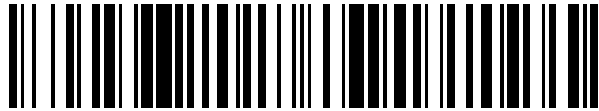


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 541 331**

21 Número de solicitud: 201431931

51 Int. Cl.:

G21C 15/16 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

23.12.2014

30 Prioridad:

17.01.2014 US 14/157966

43 Fecha de publicación de la solicitud:

17.07.2015

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

04.11.2016

Fecha de concesión:

02.01.2018

45 Fecha de publicación de la concesión:

09.01.2018

73 Titular/es:

**GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY AMERICAS, LLC
(100.0%)**

**3901 Castle Hayne Road
28401- Wilmington NC North Carolina US**

72 Inventor/es:

**ELLISON, Phillip Glen;
MISTREANU, Adrian M;
MALONE, Bobby Glenn;
BENNION, John S.;**
**ALPAY, Bulent y
JAMES, Michael**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

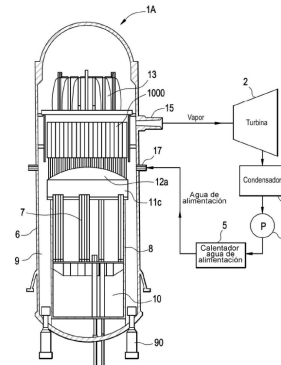
54 Título: **Separador de vapor y reactor nuclear de agua en ebullición que incluye el mismo**

57 Resumen:

Separador de vapor y reactor nuclear de agua en ebullición que incluye el mismo.

Un sistema de separación de vapor que incluye un tubo vertical configurado para recibir una corriente de flujo de dos fases de gas-líquido, un primer difusor configurado para recibir la corriente de flujo de dos fases de gas-líquido desde el tubo vertical, incluyendo el primer difusor un generador de turbulencias configurado para separar la corriente de flujo de dos fases de gas-líquido, y un cilindro de separación configurado para recibir la corriente de flujo de dos fases de gas-líquido desde el generador de turbulencias, incluyendo el cilindro de separación un canal estriado que tiene orificios a lo largo de una superficie interior del mismo.

FIG. 1



ES 2 541 331 B2

DESCRIPCIÓN

Separador de vapor y reactor nuclear de agua en ebullición que incluye el mismo

5 Antecedentes

Campo

10 Las realizaciones ejemplares se refieren a un sistema de separación de vapor para un reactor nuclear de agua en ebullición y/o a un reactor nuclear de agua en ebullición que incluye dicho separador.

Descripción de la técnica relacionada

15 Un reactor nuclear de agua en ebullición genera vapor de agua mediante la utilización de calor generado a partir de un núcleo y hace girar una turbina y un generador de energía mediante vapor. En un reactor nuclear de agua a presión, el agua de refrigeración fluye separadamente en un sistema de refrigeración primario que circula a través del reactor nuclear, y en un sistema de refrigeración secundario que sirve como un generador de vapor.
20 En el sistema de refrigeración primario, se genera agua a alta temperatura mediante el calor generado por el núcleo del reactor nuclear. En el sistema de refrigeración secundario, el agua en el sistema de refrigeración secundario se hierve en un intercambiador de calor en el generador de vapor para convertirse en vapor, que hace girar una turbina o un generador de energía.

25 Sin importar el tipo de reactor, la humedad debe ser eliminada del vapor que se suministra a la turbina. Para este fin, un reactor típico está provisto de una pluralidad de separadores de vapor, secadores y similares para eliminar el agua de un flujo de dos fases de vapor y el agua generada en el reactor nuclear o en el generador de vapor.

30 En un separador de vapor convencional, incluso si el agua separada del flujo de dos fases que ha fluido en el separador de vapor se descarga fuera del cilindro a través de la tubería de descarga de agua, la mayor parte del vapor fluye desde la parte superior del cilindro. Por lo tanto, si la velocidad de la corriente de flujo de dos fases (FS) es alta y/o el contenido de
35 humedad de entrada del separador de vapor es alto, se incrementa el número de gotas diminutas que son llevadas por el vapor, lo que puede resultar en un aumento en el

transporte de humedad. El aumento del transporte de humedad aumenta los niveles de radiactividad en la planta y afecta negativamente al rendimiento de salida. Si los niveles de transporte de humedad se vuelven indeseablemente altos, ciertos componentes de la línea de vapor principal y la turbina pueden verse afectados negativamente como resultado de la degradación aumentada de tales mecanismos, tales como el flujo de corrosión acelerada que conduce a mayores costes de mantenimiento.

Sumario

Las realizaciones ejemplares se refieren a un sistema de separación de vapor y/o a un reactor nuclear de agua en ebullición que incluye dicho sistema. En particular, realizaciones ejemplares se dirigen a un sistema de separación de vapor de múltiples zonas y/o a un reactor nuclear de agua en ebullición que incluye dicho sistema.

De acuerdo con un ejemplo de realización, un sistema de separación de vapor incluye un tubo vertical configurado para recibir una corriente de flujo de dos fases de gas-líquido, un primer difusor configurado para recibir la corriente de flujo de dos fases gas-líquido del tubo vertical, incluyendo el primer difusor un generador de turbulencias configurado para separar la corriente de flujo de dos fases de gas-líquido, y un cilindro de separación configurado para recibir la corriente de flujo de dos fases de gas-líquido desde el generador de turbulencias, incluyendo el cilindro de separación un canal estriado que tiene orificios a lo largo de una superficie interior del mismo.

De acuerdo con otro ejemplo de realización, un reactor nuclear de agua en ebullición incluye un recipiente de presión del reactor, un núcleo en el recipiente de presión del reactor, y una pluralidad de sistemas de separación de vapor de acuerdo con un ejemplo de realización, estando la pluralidad de sistemas de separación de vapor dispuestos por encima del núcleo en el recipiente de presión del reactor.

Breve descripción de los dibujos

Las diversas características y ventajas de realizaciones ejemplares no limitativas en el presente documento serán más evidentes a partir de la descripción detallada en conjunción con los dibujos adjuntos. Los dibujos adjuntos se proporcionan simplemente para fines ilustrativos y no deben ser interpretados para limitar el alcance de las reivindicaciones. Los dibujos adjuntos no deben ser considerados como dibujados a escala a menos que se

indique de forma explícita. Para fines de claridad, las diversas dimensiones de los dibujos pueden haber sido exageradas.

5 La figura 1 es una vista en sección transversal de un reactor nuclear de agua en ebullición de acuerdo con un ejemplo de realización.

La figura 2 es una vista en sección transversal longitudinal de uno de los separadores de vapor 1000 de acuerdo con un ejemplo de realización.

10 La figura 3A es una vista superior de un ejemplo de realización de un generador de turbulencias y de la estructura estabilizadora del separador de vapor de la figura 2, y la figura 3B es una vista en perspectiva de un ejemplo de realización de un generador de turbulencias y de la estructura estabilizadora del separador de vapor de la figura 2.

15 La figura 4 es una vista en sección transversal ampliada de un ejemplo de realización de un canal estriado del cilindro de separación de la figura 2.

Descripción detallada

20 Debe entenderse que cuando un elemento se refiere como "encima de", "conectado a", "acoplado a" o "cubriendo" otro elemento, puede estar directamente encima de, conectado a, acoplado a, o cubriendo el otro elemento o elementos que intervienen que pueden estar presentes. En contraste, cuando un elemento se denomina como "directamente sobre", "directamente conectado a", o "directamente acoplado a" otro elemento, no hay elementos
25 intermedios presentes. Los números iguales se refieren a elementos similares en toda la memoria. Tal como se utiliza aquí, el término "y/o" incluye cualquiera y todas las combinaciones de uno o más de los elementos enumerados asociados.

Debe entenderse que, aunque los términos primero, segundo, tercero, etc., pueden ser
30 utilizados en el presente documento para describir varios elementos, componentes, regiones, capas y/o secciones, estos elementos, componentes, regiones, capas, y/o secciones no deben estar limitados por estos términos. Estos términos sólo se utilizan para distinguir un elemento, componente, región, capa o sección de otra región, capa o sección. Por lo tanto, un primer elemento, componente, región, capa o sección que se describe a
35 continuación podría denominarse un segundo elemento, componente, región, capa o sección sin apartarse de las enseñanzas de las realizaciones de ejemplo.

Términos relativos al espacio (por ejemplo, "por debajo", "abajo", "bajo", "arriba", "superior", y similares) pueden utilizarse en este documento para facilitar la descripción para describir un elemento o característica en relación a otro elemento(s) o característica(s) como se ilustra en las figuras. Debe entenderse que los términos relativos al espacio pretenden abarcar diferentes orientaciones del dispositivo en uso u operación además de la orientación representada en las figuras. Por ejemplo, si al dispositivo en las figuras se da la vuelta, los elementos descritos como "abajo" o "por debajo" de otros elementos o características estarían entonces orientados "por encima" de los otros elementos o características. Así, el término "por debajo" puede abarcar tanto una orientación hacia arriba y hacia abajo. El dispositivo puede estar orientado de otra manera (girado 90 grados o en otras orientaciones) y los descriptores relativos al espacio usados en este documento han de interpretarse en consecuencia.

La terminología utilizada en la presente memoria es para el propósito de describir diversas formas de realización únicamente y no se pretende que sea limitativa de realizaciones de ejemplo. En la presente memoria, las formas singulares "un", "una" y "el/la" pretenden incluir las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Además, será entendido que los términos "incluye", "que incluye", "comprende" y/o "que comprende", cuando se usan en esta memoria descriptiva, especifican la presencia de características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, y/o componentes, pero no excluye la presencia o adición de una o más de otras características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes y/o grupos de los mismos.

Las realizaciones ejemplares se describen en el presente documento con referencia a las ilustraciones en sección transversal que son ilustraciones esquemáticas de realizaciones idealizadas (y estructuras intermedias) de realizaciones de ejemplo. Como tal, deben esperarse variaciones de las formas de las ilustraciones como resultado, por ejemplo, de las técnicas de fabricación y/o tolerancias. Por lo tanto, los ejemplos de realización no deben interpretarse como limitados a las formas de las regiones ilustradas en la presente memoria, sino que han de incluir desviaciones en formas que resultan, por ejemplo, de la fabricación.

A menos que se defina lo contrario, todos los términos (incluyendo los términos técnicos y científicos) usados aquí tienen el mismo significado que se entiende comúnmente por un experto ordinario en la técnica a la que pertenecen las realizaciones de ejemplo. Se entenderá además que los términos, incluidos los definidos en los diccionarios de uso

común, deben interpretarse como teniendo un significado que es coherente con su significado en el contexto de la técnica pertinente y no se interpretarán en un sentido idealizado o demasiado formal a menos que se defina aquí expresamente.

5 La figura 1 es una vista en sección transversal de un reactor nuclear de agua en ebullición (BWR) de acuerdo con un ejemplo de realización. En el BWR 1A nuclear, una pluralidad de separadores de vapor 1000 que tienen la estructura descrita a continuación se encuentran en la parte superior del recipiente de presión 6 del reactor. La siguiente es una descripción de la estructura en el interior del recipiente de presión 6.

10

Una cubierta 8 del núcleo cilíndrico, que es concéntrica con el recipiente de presión 6, está instalada en una parte inferior en el recipiente de presión 6. Una cámara de sobrepresión inferior 10 del núcleo está formada en la parte baja de la cubierta 8 del recipiente de presión 6. Un núcleo 7 está dispuesto por encima de la parte superior de esta cámara 10 y rodeado por la cubierta 8. El núcleo 7 incluye combustible nuclear, que genera calor, convirtiendo el agua ligera del reactor en vapor. También hay una cámara de sobrepresión superior 11c del núcleo por encima del núcleo 7. Un cabezal de cubierta 12a está dispuesto por encima de la cámara superior 11c. Debe indicarse que un espacio anular 9 está formado entre el recipiente de presión 6 y la cubierta 8, y esto funciona como una trayectoria de circulación para el agua ligera.

20

Un número prescrito de orificios (no mostrados) a través de los cuales pasa el refrigerante se proporcionan en el cabezal de cubierta 12a. Una pluralidad de separadores de vapor 1000 se inserta en estos orificios y se alinean en paralelo. Las trayectorias de flujo que unen el núcleo 7 y el separador de vapor 1000 están conectadas a través de la cámara superior 11c. Además, un secador de vapor 13 se proporciona por encima de los separadores de vapor 1000. Una boquilla de entrada de agua de alimentación 17 y una boquilla de salida de vapor 15 están previstas en la pared lateral del recipiente de presión 6. Unas bombas internas 90 están previstas en la porción inferior del recipiente de presión del reactor 6.

30

En el BWR 1A nuclear, el vapor generado en el núcleo 7 fluye en cada uno de los separadores de vapor 1000 montados en el cabezal de cubierta 12a a través de la cámara superior 11c como un flujo de dos fases de gas-líquido que incluye el agua ligera. En los separadores de vapor 1000, la corriente de flujo de dos fases de gas-líquido introducida pasa a través en una dirección ascendente.

35

Los separadores de vapor 1000 suministran vapor que contiene la humedad que no puede ser eliminada por el secador de vapor 13 situado por encima de los separadores de vapor 1000.

5 El vapor (vapor saturado) a partir del cual se elimina aún más la humedad mediante el secador de vapor 13 sale por la boquilla de salida de vapor 15 y se suministra a la turbina 2. Este vapor acciona la turbina 2, que gira un generador (no mostrado) unido a la turbina 2, y de ese modo se genera la energía. El vapor expulsado desde la turbina 2 se condensa en el condensador 3 y se convierte en agua condensada. El agua condensada, es decir, el agua
10 de refrigeración (agua ligera) se suministra a un calentador de agua de alimentación 5 mediante una bomba de agua de alimentación 4. El agua de refrigeración calentada por el calentador de agua de alimentación 5 se introduce en el recipiente de presión 6 desde la boquilla de agua de alimentación 17.

15 Mientras tanto, el agua separada por el separador de vapor 1000 se mezcla con el agua de refrigeración suministrada desde la boquilla de entrada de agua de alimentación 17 y desciende por el espacio anular 9 y se introduce en el núcleo 7 a través de la cámara inferior 10. En este momento, el agua de refrigeración suministrada al núcleo 7 es presurizada mediante la bomba interna 90.

20 La figura 2 es una vista en sección transversal longitudinal de uno de los separadores de vapor 1000 de acuerdo con un ejemplo de realización. Se apreciará que cada uno de, o algunos de, la pluralidad de separadores de vapor 1000 puede tener la estructura mostrada en la figura 2.

25 En un ejemplo de realización, el separador de vapor 1000 incluye un tubo vertical 100, un primer difusor 150, un generador de turbulencias 200 que incluye una pluralidad de deflectores 220, una estructura estabilizadora 300, un cilindro de separación 400, un faldón 600, un canal de drenaje 700 y un segundo difusor 800.

30 El tubo vertical 100 está configurado para introducir una corriente de flujo de dos fases de gas-líquido (FS), que se indica mediante la flecha en la figura 2. El gas de la FS de dos fases de gas-líquido puede ser vapor, y el líquido de la FS de dos fases de gas-líquido puede ser agua.

35 La entrada 110 del tubo vertical 100 tiene una forma acampanada, y el tubo vertical 100

tiene una forma cilíndrica entre los mismos. La forma acampanada de la entrada 110 mitiga o previene una caída en la presión de la FS de dos fases de gas-líquido. La forma acampanada de la entrada 110 tiene un radio de curvatura variable que puede ajustarse a las condiciones de límite de la FS de dos fases de gas-líquido (por ejemplo, flujo, presión y calidad de vapor). La forma acampanada de la entrada 110 puede modificarse sobre la base de las características de la FS de dos fases de gas-líquido que entra en el tubo vertical 100.

El tubo vertical 100 puede estar recubierto con un material que contribuye a la mitigación o prevención de una caída en la presión de la FS de dos fases de gas-líquido. El material de revestimiento puede ser TiO_2 , que se describe en la Publicación de Patente de Estados Unidos No. 2010/0055308, todo el contenido de la cual se incorpora aquí por referencia.

El primer difusor 150 se conecta a la superficie de extremo superior del tubo vertical 100 y forma una trayectoria de flujo. Por ejemplo, el primer difusor 150 está soldado al tubo vertical 100. El interior del primer difusor 150 está equipado con un generador de turbulencias 200 y una estructura 300. El generador de turbulencias 200 incluye una pluralidad de deflectores ciclónicos 220 que están montados radialmente alrededor de un buje 310 de la estructura estabilizadora 300. La estructura estabilizadora 300 es una estructura integral que incluye el buje 310, y un estabilizador 320 que se extiende en una dirección hacia arriba desde el buje 310. El buje 310 tiene una forma cilíndrica y el estabilizador 320 se encuentra en una parte superior superficie del buje y puede ser en forma de cono. Sin embargo, los ejemplos de realización no se limitan a los mismos.

El borde exterior de cada uno de la pluralidad de deflectores ciclónicos 220 está conectado a la superficie interior del primer difusor 150. Como resultado, la pluralidad de deflectores ciclónicos 220 forma la trayectoria de flujo en el espacio formado por la superficie interior del primer difusor 150, la estructura estabilizadora 300 y la pluralidad de deflectores ciclónicos 220.

La figura 3A es una vista superior de un ejemplo de realización de un generador de turbulencias y de la estructura estabilizadora del separador de vapor de la figura 2, y la figura 3B es una vista en perspectiva de un ejemplo de realización de un generador de turbulencia y de la estructura estabilizadora del separador de vapor de la figura 2.

En las figuras 3A-3B, una pluralidad de deflectores ciclónicos 220 está montadas radialmente alrededor del buje 310, y los bordes exteriores de la pluralidad de deflectores

ciclónicos 220 están conectados a la superficie interna del primer difusor 150. Aquí, se muestran ocho deflectores ciclónicos 220, pero los ejemplos de realización no se limitan a las mismas. La estructura estabilizadora 300 puede prevenir o inhibir que la FS de dos fases de gas-líquido forme un vórtice cuando la FS de dos fases de gas-líquido fluye a través de la pluralidad de deflectores ciclónicos 220. La estructura estabilizadora 300 que incluye el buje 310 y el estabilizador 320 está dispuesta en la porción de eje central del primer difusor 150. Después de que el generador de turbulencias 200 y el estabilizador 300 se monten por separado, pueden unirse juntos.

10 El generador de turbulencias 200 está configurado para recibir la FS de dos fases de gas-líquido desde el tubo vertical 100 y separar el líquido de la FS de dos fases de gas-líquido. El generador de turbulencias 200 separa la FS de dos fases de gas-líquido en la zona central axial del primer difusor 150 en vapor con una caída de presión relativamente pequeña.

15 La pluralidad de deflectores ciclónicos 220 se ajustan en un canal estriado 410 del cilindro de separación 400 que se describirá posteriormente. Por ejemplo, el ángulo de la pluralidad de deflectores ciclónicos 220 está diseñado para corresponder con el ángulo del canal estriado 410 del cilindro de separación 400, de tal manera que el sistema tiene una caída en la presión mínima o reducida y una eficiencia de separación máxima o aumentada (reducción del transporte).

25 Una forma de la pluralidad de deflectores ciclónicos 220 puede modificarse en base a las características de la FS de dos fases de gas-líquido a la entrada de la tubería vertical 100 (el contenido de vapor de humedad, la distribución del flujo basado en la posición del sistema de separación de vapor en el BWR y la dirección del flujo en relación con el cabezal de cubierta 12a (véase la figura 1)).

30 El estabilizador 320 se extiende en una dirección hacia arriba desde el buje 310 del generador de turbulencias 200 dentro del primer difusor 150. El estabilizador 320 está configurado para recibir la FS de dos fases de gas-líquido del generador de turbulencias 200, y para dirigir el gas de la FS de dos fases de gas-líquido a la zona de centro axial del primer difusor 150. Al dirigir el gas hacia el centro del primer difusor 150, el estabilizador 320 mitiga o previene la caída en la presión la FS de dos fases de gas-líquido, al tiempo que mejora la separación de humedad.

35

Volviendo a la figura 2, el cilindro de separación 400 está conectado a la superficie de extremo superior del primer difusor 150 y forma una trayectoria de flujo. Por ejemplo, el cilindro de separación 400 está soldado al primer difusor 150. El cilindro de separación 400 está configurado para recibir la FS de dos fases de gas-líquido del estabilizador 320. Un faldón 600 forma un espacio anular que encierra el primer difusor 150 y el cilindro de separación 400, de manera que sea concéntrico con los mismos y define un espacio entre los mismos referido como canal de drenaje 700. El espacio entre los mismos incluye el canal de drenaje 700 que se describirá en detalle más adelante.

10 Las paredes internas 420 del cilindro de separación 400 se pueden recubrir con un agente anti-incrustante para minimizar o reducir una pérdida de fricción de la superficie. El agente anti-incrustante puede ser TiO_2 , que se describe en la Publicación de Patente de Estados Unidos N° 2010/0055308, los contenidos de la cual se incorporan aquí por referencia.

15 El cilindro de separación 400 incluye un canal estriado 410, un faldón 600, y un canal de drenaje 700. El canal estriado 410 forma una forma de rotación estriada en las paredes interiores 420 del cilindro de separación 400. El canal estriado 410 se ajusta con una pluralidad de deflectores ciclónicos 220. El canal estriado 410 separa el líquido de la FS de dos fases de gas-líquido y dirige el líquido al canal de drenaje 700, minimizando o reduciendo así el arrastre adicional del líquido separado.

La FS de dos fases de gas-líquido fluye a través del cilindro de separación 400 en contacto con el canal estriado 410, que tiene la forma de rotación estriada en las paredes interiores 420 del cilindro de separación, separa el líquido en contacto con las paredes interiores 420 de la FS de dos fases de gas-líquido y dirige el líquido hacia el canal de drenaje 700. El generador de turbulencias 200 separa por centrifugación el líquido de la FS de dos fases de gas-líquido en gotas que se adhieren a las paredes interiores 420 del cilindro de separación 400 y el gas en la FS de dos fases de gas-líquido fluye hacia el centro del cilindro de separación 400.

30 El canal estriado 410 en las paredes interiores 420 del cilindro de separación 400 mejora la capacidad de separación en y cerca de la superficie del cilindro de separación 400 y también mejora la capacidad de drenaje del cilindro de separación 400, mientras que mitiga o previene una pérdida de presión. El canal estriado 410 reducirá la cantidad de remolino que necesita ser impuesta en la entrada 110 del separador de vapor 1000, mitigando o previniendo así una pérdida de presión.

Una serie de orificios 430 en el canal estriado 410 recogerá el líquido de la FS de dos fases de gas-líquido y lo redirigirá al canal de drenaje 700. Una mayor cantidad de orificios 430 están situados en la parte del canal estriado 410 más cercana al tubo vertical 100 para
5 controlar la capacidad de drenaje. La forma de los orificios 430 se ajusta a la posición en el canal estriado 410.

El líquido separado de la FS de dos fases de gas-líquido se recoge mediante los orificios en el canal estriado 410, y fluye hacia abajo a través del canal de drenaje 700. El canal estriado
10 410 obstruye el canal de drenaje 700 y, por lo tanto, acelera la separación del líquido de la FS de dos fases de gas-líquido. La caída de presión en el cilindro de separación 400 crea succión en el espacio entre el cilindro de separación 400 y el canal de drenaje 700, que se aplica luego a la FS de dos fases de gas-líquido antes de que la FS de dos fases de gas-líquido entre en el canal de drenaje 700.

15

Una descripción adicional del canal estriado 410 se hará con referencia a la figura 4. La figura 4 es una vista en sección transversal ampliada de un canal estriado del cilindro de separación de la figura 2.

20 En la figura 4, la forma de rotación estriada del canal estriado 410 incluye una porción inferior 10 que tiene un paso variable ajustado con la pluralidad de deflectores ciclónicos 220, y una porción superior 20 que tiene también un paso variable que corresponde con la porción inferior 10. A medida que la FS de dos fases de gas-líquido se desplaza hacia arriba, la cantidad de líquido separado de la FS de dos fases de gas-líquido disminuye. Por
25 lo tanto, una cantidad menor o mayor de rotación puede ser necesaria en la porción superior 20 del canal estriado 410 en comparación con la porción inferior 10 para mitigar o evitar una pérdida de la presión (es decir, un paso variable). El líquido recogido de la FS de dos fases de gas-líquido en el canal estriado 410 es recogido por los orificios 430 y entra en el canal de drenaje 700.

30

Volviendo a la figura 2, un segundo difusor 800 está conectado a la superficie de extremo superior del cilindro de separación 400 y forma una trayectoria de flujo. Por ejemplo, el segundo difusor 800 está soldado al cilindro de separación 400. El segundo difusor 800 permite la mezcla de la FS de dos fases de gas-líquido que sale del cilindro de separación
35 400. El segundo difusor 800 puede tener una forma tal que la salida sea más ancha que la entrada al mismo, y la altura y el ángulo de las paredes laterales del segundo difusor pueden

variar dependiendo de la disposición del segundo difusor 800 en el separador de vapor 1000.

5 Todos los componentes del separador de vapor pueden estar hechos de materiales que se sabe que son aceptables para un entorno nuclear. Por ejemplo, el acero inoxidable (304, 316, XM-19, o equivalente) puede ser utilizado.

10 Habiéndose descrito ejemplos de formas de realización de este modo, se apreciará por parte de un experto en la técnica que los ejemplos de realización se pueden variar a través de experimentación de rutina y sin actividad inventiva adicional. Las variaciones no deberán considerarse como una desviación del espíritu y del ámbito de las realizaciones de ejemplo, y todas estas modificaciones, como sería obvio para un experto en la técnica, se pretende que estén incluidas dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de separación de vapor que comprende:

5

un tubo vertical configurado para recibir una corriente de flujo de dos fases de gas-líquido;

un primer difusor configurado para recibir la corriente de flujo de dos fases de gas-líquido desde el tubo vertical, incluyendo el primer difusor un generador de turbulencias configurado para separar la corriente de flujo de dos fases de gas-líquido; y

10

un cilindro de separación configurado para recibir la corriente de flujo de dos fases de gas-líquido desde el generador de turbulencias, incluyendo el cilindro de separación un canal estriado que tiene orificios a lo largo de una superficie interior del mismo, y donde el canal estriado forma una forma de rotación estriada en las paredes interiores del cilindro de separación y que se extiende por una longitud del cilindro de separación.

15

2. El sistema de separación de vapor de la reivindicación 1, en el que los orificios del canal estriado están configurados para recoger el líquido de la corriente de flujo de dos fases gas-líquido.

20

3. El sistema de separación de vapor de la reivindicación 1, en el que el canal estriado del cilindro de separación tiene un paso variable.

25

4. El sistema de separación de vapor de la reivindicación 1, en el que el primer difusor incluye una estructura estabilizadora configurada para dirigir el gas de la corriente de flujo de dos fases de gas-líquido hacia un centro del cilindro de separación.

30

5. El sistema de separación de vapor de la reivindicación 4, en el que el generador de turbulencias incluye una pluralidad de deflectores ciclónicos, estando la pluralidad de deflectores ciclónicos ajustada con el canal estriado del cilindro de separación.

6. El sistema de separación de vapor de la reivindicación 5, en el que

35

la estructura estabilizadora incluye un buje y un estabilizador, y

la pluralidad de deflectores ciclónicos está montada radialmente alrededor del buje.

5 7. El sistema de separación de vapor de la reivindicación 1, en el que la superficie interior del cilindro de separación y una superficie interior del tubo vertical están recubiertas con un agente anti-incrustante.

8. El sistema de separación de vapor de la reivindicación 7, en el que el agente anti-incrustante incluye TiO_2 .

10 9. El sistema de separación de vapor de la reivindicación 1, en el que el tubo vertical incluye una entrada que tiene una forma acampanada.

10. El sistema de separación de vapor de la reivindicación 1, que comprende además:

15 un segundo difusor conectado al cilindro de separación, estando el segundo difusor configurado para mezclar la corriente de flujo de dos fases de gas-líquido que sale del cilindro de separación.

11. El sistema de separación de vapor de la reivindicación 1, que comprende además:

20 un canal de drenaje configurado para recibir la corriente de flujo de dos fases de gas-líquido desde el cilindro de separación, estando el canal de drenaje configurado para aplicar succión a la corriente de flujo de dos fases de gas-líquido antes que la corriente de flujo de dos fases de gas-líquido entre en los orificios del canal de drenaje.

25 12. Un reactor nuclear de agua en ebullición que comprende:

un recipiente de presión del reactor;

30 un núcleo en el recipiente de presión del reactor; y

una pluralidad de sistemas de separación de vapor de acuerdo con la reivindicación 1, estando la pluralidad de sistemas de separación de vapor dispuestos por encima del núcleo en el recipiente de presión del reactor.

35 13. El reactor nuclear de agua en ebullición de la reivindicación 12, en el que los orificios del

canal estriado están configurados para recoger el líquido de la corriente de flujo de dos fases de gas-líquido.

5 14. El reactor nuclear de agua en ebullición de la reivindicación 12, en el que el canal estriado del cilindro de separación tiene un paso variable.

10 15. El reactor nuclear de agua en ebullición de la reivindicación 12, en el que el primer difusor incluye una estructura estabilizadora configurada para dirigir el gas de la corriente de flujo de dos fases de gas-líquido hacia un centro del cilindro de separación.

16. El reactor nuclear de agua en ebullición de la reivindicación 15, en el que el generador de turbulencias incluye una pluralidad de deflectores ciclónicos, estando la pluralidad de deflectores ciclónicos ajustada con el canal estriado del cilindro de separación.

15 17. El reactor nuclear de agua en ebullición de la reivindicación 16, en el que

la estructura estabilizadora incluye un buje y un estabilizador, y

la pluralidad de deflectores ciclónicos está montada radialmente alrededor del buje.

20

18. El reactor nuclear de agua en ebullición de la reivindicación 12, en el que la superficie interior del cilindro de separación y una superficie interior del tubo vertical están recubiertas con un agente anti-incrustante.

25 19. El reactor nuclear de agua en ebullición de la reivindicación 18, en el que el agente anti-incrustante incluye TiO_2 .

20. El reactor nuclear de agua en ebullición de la reivindicación 12, en el que el tubo vertical incluye una entrada que tiene una forma acampanada.

FIG. 1

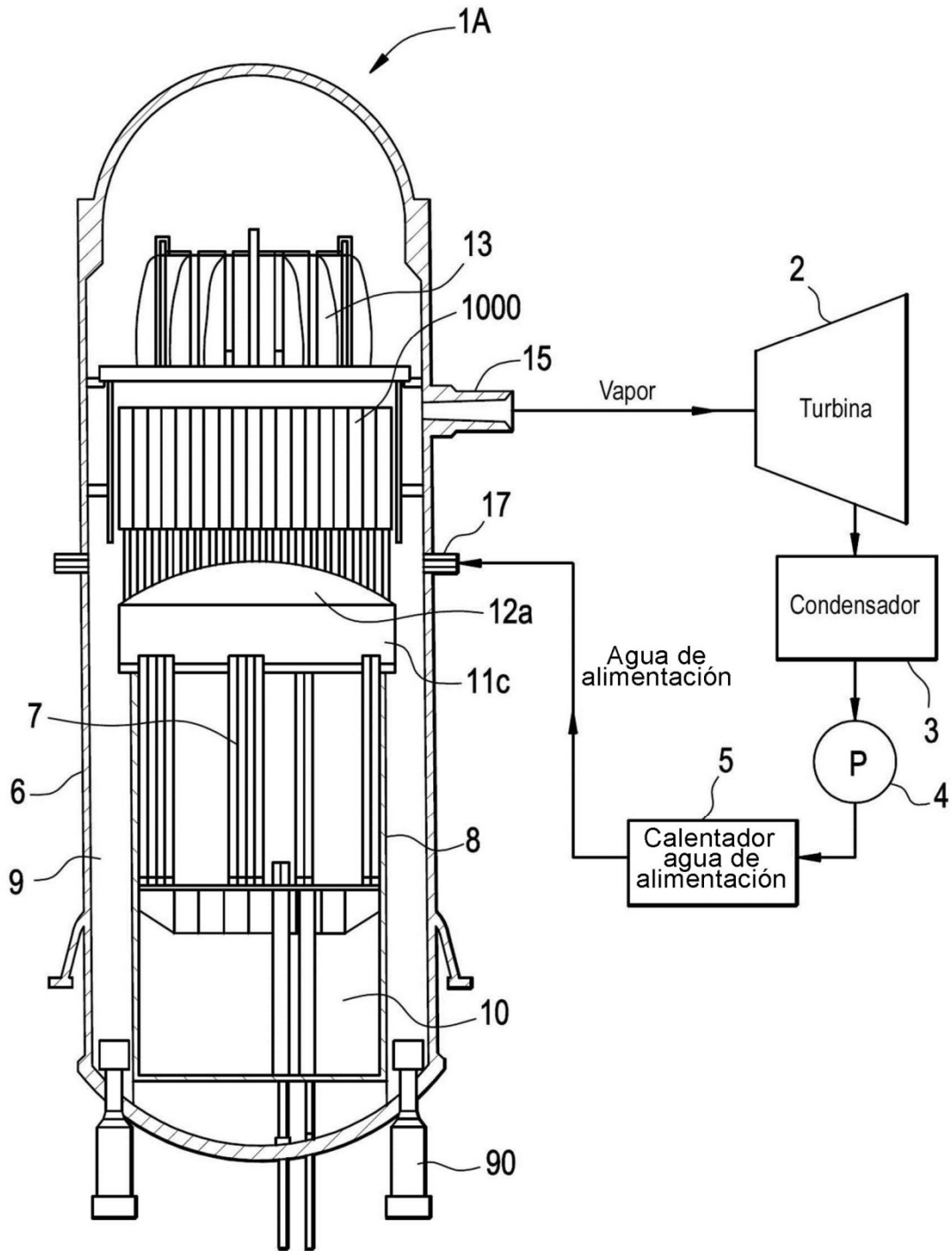


FIG. 2

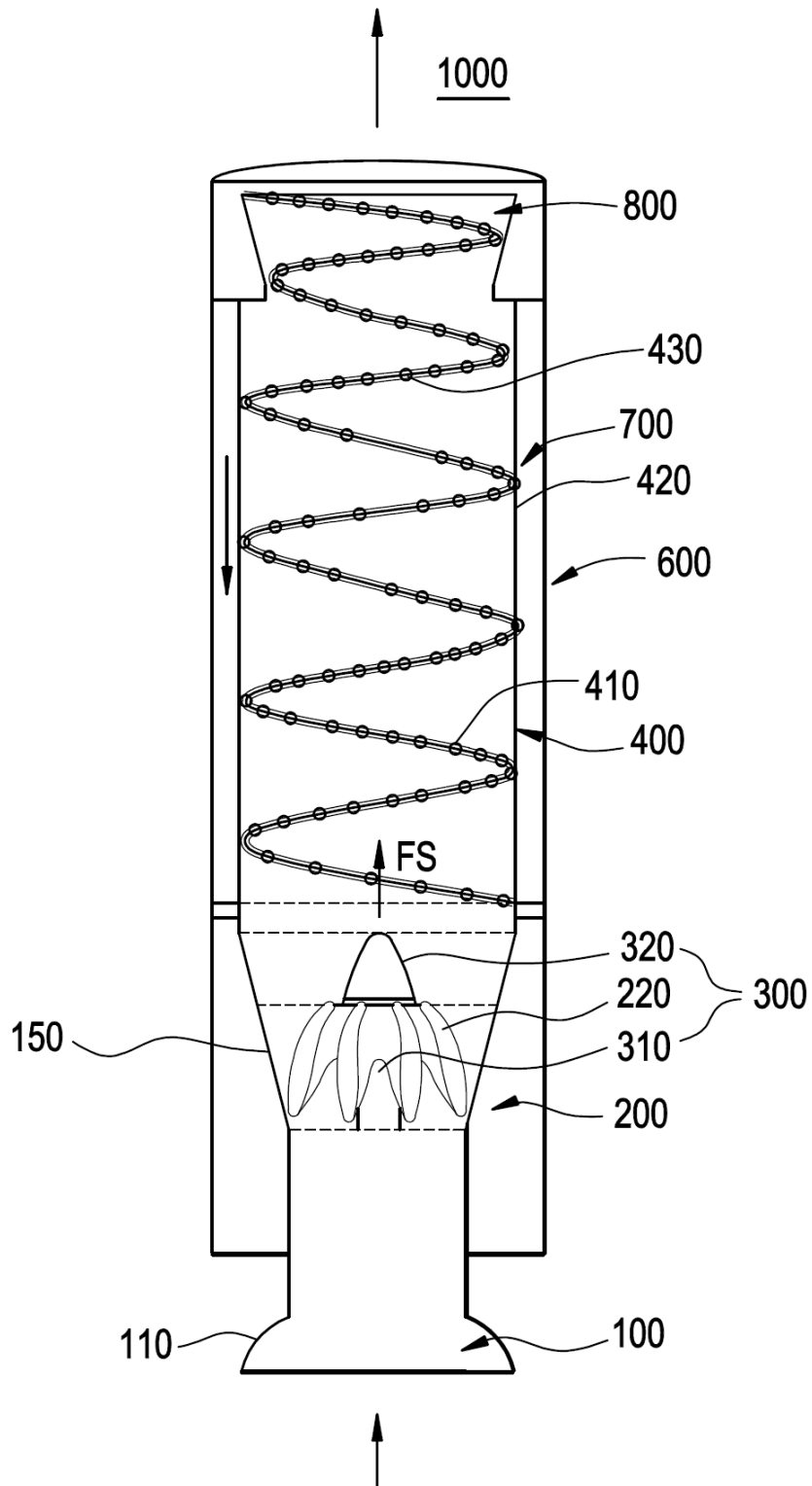


FIG. 3A

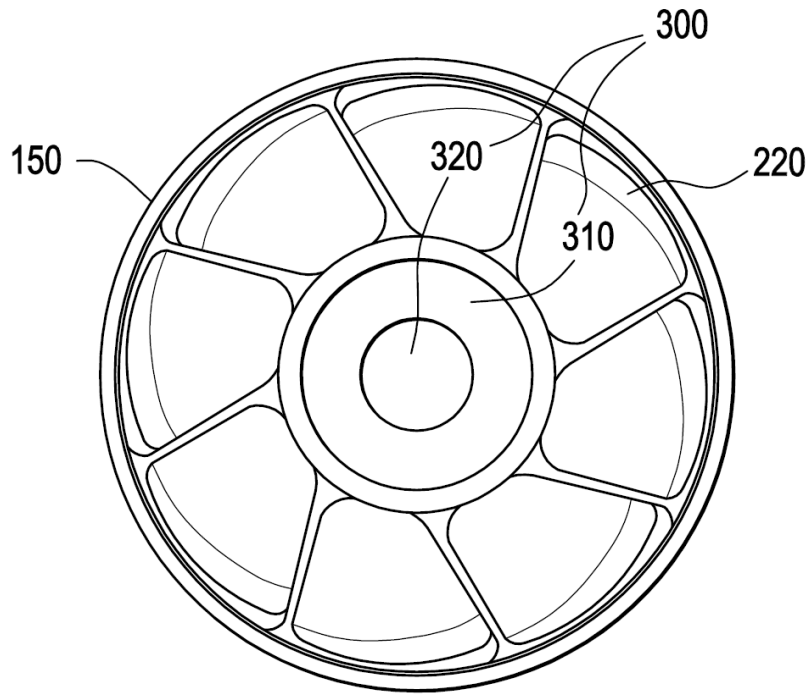


FIG. 3B

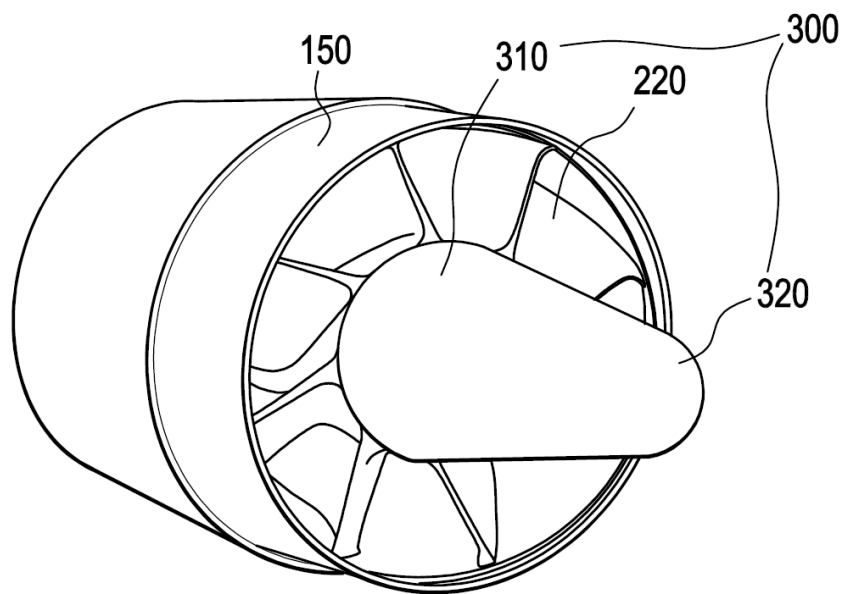
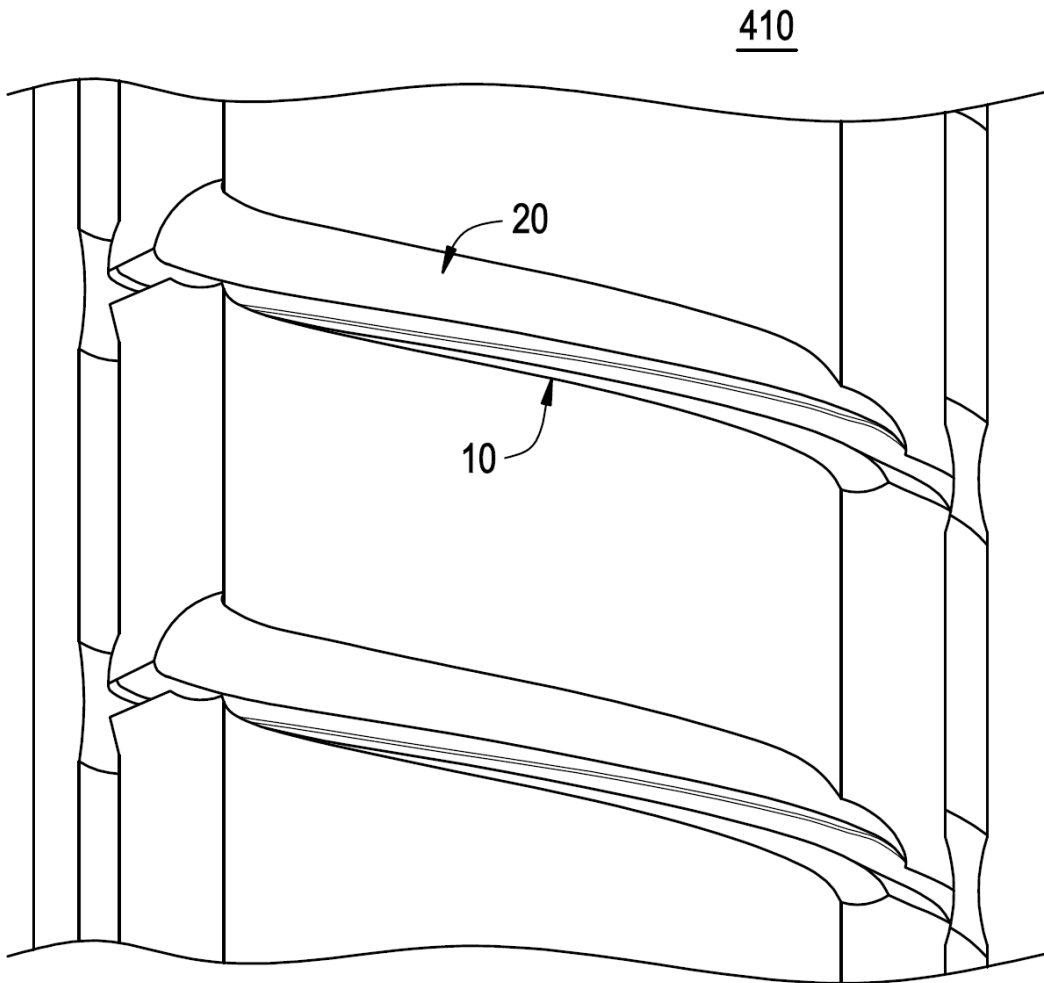


FIG. 4





②① N.º solicitud: 201431931

②② Fecha de presentación de la solicitud: 23.12.2014

③② Fecha de prioridad: **17-01-2014**

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G21C15/16** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | ⑤⑥ Documentos citados | Reivindicaciones afectadas |
|-----------|---|----------------------------|
| Y | US 20070201604 A1 (CHAKI, M. et al.) 30.08.2007, resumen; párrafos [0002]-[0003],[0033]-[0039]; figura 1. | 1,2,4-13,15-20 |
| Y | JP 2001174582 A (TOSHIBA CORP.) 29.06.2001, todo el documento. | 1,2,4-13,15-20 |
| A | JP 2001183489 A (HITACHI. LTD.) 06.07.2001, todo el documento. | 1,4-13,15-20 |
| A | JP 2013003083 A (HITACHI GE NUCLEAR ENERGY, LTD.) 07.01.2013, todo el documento. | 1,2,4-13,15-20 |
| A | JP 2004245656 A (HITACHI, LTD.) 02.09.2004, todo el documento. | 1,2,4-13,15-20 |
| A | US 20120117928 A1 (KONDO, Y. et al.) 17.05.2012, todo el documento. | 1,10 |
| A | JP 2001083276 A (HITACHI, LTD.) 30.03.2001 | |
| A | JP 2000329889 A (TOSHIBA CORP.) 30.11.2000 | |

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
11.05.2015

Examinador
Ó. González Peñalba

Página
1/5

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G21C, B01D, F16D

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, INSPEC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 11.05.2015

Declaración

| | | |
|---|------------------------------------|-----------|
| Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986) | Reivindicaciones 1-20 | SI |
| | Reivindicaciones | NO |
| Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986) | Reivindicaciones 3, 14 | SI |
| | Reivindicaciones 1, 2, 4-13, 15-20 | NO |

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

| Documento | Número Publicación o Identificación | Fecha Publicación |
|-----------|--------------------------------------|-------------------|
| D01 | US 20070201604 A1 (CHAKI, M. et al.) | 30.08.2007 |
| D02 | JP 2001174582 A (TOSHIBA CORP.) | 29.06.2001 |
| D03 | JP 2001183489 A (HITACHI. LTD.) | 06.07.2001 |

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Se considera que la invención definida en las reivindicaciones 1, 2, 4-13 y 15-20 de la presente Solicitud carece de actividad inventiva por poder ser deducida de un modo evidente del estado de la técnica por un experto en la materia.

En efecto, partiendo del documento D01, citado en el Informe sobre el Estado de la Técnica (IET) con la categoría Y para dichas reivindicaciones, en combinación con otros documentos, y considerado el antecedente tecnológico más próximo al objeto en ellas definido, se describe en él un sistema de separación de vapor ("*steam separator*") que comprende:

- un tubo vertical ("tubería vertical 12b"; véase el párrafo [0036] y la Figura 1 –en lo que sigue, las referencias numéricas entre paréntesis aluden a este documento D01–), configurado para recibir una corriente de flujo de dos fases de gas-líquido (como es conocido en un reactor BWR convencional, al que se destina principalmente la invención –párrafos [0002] y [0003] –);
- un primer difusor (100), configurado para recibir la corriente de flujo de dos fases de gas-líquido desde el tubo vertical, comprendiendo el primer difusor un generador de turbulencias ("*swirler*" 150 –párrafo [0036]–) configurado para separar la corriente de flujo de dos fases de gas-líquido; y
- un cilindro de separación ("cilindro interior" 110; Figura 1), configurado para recibir la corriente de flujo de dos fases de gas-líquido desde el generador de turbulencias, incluyendo el cilindro de separación varios canales estriados a lo largo de una superficie interior del mismo.

Puede observarse, por tanto, que las diferencias técnicas entre el objeto de la primera reivindicación y D01 son:

1. que en D01 el difusor no incluye estrictamente en su interior el generador de turbulencias, sino que lo comprende en una posición adyacente; tal diferencia, sin embargo, constituye un equivalente de diseño incluso más sencillo constructivamente en algunos aspectos (la fabricación recta de las palas del generador de turbulencias, por ejemplo) que la disposición interior, y, en todo caso, esta última opción es una solución conocida y de uso común en la técnica (como se observa, por ejemplo, en las Figuras 7a y 7b del documento D02, o en la Figura 8 del documento D03, ambos citados en el IET respectivamente con la categoría Y, en combinación con D01, y con la categoría A), a la que el experto de la técnica podrá recurrir como alternativa evidente a la disposición adyacente al difusor del generador de turbulencias;
2. que en D01 los canales estriados son varios, y no solo uno, lo cual no es sino una reiteración obvia de una misma idea de partida, utilizar canales para la evacuación y retorno del líquido separado, y, constituye, por tanto, un equivalente evidente;
3. y, queda, por último, como diferencia técnica esencial, que los canales de D01 no tienen orificios diferenciados practicados dentro de ellos, sino que presentan un único orificio coincidente con el propio canal.

Esta última diferencia tiene el efecto técnico, con respecto a la disposición de canales de D01, de restringir la evacuación de líquido con secciones de paso más pequeñas que la que correspondería al propio canal, de manera que no se recircule vapor al reactor ni se tenga una pérdida de carga elevada. Ahora bien, este mismo efecto técnico se logra también con una solución análoga descrita en el documento D02, consistente en la disposición de orificios de recuperación de líquido (véase la referencia 38 de la Figura 4 de este documento) en las paredes del cilindro de separación (19). Estos orificios constituyen secciones de paso reducidas que, como en la invención, permiten el paso del líquido y dificultan el del vapor. Dicho documento D02 pertenece, además, al mismo sector técnico de separación de vapor en reactores nucleares BWR, por lo que un experto de la técnica podrá recurrir de forma evidente a él para obtener de igual manera dicho efecto técnico en el separador de D01, reduciendo la sección de paso de los canales mediante orificios practicados en ellos. Cabe concluir, en consecuencia, que dicha reivindicación 1 carece de actividad inventiva con respecto a la combinación de D01 y D02, según el Artículo 8 de la vigente Ley de Patentes.

Las restantes reivindicaciones afectadas 2 y 4-11, referidas al sistema separador en sí, bien se encuentran también igualmente anticipadas en ambos documentos: es el caso de la estructura estabilizadora de la reivindicación 4, similar al cubo o buje ("*hub*" 151) de forma convergente de D01 y también presente, con idéntico efecto, en otros muchos documentos del estado de la técnica, al igual que los deflectores ciclónicos de la reivindicación 5, también montados radialmente (reivindicación 6) alrededor del buje, o del segundo difusor (reivindicación 10), asimilable, en cuanto al efecto producido, al elemento constituido por el cambio de sección (anillo 140) aguas arriba del cilindro separador de D01; o bien constituyen soluciones conocidas a problemas secundarios concomitantes con el esencial de la invención (mejorar la separación de líquido-vapor) e igualmente resueltos en el estado de la técnica: es el caso de la forma acampanada de la entrada del tubo vertical recogida en la reivindicación 9, anticipada como solución de entrada al tubo vertical en la Figura 6c de D03, o del

empleo de un agente anti-incrustante de las reivindicaciones 7 y 8, ya conocido y de uso generalizado en la tecnología nuclear.

Y, por último, en cuanto a las reivindicaciones 12, 13 y 15-20, referentes a un reactor BWR que incorpora el sistema de separación de reivindicaciones anteriores, se encuentran igualmente afectadas en su actividad en tanto en cuanto contemplan características recogidas en reivindicaciones referidas al sistema separador en sí y que carecen de actividad inventiva, puesto que el contenido técnico que aportan adicionalmente respecto de estas es la aplicación del sistema separador en un reactor nuclear, idea evidente que se encuentra ya anticipada en todos los documentos del estado de la técnica considerados. Dicho de otro modo, si el sistema separador no es inventivo, su aplicación en un BWR, fin evidente y expreso para el que están concebidos multitud de sistemas separadores analizados, tampoco lo será, según el mencionado Art. 8 LP.