2010/0122534 muestra un sistema de circuito sin fin o cerrado para recuperación de energía que comprende una turbina de entrada radial.

60 El documento WO 2011/030285 divulga un aparato y un método para generar energía combinando un ciclo de generación de energía de Rankine convencional alimentado por carbón con un ciclo de generación de energía de Rankine Orgánico. El condensador del Ciclo de Rankine convencional es un intercambiador de calor que proporciona la caldera para el Ciclo Orgánico de Rankine.

El documento E. Macchi, "Closed-cycle gas turbines", Von Karman Institute for fluid dynamics, Lecture series 100, 13 de mayo de 1977, divulga una turbina radial para fluidos orgánicos.

65 El documento G. Angelino et al, "Combined thermal engine heat pump for low temperature heat generation", proceedings of the institution of mechanical engineers, 1 de junio de 1976, divulga un sistema para generación de

calor de baja temperatura para calentamiento de espacio que prevé la adopción de un motor de combustión externa de fluido orgánico como un accionamiento directo para una bomba de calor.

5 El documento Phil Welch *et al*, "New turbines to enable efficient geothermal power plants", 1 de enero de 2010, páginas 765-772, y el documento Phil Welch *et al*, "Performance of new turbines for geothermal power plants", GRC Transactions, Volumen 34, 1 de enero de 2010, páginas 1091-1096, divulgan cada uno una Turbina Euler usada en un Ciclo Kalina y una Turbina de fase variable usada en un Ciclo de Fase Variable.

10 El documento EP2080876 divulga un sistema de turbomáquina que comprende un primer turbocargador que comprende una primera turbina de flujo de gas de escape para la ubicación en una trayectoria de escape y un primer compresor accionado por dicha primera turbina. Una segunda turbina de flujo de gas de escape y un segundo compresor accionado por dicha segunda turbina se ubican en la trayectoria de escape corriente arriba o corriente abajo de dicho primer turbocargador. Una de dicha primera y segunda turbina es una turbina de salida radial. La turbina de salida radial puede tener una estructura particular en la que se proporciona un miembro deflector en o  
15 cerca de su entrada para dirigir el gas hacia afuera, un estátor para introducir un remolino y un rotor de turbina corriente abajo.

20 El documento US4661042 divulga un compresor centrífugo o una turbina centrípeta que tiene coaxialmente alineados rotores relativamente rotativos que montan una pluralidad de palas que tienen una extensión radial variable desde un eje central.

25 El documento EP0353856 divulga una turbina que tiene un rotor que es un disco con palas que se proyectan axialmente desde su cara trabajando con palas de estátor en un estátor similar a un disco. El documento US3314647 divulga turbinas de gas o vapor de flujo centrífugo radial y de multifase de flujo axial. El documento US7244095 divulga una turbina que incluye un rotor sobre un árbol que tiene en combinación boquillas estacionarias que descargan vapor a una primera presión o presiones produciendo por tanto fuerzas de impulso sobre el rotor; unos pasos internos en el rotor producen un incremento de cabezal de presión en el vapor descargado, mientras que simultáneamente se acelera el vapor, el vapor descargado a una segunda presión menor que la primera presión, produciendo fuerzas de reacción sobre el rotor.

30

### Divulgación de la invención

Dentro del alcance, el solicitante ha sentido la necesidad de:

35 - incrementar la eficacia de la conversión de energía que ocurre dentro de dichas turbinas, en relación con las turbinas presentemente en uso en el aparato ORC;  
- reducir la complejidad estructural e incrementar la fiabilidad de las turbinas, en relación con las turbinas presentemente en uso en el aparato ORC.

40 Más en particular, el solicitante ha sentido la necesidad de reducir las pérdidas debido a la filtración y ventilación del fluido de trabajo así como las pérdidas térmicas, para mejorar la eficacia general de la turbina y el proceso de conversión de energía en la turbina y, más generalmente, en el aparato ORC.

45 El solicitante ha encontrado que los objetivo antes mencionados pueden lograrse usando turbinas de expansión centrífugas o de salida dentro del sector de aparatos y proceso para generación de energía a través del ciclo orgánico de Rankine (ORC).

Más en particular, la invención se refiere a un aparato ORC de acuerdo con la reivindicación 1.

50 El fluido orgánico de trabajo de alto peso molecular puede seleccionarse desde el grupo que comprende hidrocarburos, cetonas, siloxanos o materiales fluorados (se incluyen los materiales perfluorados) y normalmente con un peso molecular incluido entre 150 y 500 g/mol. Preferentemente, este fluido orgánico de trabajo es perfluoro-2-metilpentano (que tiene las ventajas adicionales de no ser tóxico y no ser inflamable), perfluoro 1,3-dimetilciclohexano, hexametildisiloxano u octametiltrisiloxano.

55

El solicitante ha determinado que la turbina de salida radial es la máquina más apropiada para la aplicación en referencia, es decir para la expansión del fluido de trabajo de alto peso molecular en un ciclo ORC, porque:

60 - las expansiones en los ciclos ORC se caracterizan por bajos cambios entálpicos y la turbina de salida radial, que es el objeto de la invención, es adecuada para las aplicaciones con bajos cambios entálpicos ya que lleva a cabo trabajos menores en relación con las máquinas de entrada axial y/o radial, la velocidad periférica y el grado de reacción siendo iguales;  
- las expansiones en los ciclos ORC se caracterizan por bajas velocidades de rotación y bajas velocidades periféricas del rotor, debido a los bajos cambios entálpicos que caracterizan los ciclos mencionados, temperaturas moderadas o en todos los casos no tan altas como en turbinas de gas, por ejemplo, y la turbina de salida radial está bien adaptada para situaciones con tensiones mecánicas y térmicas bajas;

65

- ya que los ciclos de Rankine en general y los ciclos ORC en particular se caracterizan por altas relaciones de volumen-expansión, la turbina de salida radial optimiza las alturas de las palas de la máquina, y en particular de la primera fase, debido al hecho de que el diámetro de la rueda crece en la dirección de flujo; por tanto, una admisión total y no estrangulada es casi siempre posible;
- 5 - ya que la forma de construcción de la turbina de salida radial permite obtener varias fases de expansión en un único disco, las pérdidas debido a flujos secundarios y filtraciones pueden reducirse y al mismo tiempo pueden lograrse unos costes más reducidos;
- además, la turbina de expansión en la configuración de salida radial hace que sea superflua al retorcimiento de las palas en la última fase de expansión, simplificando así la construcción de la máquina.

10 De acuerdo con una realización preferente, la turbina de expansión comprende una caja fija que tiene una entrada axial y una salida radialmente periférica, solo un disco de rotor montado en la caja y que rota alrededor de un eje de rotación "X-X", al menos una primera serie de palas de rotor montadas en una cara delantera del disco de rotor y dispuestas alrededor del eje de rotación "X-X", y al menos una primera serie de palas de estátor montadas sobre la

15 caja, enfrente del disco de rotor y dispuestas alrededor del eje de rotación "X-X".  
Preferentemente, la turbina de expansión comprende al menos una segunda serie de palas de rotor dispuestas en una posición radialmente externa a la primera serie de palas de rotor y al menos una segunda serie de palas de estátor dispuestas en una posición radialmente externa a la primera serie de palas de estátor.

20 La turbina de salida radial, que es el objeto de la invención, necesita solo un disco también para las máquinas de múltiple fase, a diferencia de las máquinas axiales, y por tanto ofrecen menos pérdidas debido a la ventilación y costes más reducidos. Debido a la compacidad antes mencionada, unos huelgos muy reducidos pueden mantenerse, lo que tiene como resultado una filtración reducida y por tanto pérdidas menores debido al escape. Las

25 pérdidas térmicas también son menores.  
Además, las palas de la turbina centrífuga radial no tienen que retorcerse y esto implica menores costes de producción para dichas palas y la turbina en su totalidad.

30 De acuerdo con una realización preferente, la turbina de expansión de salida radial comprende un tabique deflector montado de manera fija en la caja en la entrada axial y adaptado para desviar radialmente el flujo axial hacia la primera serie de palas de estátor.

35 Preferentemente, el tabique deflector tiene una superficie convexa enfrente de la entrada.

Preferentemente, el tabique deflector soporta la primera serie de palas de estátor en una porción radialmente periférica del mismo.

40 Además de limitar las pérdidas dinámicas de fluido en la primera entrada de estátor, el tabique deflector también pretende evitar que el fluido a una presión superior golpee las partes en movimiento. Este recurso reduce además las pérdidas por fricción sobre el disco del rotor y permite una mayor flexibilidad cuando ocurren condiciones diferentes de las condiciones de diseño.

45 Preferentemente, la cara delantera del disco del rotor y la cara de la caja que soporta las palas de estátor divergen entre sí alejándose del eje de rotación "X-X".

Preferentemente, la turbina de expansión comprende un difusor colocado en una posición radialmente externa en relación con las palas del rotor o estátor.

50 La turbina radial en la configuración de salida facilita la consecución del difusor que permite la recuperación de energía cinética en la descarga y por tanto una eficacia más general de la máquina.

En una realización alternativa, la turbina de expansión comprende al menos una fase de salida radial y al menos una fase axial preferentemente dispuesta en un perímetro radialmente externo del disco del rotor.

55 Otras ventajas y características serán aparentes a partir de la descripción detallada de una realización preferente pero no exclusiva de un aparato y un proceso para generación de energía a través del ciclo orgánico de Rankine de acuerdo con la presente invención.

## 60 **Breve descripción de los dibujos**

La descripción detallada de estas configuraciones se expondrá a continuación en referencia a los dibujos adjuntos, proporcionados a modo de ejemplo no limitativo, en los que:

- 65 - la Figura 1 muestra esquemáticamente la configuración de base de un aparato de generación de energía a través de un ciclo orgánico de Rankine de acuerdo con la presente invención;

- la Figura 2 es una vista en sección lateral de una turbina que pertenece al aparato en la Fig. 1;
- la Figura 3 es una vista en sección delantera parcial de la turbina en la Fig. 2.

**Descripción detallada de las realizaciones preferentes de la invención**

5 En referencia a los dibujos, un aparato para generación de energía a través del ciclo orgánico de Rankine (ORC) de acuerdo con la presente invención se ha identificado generalmente con el número de referencia 1.

10 El aparato 1 comprende un circuito sin fin en el que fluye un fluido orgánico de trabajo de peso molecular alto o medio. Este fluido puede seleccionarse a partir del grupo que comprende hidrocarburos, cetonas, fluorocarbonos y siloxanos. Preferentemente este fluido es un fluido perfluorado con un peso molecular incluido entre 150 y 500 g/mol.

15 La Fig. 1 muestra el circuito del ciclo de Rankine en su configuración de base y contempla: una bomba 2, un intercambiador de calor o intercambiador térmico 3, una turbina de expansión 4 conectada a un generador eléctrico 5 y un condensador 6.

20 La bomba 2 admite el fluido orgánico de trabajo desde el condensador 6 en el intercambiador de calor 3. En el intercambiador de calor 3 el fluido se calienta, evapora y luego se suministra en la fase de vapor a la turbina 4, donde la conversión de la energía térmica presente en el fluido de trabajo en energía mecánica y después en energía eléctrica a través del generador 5 se lleva a cabo. Corriente abajo de la turbina 4, en el condensador 6, el fluido de trabajo se condensa y se envía de nuevo al intercambiador de calor a través de la bomba 2.

25 La bomba 2, el intercambiador de calor 3, el generador 5 y el condensador 6 no se describirán en más detalle en este documento ya que son de tipo conocido.

30 Ventajosamente, la turbina de expansión 4 es del tipo de salida radial de múltiple fase o de una fase, es decir, consiste en una o más fases de expansión de salida radial, o al menos una fase de salida radial y al menos una fase axial. En otras palabras, el flujo de fluido de trabajo entra en la turbina 4 a lo largo de una dirección axial en una región radialmente más interna de la turbina 4 y fluye fuera en una condición expandida a lo largo de una dirección radial o axial en una región radialmente más externa de la propia turbina 4. Durante el camino entre la entrada y la salida, el flujo se aleja, mientras se expande, desde el eje de rotación "X-X" de la turbina 4.

35 Una realización preferente pero no limitante de la turbina de salida radial se muestra en las Figs. 2 y 3. Esta turbina 4 comprende una caja fija 7 formada con una media caja delantera 8 de forma circular y una media caja trasera 9 unidas entre sí por pernos 10 (Fig. 3). Un manguito 11 emerge de manera en voladizo desde la media caja trasera 9.

40 En el volumen interior delimitado por las medias cajas delantera 8 y trasera 9 se encuentra alojado un rotor 12 que está limitado rígidamente a un árbol 13 a su vez soportado rotativamente en el manguito 11 mediante cojinetes 14, por lo que es libre de rotar alrededor del eje de rotación "X-X".

Formada en la media caja delantera 8, en el eje de rotación "X-X", se encuentra una entrada axial 15 y, en una porción periférica radial de la caja 7, se forma una salida radialmente periférica externa al difusor 16.

45 El rotor 12 comprende un único disco de rotor 17 sujeto al árbol 13, perpendicular al eje de rotación "X-X" y que tiene una cara delantera 18 girada hacia la media caja delantera 8 y una cara trasera 19 girada hacia la media caja trasera 9. Delimitado entre la cara delantera 18 del disco de rotor 17 y la media caja delantera 8 se encuentra un volumen de paso 20 para el fluido de trabajo orgánico. Una cámara de compensación 21 se confina entre la cara trasera 19 del disco de rotor 17 y la media caja trasera 9.

50 La cara delantera 18 del disco de rotor 17 soporta tres series de palas de rotor 22a, 22b, 22c. Cada serie comprende una pluralidad de palas de rotor planas dispuestas alrededor del disco de rotación "X-X". Las palas de rotor de la segunda serie 22b se disponen en una posición radialmente externa a las palas de rotor de la primera serie 22a y las palas de rotor de la tercera serie 22c se disponen en una posición radialmente externa a las palas de rotor de la segunda serie 22b. Tres series de palas de estátor 24a, 24b, 24c se montan en la cara interior 23 girada hacia el rotor 17 de la media caja delantera 8. Cada serie comprende una pluralidad de palas de estátor planas dispuestas alrededor del eje de rotación "X-X". Las palas de estátor de la primera serie 24a se disponen en una posición radialmente interna a las palas de rotor de la primera serie 22a. Las palas de estátor de la segunda serie 24b se disponen en una posición radialmente externa a las palas de rotor de la primera serie 22a y en una posición radialmente interna a las palas de rotor de la segunda serie 22b. Las palas de estátor de la tercera serie 24c se disponen en una posición radialmente externa a las palas de rotor de la segunda serie 22b y en una posición radialmente interna a las palas de rotor de la tercera serie 22c. La turbina 4 por tanto tiene tres fases.

65 Dentro de la turbina 1, el flujo de fluido de trabajo que entra en la entrada axial 15 se desvía por un tabique deflector 25 que tiene una forma circular convexa, que se monta de manera fija sobre la caja 7 enfrente del rotor 17 y se dispone coaxial con el eje de rotación "XX", la convexidad del mismo enfrente de la entrada axial 15 y el flujo de

entrada. El tabique deflector 25 se extiende radialmente comenzando desde el eje de rotación "X-X" hasta la primera serie de palas de estátor 24a. Las palas de estátor de la primera serie 24a se integran en la porción periférica del tabique deflector 25 y tienen un extremo montado en la cara interior 23 de la media caja delantera 8. En mayor detalle, el tabique deflector 25 se define por una placa fina convexa que tiene una simetría radial con una porción central convexa/cóncava 25a cuya convexidad se enfrenta a la media caja delantera 8 y la entrada axial 15 y una porción radialmente exterior 25b que es anular y cóncava/convexa y cuya concavidad se enfrenta a la media caja delantera 8. La media caja delantera 8 y la porción radialmente más exterior 25b del tabique deflector 25 confinan un conducto divergente que guía el fluido de trabajo a la primera fase (palas de rotor de la primera serie 22a y palas de estátor de la primera serie 24a) de la turbina 4.

La cara delantera 18 del disco de rotor 8 y la cara 23 de la media caja delantera 8 que soporta las palas de estátor 24a, 24b, 24c divergen entre sí alejándose del eje de rotación (X-X), comenzando desde dicha primera fase, y las palas radialmente más exteriores tienen una altura de pala mayor que la de las palas radialmente más interiores.

La turbina 4 comprende además un difusor 26 para la recuperación de energía cinética, que se coloca en una posición radialmente externa en relación con la tercera fase (palas de rotor de la tercera serie 22c y palas de estátor de la tercera serie 24c) y se define mediante la cara delantera 18 del disco de rotor 8 y la cara opuesta 23 de la media caja delantera 8. Una voluta 27 que se comunica con una pestaña de salida 28 se coloca sobre el perímetro radialmente externo de la caja 7, en la salida del difusor 26.

De acuerdo con una realización alternativa no mostrada, en el lugar de la tercera fase radial, el flujo cruza una fase axial encajada sobre el perímetro del rotor.

La turbina 4 ilustrada comprende además un dispositivo de compensación que no es parte de la presente invención para el empuje axial ejercido por el fluido de trabajo sobre el rotor 7 y, a través del árbol 13, sobre los cojinetes de empuje 14. Este dispositivo comprende una célula de carga 29 axialmente interpuesta entre el manguito 11 y el cojinete de empuje 14, un resorte 30 adaptado para mantener el cojinete de empuje 14 presionado contra la célula de carga 29, un PLC (Controlador Lógico Programable) (no mostrado) conectado operativamente con la celda de carga 29 y una válvula de ajuste 31 colocada en un conducto 32 en comunicación con la cámara de compensación 21, y una cámara adicional 33 formada en la media caja delantera 8 y llevada a la misma presión que el fluido de trabajo en la salida desde la primera fase a través de los orificios de paso 34. El dispositivo lleva a cabo un ajuste de realimentación de la admisión de fluido de trabajo desde la cámara adicional 33 en la cámara de compensación 21, como una función del empuje axial detectado, para mantener la carga axial sobre el cojinete en una condición controlada.

La entrada del fluido de trabajo ocurre desde la entrada axial 15, en una posición concéntrica con la media caja delantera 8 que es lisa y de forma circular. Tal como se muestra en la Fig. 2, dentro de la turbina 4 el flujo de fluido se desvía mediante el tabique deflector 25 y se dirige a la primera serie de palas de estátor 24a integral con el tabique deflector 25 y con la media caja delantera 8.

## REIVINDICACIONES

1. Un aparato ORC para generación de energía eléctrica por ciclo orgánico de Rankine, que comprende:

- 5 - al menos un intercambiador de calor (3) para intercambiar el calor entre una fuente de alta temperatura y un fluido de trabajo orgánico, para calentar y evaporar dicho fluido de trabajo;
- al menos una turbina de expansión (4) alimentada con el fluido de trabajo vaporizado que sale del intercambiador de calor (3), para realizar una conversión de la energía térmica presente en el fluido de trabajo en energía mecánica de acuerdo con un ciclo de Rankine;
- 10 - un generador eléctrico (5), estando conectada la turbina de expansión (4) al generador eléctrico (5);
- al menos un condensador (6) donde el fluido de trabajo que sale de dicha al menos una turbina (4) se condensa y se envía al menos a una bomba (2); el fluido es alimentado entonces a dicho al menos un intercambiador de calor (3);
- 15 **caracterizado por que** la turbina de expansión (4) es del tipo de salida radial en el que, de una manera entre una entrada (15) y una salida (16) de la turbina de expansión (4), el flujo de fluido de trabajo se aleja, mientras que se expande, desde un eje de rotación (X-X) de dicha turbina de expansión (4); en donde la turbina de expansión (4) comprende una caja fija (7) que tiene una entrada axial (15) y una salida radialmente periférica (16), solo un disco de rotor (17), montado en la caja fija (7) y que rota alrededor de un eje de rotación (X-X), al menos una primera serie de
- 20 palas de rotor (22a) montadas en una cara delantera (18) del disco de rotor (17) y dispuestas alrededor del eje de rotación (X-X) y al menos una primera serie de palas de estátor (24a) montadas en la caja fija (7), enfrente del disco de rotor (17) y dispuestas alrededor del eje de rotación (X-X); en donde la turbina de expansión (4) comprende un tabique deflector (25) montado de manera fija sobre la caja fija (7) en la entrada axial (15) y adaptado para desviar radialmente el flujo axial hacia la primera serie de palas de estátor (24a); en donde la turbina de expansión (4) es
- 25 una turbina de múltiples fases; en donde la turbina de expansión (4) comprende al menos una segunda serie de palas de rotor (22b, 22c) dispuestas en una posición radialmente externa a la primera serie de palas de rotor (22a) y al menos una segunda serie de palas de estátor (24b, 24c) dispuestas en una posición radialmente externa a la primera serie de palas de estátor (24a); en donde el tabique deflector (25) tiene una superficie convexa (25a) enfrente de la entrada axial (15); en donde el tabique deflector (25) soporta la primera serie de palas de estátor (24a)
- 30 en una porción radialmente periférica del mismo; en donde la cara delantera (18) del disco de rotor (17) y la cara (23) de la caja fija (7) que soporta las palas de estátor (24a, 24b, 24c) divergen entre sí alejándose del eje de rotación (X-X) y las palas radialmente más externas tienen una altura de pala mayor que la de las palas radialmente más internas; en donde la caja fija (7) está formada con una media caja delantera (8) de forma circular y una media caja trasera (9) unidas entre sí por pernos (10); en donde un manguito (11) emerge en modo de voladizo desde la
- 35 media caja trasera (9); en donde en un volumen interior delimitado por las medias cajas delantera (8) y trasera (9), se aloja el disco de rotor (17) que está limitado físicamente a un árbol (13) a su vez soportado de manera rotativa en el manguito (11) mediante cojinetes (14) por lo que es libre de rotar alrededor del eje de rotación (X-X).
2. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la turbina de expansión (4) comprende un difusor (27) situado en una posición radialmente externa a las palas de estátor (24a, 24b, 24c) y las palas de rotor (22a, 22b, 22c).
- 40

Fig.1

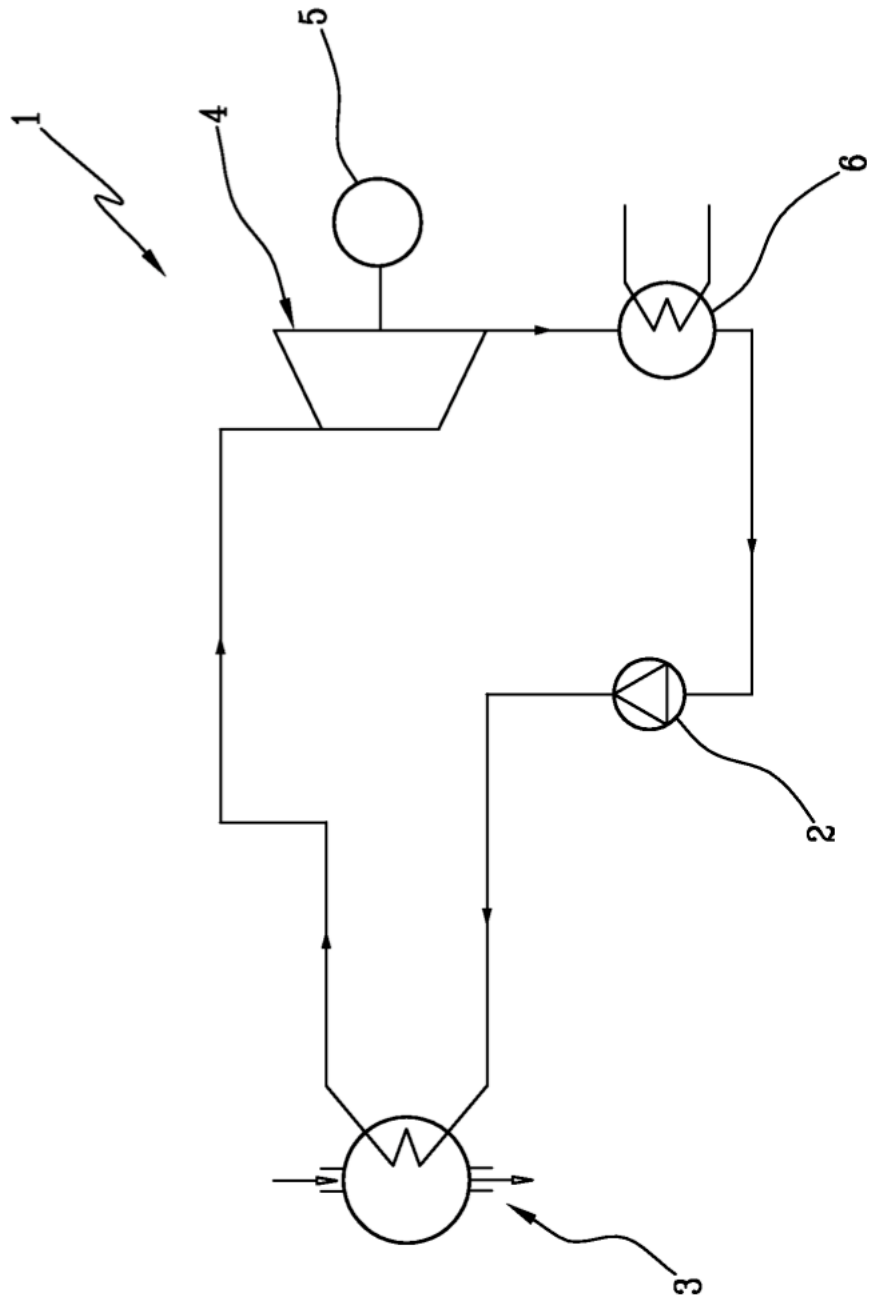




Fig.2

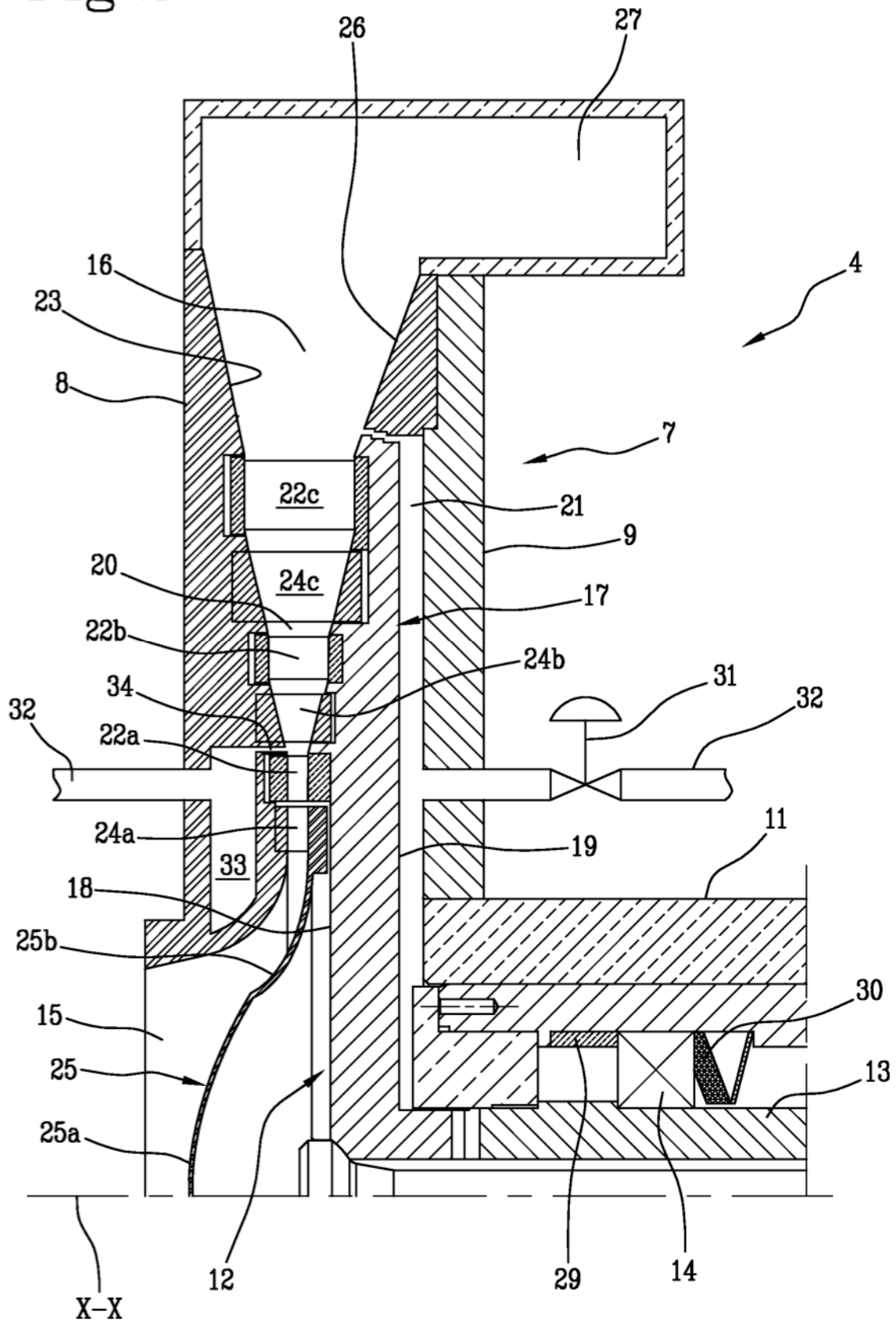


Fig. 3

