

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 656 642**

51 Int. Cl.:

**F03B 13/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.10.2013 PCT/GB2013/052565**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.04.2014 WO14053830**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.10.2013 E 13777311 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.12.2017 EP 2904260**

54 Título: **Turbina con entrada y salida radial y álabes de guía de múltiples elementos para flujos oscilantes**

30 Prioridad:

**02.10.2012 US 201261708908 P**

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

**27.02.2018**

73 Titular/es:

**DRESSER-RAND COMPANY (100.0%)  
500 Paul Clark Drive  
Olean, NY 14760 , US**

72 Inventor/es:

**NATANZI, SHAHAB y  
TARVER, BEN**

74 Agente/Representante:

**LOZANO GANDIA, José**

**ES 2 656 642 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).

**TURBINA CON ENTRADA Y SALIDA RADIAL Y ÁLABES DE GUÍA DE MÚLTIPLES ELEMENTOS PARA FLUJOS OSCILANTES**

**DESCRIPCIÓN**

5 **Antecedentes**

Esta solicitud reivindica la prioridad sobre la solicitud de patente estadounidense con n.º 61/708,908 que se presenta el 2 de octubre de 2013.

10 Un sistema de columna de agua oscilante (OWC) es un dispositivo de energía renovable marino, diseñado para extraer potencia de las aguas del océano. Generalmente, la OWC incluye una cámara abierta a la superficie del mar y una turbina. Se requiere que la turbina convierta el flujo de aire bidireccional producido por la subida y la bajada de la superficie del mar dentro de la cámara en movimiento rotatorio unidireccional, que se usa entonces para dar potencia a un generador para generar electricidad. Se han desarrollado turbinas de tipo de impulso con álabes de guía fijos y que minimizan problemas de fiabilidad debido a la única parte móvil dentro de la OWC, el rotor. Turbinas de tipo de impulso también muestran eficiencia mejorada mediante un caudal de funcionamiento dado cuando se compara con turbinas de tipo de Wells. Sin embargo, los álabes de guía fijos pueden provocar una obstrucción aguas abajo de la turbina, reduciendo de ese modo la eficiencia.

15 El documento AU2011216558A1 da a conocer una turbina con un rotor de flujo de entrada y una salida radial para su uso en flujos bidireccionales. La turbina dada a conocer en el mismo comprende álabes de guía dispuestos circunferencialmente alrededor del rotor. Los documentos WO2011/119144 A1 y JP2011 074854 A dan a conocer otras turbinas del mismo tipo.

20 Lo que es necesario es una turbina de OWC que funciona con fiabilidad y eficiencia aumentada.

**Sumario**

30 Realizaciones de la divulgación pueden proporcionar una turbina de columna de agua oscilante. La turbina de columna de agua oscilante puede incluir un árbol configurado para rotar alrededor de un eje central, y orificios anulares radialmente orientados primero y segundo dispuestos alrededor del eje central. La turbina de columna de agua oscilante puede incluir también un conducto de flujo que se extiende radialmente hacia el interior desde los orificios primero y segundo anulares y que se extiende axialmente entre los mismos. La turbina de columna de agua oscilante puede incluir además palas de rotor acopladas al árbol, que intersecan con el conducto de flujo, y que están desplazadas del eje central una primera distancia. La turbina de columna de agua oscilante puede incluir también primeros álabes de guía que intersecan con el conducto de flujo y dispuestos proximales al primer orificio. Los primeros álabes de guía pueden incluir primeros estatores y segundo estatores, estando colocados los primeros estatores entre el primer orificio y los segundos estatores. Los estatores primero y segundo pueden configurarse para hacer que un fluido fluya desde el primer orificio hacia las palas de rotor y pueden sincronizarse unos con respecto a otros de manera que cada uno de los primeros estatores se dispone en una estela creada por uno de los segundos estatores cuando el fluido fluye desde las palas de rotor hacia el primer orificio. La turbina de columna de agua oscilante puede incluir además segundos álabes de guía que intersecan con el conducto de flujo y dispuestos proximales al segundo orificio, estando desplazados los álabes de guía primero y segundo del eje central una segunda distancia que es mayor que la primera distancia.

45 Realizaciones de la divulgación pueden proporcionar además un método para extraer energía de una columna de agua oscilante. El método puede incluir recibir un flujo de fluido desde una cámara de olas a través de un primer orificio radialmente orientado y al interior de un conducto de flujo, y desviar el flujo de fluido en una dirección circunferencial con primeros álabes de guía que intersecan con el conducto de flujo, en el que los primeros álabes de guía incluyen estatores primero y segundo de manera que el flujo de fluido se desvía por los primeros estatores y se desvía entonces por los segundos estatores. El método puede incluir también dirigir el flujo de fluido radialmente hacia el interior en el conducto de flujo desde los primeros álabes de guía hacia palas de rotor acopladas a un árbol y que intersecan con el conducto de flujo, y desviar las palas de rotor por interacción impulsiva entre las palas de rotor y el flujo de fluido. El método puede incluir además dirigir el flujo de fluido radialmente hacia el exterior en el conducto de flujo desde las palas de rotor hacia segundos álabes de guía que intersecan con el conducto de flujo. El método puede incluir también dirigir el flujo de fluido más allá de los segundos álabes de guía, en el que los segundos álabes de guía incluyen estatores tercero y cuarto, estando sincronizados los estatores tercero y cuarto unos con respecto a otros de manera que los terceros estatores se colocan cada uno en una estela creada en el flujo de fluido por uno de los cuartos estatores. El método puede incluir además dirigir el flujo de fluido radialmente hacia el exterior desde los segundos álabes de guía fuera del conducto de flujo por medio de un segundo orificio radialmente orientado.

**Breve descripción de los dibujos**

65 La presente divulgación se entiende mejor a partir de la siguiente descripción detallada al leerla con las figuras

adjuntas. Cabe destacar que, según la práctica habitual en la industria, diversas características no están dibujadas a escala. De hecho, las dimensiones de las diversas características pueden aumentarse o reducirse de manera arbitraria para la claridad de su discusión.

5 La figura 1 ilustra una vista esquemática de una turbina de columna de agua oscilante a modo de ejemplo, según una realización.

La figura 2 ilustra una vista esquemática de palas de turbina a modo de ejemplo y álabes de guía a modo de ejemplo para su uso en una turbina de columna de agua oscilante, según una realización.

10 La figura 3 ilustra una vista en perspectiva de un rodete de palas de rotor a modo de ejemplo para su uso en la turbina de columna de agua oscilante, según una realización.

15 La figura 4 ilustra una vista en sección en perspectiva de la turbina de columna de agua oscilante a modo de ejemplo, según una realización.

La figura 5 ilustra un diagrama de flujo de un método a modo de ejemplo para extraer energía de una columna de agua oscilante, según una realización.

## 20 Descripción detallada

Debe entenderse que la siguiente divulgación describe varias realizaciones a modo de ejemplo para implementar diferentes características, estructuras o funciones de la invención. Realizaciones a modo de ejemplo de componentes, disposiciones y configuraciones se describen a continuación para simplificar la presente divulgación; sin embargo, estas realizaciones a modo de ejemplo se proporcionan simplemente como ejemplos y no se pretende que limiten el alcance de la invención. Adicionalmente, la presente divulgación puede repetir números y/o letras de referencia en las diversas realizaciones a modo de ejemplo y mediante las figuras proporcionadas en el presente documento. Esta repetición es con el fin de simplicidad y claridad y no impone por sí misma una relación entre las diversas realizaciones y/o configuraciones a modo de ejemplo comentadas en las diversas figuras. Además, la formación de una primera característica por encima de o sobre una segunda característica en la descripción a continuación puede incluir realizaciones en las que las características primera y segunda se forman en contacto directo, y puede incluir también realizaciones en las que características adicionales pueden formarse interponiendo las características primera y segunda, de manera que las características primera y segunda pueden no estar en contacto directo. Finalmente, las realizaciones a modo de ejemplo presentadas a continuación pueden combinarse en cualquier combinación de maneras, es decir, cualquier elemento de una realización a modo de ejemplo puede usarse en cualquier otra realización a modo de ejemplo, sin apartarse del alcance de la divulgación.

Adicionalmente, términos determinados se usan a lo largo de toda la descripción y reivindicaciones siguientes para referirse a componentes particulares. Tal como será evidente para un experto en la técnica, diversas entidades pueden referirse al mismo componente mediante diferentes nombres, y como tal, la convención de nombramiento para los elementos descritos en el presente documento no se pretende que limite el alcance de la invención, a no ser que se defina específicamente de otro modo en el presente documento. Además, la convención de nombramiento usada en el presente documento no se pretende que distinga entre componentes que tienen diferente nombre pero no diferente función. Adicionalmente, en la siguiente discusión y en las reivindicaciones, los términos “que incluye” y “que comprende” se usan en un modo abierto, y por tanto debe interpretarse que significa “que incluye, pero no se limita a”. Todos los valores numéricos en esta divulgación pueden ser valores aproximados o exactos a no ser que se establezca específicamente de otro modo. Por consiguiente, diversas realizaciones de la divulgación pueden apartarse de los números, valores e intervalos dados a conocer en el presente documento sin apartarse del alcance pretendido. Además, tal como se usa en las reivindicaciones o memoria descriptiva, el término “o” se pretende que abarque tanto casos inclusivos como exclusivos, es decir, “A o B” se pretende que sea sinónimo de “al menos uno de A y B,” a no ser que se especifique expresamente de otro modo en el presente documento.

En general, las figuras 1-4 ilustran realizaciones a modo de ejemplo de una turbina 100 de columna de agua oscilante (a continuación en el presente documento, “turbina”) con una configuración y una geometría mejoradas de álabes y palas. La turbina 100 define un conducto 104 de flujo, que es un anillo de diámetro variable. El conducto 104 de flujo forma, por ejemplo, una sección transversal en forma de U doble, tal como se muestra, con orificios 112, 114 radialmente orientados que permiten el paso de fluido a y desde una cámara 102 de olas. Esta sección transversal del conducto 104 de flujo y la orientación radial de los orificios 112, 114 proporciona una turbina 100 compacta. Además, palas 120 de rotor están acopladas a un árbol 101 y dispuestas proximales al medio del conducto 104 de flujo, en un área de radio mínimo del conducto 104 de flujo. Filas o conjuntos de álabes 116, 118 de guía primero y segundo (a continuación en el presente documento denominados para simplificar “álabes de guía primero y segundo”) están dispuestos proximales a las extensiones radiales externas del conducto 104 de flujo, y sirven para desviar flujo de fluido en una dirección circunferencial en el conducto 104 de flujo. La velocidad circunferencial del flujo aumenta por la conservación del momento angular a medida que el fluido discurre radialmente hacia el interior y se aproxima a las palas 120 de rotor. Los álabes 116, 118 de guía primero y segundo pueden estar segmentados en el interior de los estatores 116a,b primero y segundo y los estatores 118a,b tercero y

cuarto, respectivamente.

Los estatores 116a,b primero y segundo pueden formarse y colocarse de manera que el desvío del fluido proporcionado por cada uno se combina durante el flujo de avance (es decir, flujo hacia las palas 120 de rotor). Durante el flujo inverso (es decir, flujo en sentido contrario a las palas 120 de rotor), la forma y colocación de los estatores 116a,b primero y segundo reducen la obstrucción al conducto 104 de flujo, ya que cada primer estator 116a se sigue de cerca en una estela creada por el correspondiente segundo estator 116b. Por consiguiente, se disminuye la caída de presión asociada con el flujo inverso a través de los estatores 118a,b primero y segundo, proporcionando eficiencia aumentada de la turbina 100. Los estatores 118a,b tercero y cuarto pueden ser imágenes especulares de los estatores 116a,b primero y segundo y pueden proporcionar por tanto la misma ventaja. Adicionalmente, los primeros álabes 116 de guía, los segundos álabes 118 de guía, y/o las palas 120 de rotor pueden tener un perfil tridimensional, de manera que la desviación es más proximal a la raíz del mismo que en la punta del mismo, tal como se describirá en más detalle.

Haciendo referencia ahora específicamente a la figura 1, se ilustra una vista esquemática de una realización a modo de ejemplo de la turbina 100. La turbina 100 puede acoplarse de manera fluida a la cámara 102 de olas, tal como se representa mediante las flechas 102a,b. La cámara 102 de olas puede ser cualquier cámara de olas conocida en la técnica, por ejemplo, tal como se describe en cualquiera de las publicaciones de solicitud de patente estadounidense n.º 2010/0209236 y n.º 2011/0252779, que se incorporan en el presente documento como referencia en la totalidad de su extensión acorde con la presente divulgación. La cámara 102 de olas puede ser cilíndrica o puede ser una voluta, entre otros ejemplos contemplados, y puede tener un extremo dispuesto por debajo de la superficie del agua y un extremo por encima para alojar una columna de agua oscilante en la misma.

El árbol 101 de la turbina 100 se extiende a lo largo de todo un eje 103 central, alrededor del que rota el árbol 101. El árbol 101 puede acoplarse a un generador 105, por ejemplo, directamente al mismo. En algunas realizaciones, el árbol 101 puede acoplarse al generador 105 por medio de una caja de engranajes (no mostrada), acoplamiento por deslizamiento, o cualquier otro dispositivo de cambio de velocidad. En otras realizaciones, la turbina 100 también puede acoplarse a un compresor, una bomba, un ventilador, u otro tipo de máquina rotatoria, con o sin una caja de engranajes y con o sin un generador, según se desee.

En una realización a modo de ejemplo, el conducto 104 de flujo es un anillo de diámetro variable, y puede tener una sección transversal central en forma de U doble. Como tal, el conducto 104 de flujo puede incluir generalmente secciones 106, 108 que se extienden radialmente primera y segunda y una sección 110 que se extiende axialmente dispuesta entre las mismas, de manera que el conducto 104 de flujo es generalmente simétrico alrededor del eje 103 central del árbol 101, una línea perpendicular al mismo, o ambas, tal como se muestra. Se apreciará que la turbina 100 puede rotar a una configuración horizontal, o cualquier otra orientación, sin apartarse del alcance de esta divulgación. Las secciones 106, 108 que se extienden radialmente primera y segunda pueden extenderse en una dirección totalmente radial, es decir, directamente perpendicular al eje 103 central, tal como se muestra, o puede curvarse gradualmente desde radial recta hasta axial, estando aún dentro de la definición de "que se extiende radialmente". De manera similar, la sección 110 que se extiende axialmente puede extenderse paralela al eje 103 central y alrededor del árbol 101, pero también puede curvarse hacia radial para acoplarse de manera exacta con las secciones 106, 108 que se extienden radialmente primera y segunda, estando aún dentro de la definición de "que se extiende axialmente".

El conducto 104 de flujo incluye también los orificios 112, 114 primero y segundo, que se definen en cada terminación del conducto 104 de flujo. Los orificios 112, 114 primero y segundo pueden orientarse radialmente, tal como se muestra. Además, los orificios 112, 114 primero y segundo pueden disponerse circunferencialmente alrededor del eje 103 central, para proporcionar una salida y entrada anular. Como tal, los orificios 112, 114 primero y segundo pueden definir las extensiones radiales externas del conducto 104 de flujo.

La turbina 100 incluye también al menos los primeros álabes 116 de guía colocados en la primera sección 106 que se extiende radialmente y los segundos álabes 118 de guía colocados en la segunda sección 108 que se extiende radialmente. Los primeros álabes 116 de guía pueden disponerse más cerca del primer orificio 112 que al eje 103 central y los segundos álabes 118 de guía pueden disponerse más cerca del segundo orificio 114 que al eje 103 central. Como tal, los álabes 116, 118 de guía primero y segundo pueden describirse en el presente documento como que están "dispuestos proximales" a los orificios 112, 114 primero y segundo, respectivamente. Además, aunque se muestran como que se extienden completamente a través de las secciones 106, 108 que se extienden radialmente primera y segunda, respectivamente, se apreciará que cualquiera de los álabes 116, 118 de guía primero y segundo puede extenderse parcialmente a través de las mismas.

Adicionalmente, cada uno de los álabes 116, 118 de guía primero y segundo pueden estar segmentados en el interior de dos o más filas de estatores adyacentes. Por ejemplo, los primeros álabes 116 de guía pueden segmentarse cada uno en primeros estatores 116a y segundos estatores 116b, mientras que los segundos álabes 118 de guía pueden segmentarse cada uno en terceros estatores 118a y cuartos estatores 118b. Cada uno de los estatores 116a,b primero y segundo puede definir una punta 126, 124 y una raíz 130, 128, respectivamente, en las que los estatores 116a,b primero y segundo alcanzan las paredes del conducto 104 de flujo. De manera similar,

cada uno de los estatores 118a,b tercero y cuarto puede definir una raíz 134, 132 y una punta 138, 136, respectivamente.

La turbina 100 incluye también palas 120 de rotor, que se disponen en la sección 110 que se extiende axialmente del conducto 104 de flujo. Las palas 120 de rotor pueden ser palas de impulso, de manera que se provoca que las palas 120 de rotor giren por interacción impulsiva con el flujo de fluido, por ejemplo; sin embargo, podrían usarse palas de reacción sin apartarse del alcance de la presente divulgación. Las palas 120 de rotor se extienden desde el árbol 101 y se acoplan (por ejemplo, por soldadura, por soldadura fuerte, sujetas o formadas de manera solidaria) con el mismo, por ejemplo, por medio de un buje 122. Las palas 120 de rotor pueden extenderse completa o parcialmente a través de la sección 110 que se extiende axialmente del conducto 104 de flujo y se configuran para rotar alrededor del eje 103 central. Las palas 120 de rotor pueden ser palas de impulso, configuradas para hacer rotar el árbol 101 desviando el fluido y absorbiendo de ese modo la energía recibida por medio del impulso con el fluido. Además, las palas 120 de rotor se desplazan con respecto al eje 103 central una primera distancia  $D_1$ , que puede ser generalmente igual al radio del buje 122 (o el árbol 101, si el buje 122 se omite). Los álabes 116, 118 primero y segundo pueden desplazarse con respecto al eje 103 central una segunda distancia  $D_2$ . Tal como se muestra, la segunda distancia  $D_2$  puede ser considerablemente mayor que la primera distancia  $D_1$ , proporcionando la aceleración circunferencial del flujo de fluido comentado anteriormente.

Además, cada uno de los estatores 116a,b y 118a,b primero a cuarto pueden definir un ángulo de giro el cual los estatores 116a,b y 118a,b están diseñados para desviar el flujo que avanza hacia las palas 120 de rotor. En una realización a modo de ejemplo, el ángulo de giro de uno, algunos o todos los estatores 116a,b y 118a,b primero a cuarto puede aumentar avanzando desde la punta 124, 126, 136, 138 hacia la raíz 128, 130, 132, 134, maximizando de ese modo la espiral proximal a la raíz 128, 130, 132, 134. Como tal, el fluido en espiral que avanza hacia las palas 120 de rotor puede tener espiral máxima en una extensión radialmente interna o raíz 140 de la pala 120 de rotor y espiral mínima en una extensión radialmente externa o punta 142 de la misma.

Durante el funcionamiento de la turbina 100 a modo de ejemplo, fluido fluye al interior de o en el exterior de la cámara 102 de olas tal como se indica por las flechas 102a,b, según si el nivel de agua está ascendiendo ("movimiento ascendente") o descendiendo ("movimiento descendente") por la acción de las olas en el mismo. Durante un movimiento ascendente, el primer orificio 112 recibe el fluido (por ejemplo, aire) en el interior de la primera sección 106 que se extiende radialmente del conducto 104 de flujo. En la primera sección 106 que se extiende radialmente, el fluido se desvía ("turbulento") para fluir circunferencialmente por los primeros estatores 116a y entonces se desvían además por los segundos estatores 116b de los primeros álabes 116 de guía. El fluido turbulento avanza entonces radialmente hacia el interior en la primera sección 106 que se extiende radialmente. Durante este desplazamiento radialmente hacia el interior, la componente circunferencial de la velocidad de fluido aumenta a medida que el radio del conducto 104 de flujo disminuye. El fluido entra entonces en la sección 110 que se extiende axialmente e incide sobre las palas 120 de rotor, haciendo que las mismas roten el árbol 101.

Tras la extracción de energía en las palas 120 de rotor, el flujo de velocidad y/o presión reducida de fluido avanza entonces radialmente hacia el exterior a través de la segunda sección 108 que se extiende radialmente del conducto 104 de flujo. El efecto inverso experimentado en la primera sección 106 que se extiende radialmente se experimenta a medida que el fluido fluye radialmente hacia el exterior, y ninguna velocidad circunferencial que permanece después de que el fluido avance más allá de las palas 120 de rotor disminuye a media que el radio del conducto 104 de flujo aumenta. El fluido avanza entonces más allá de los estatores 118b, 118a tercero y cuarto, minimizándose la caída de presión por el desplazamiento radial aumentado de los segundos álabes 118 de guía y la geometría y colocación relativa de los estatores 118a,b tercero y cuarto, tal como se describe a continuación. El fluido avanza entonces radialmente hacia el exterior a través del segundo orificio 114 y al medioambiente, un depósito o cualquier otro dispositivo, ubicación o estructura adecuado, completando de ese modo la trayectoria de flujo para la turbina 100 en el movimiento ascendente.

En un movimiento descendente, el proceso se invierte, pero por lo demás es generalmente el mismo. El fluido fluye al interior del conducto 104 de flujo a través del segundo orificio 114 y se desvía por los segundos álabes 118 de guía de manera que se imparte una turbulencia circunferencial. La turbulencia circunferencial impartida por los segundos álabes 118 de guía puede orientarse en el mismo sentido circunferencial que la espiral impartida por los primeros álabes 116 de guía durante el movimiento ascendente. El flujo inverso de fluido incide entonces sobre las palas 120 de rotor, fluye fuera del conducto 104 de flujo por medio del primer orificio 112, y de vuelta al interior de la cámara 102 de olas, tal como se indica por flechas 102a,b.

La figura 2 ilustra un esquema de una realización a modo de ejemplo de los álabes 116, 118 de guía primero y segundo y las palas 120 de rotor en el conducto 104 de flujo. Los álabes 116, 118 de guía primero y segundo se describirán con referencia al movimiento ascendente, avanzando el fluido más allá de los primeros álabes 116 de guía hacia las palas 120 de rotor, más allá de las palas 120 de rotor, y luego más allá de los segundos álabes 118 de guía. Sin embargo, los álabes 116, 118 de guía primero y segundo pueden ser imágenes especulares entre sí, y, como tal, la discusión de los primeros álabes 116 de guía puede aplicarse de igual manera a los segundos álabes 118 de guía durante el movimiento descendente, con el sentido de flujo de fluido invertido, y viceversa.

Tal como se observó anteriormente, los primeros álabes 116 de guía pueden estar segmentados en el interior de estatores 116a,b primero y segundo, estando dispuestos los primeros estatores 116a aguas arriba de los segundos estatores 116b. Por consiguiente, los primeros estatores 116a comienzan el desvío del flujo que fluye más allá, tal como se indica por la flecha 200, y entonces el fluido pasa a los segundos estatores 116b, en los que se desvía adicionalmente. El requisito de desvío para cada estator 116a,b, por tanto, es menor que el desvío total requerido. Esto permite que las longitudes de cuerda axiales  $L_1$ ,  $L_2$  de los estatores 116a,b primero y segundo, respectivamente, sean menores que de lo que se requeriría para un único estator. La longitud de cuerda axial combinada ( $L_1 + L_2$ ) para los estatores 116a,b primero y segundo juntas, sin embargo, puede ser más larga de lo que se requeriría para un único estator.

Durante el flujo inverso, tal como se muestra para los estatores 118a,b tercero y cuarto, la sincronización, el perfil y las longitudes de cuerda de los estatores 116a,b y 118a,b maximizan la zona de flujo inverso que da como resultado pérdidas reducidas de presión. Tal como se indica por flecha 202, el fluido sale de las palas 120 de rotor y avanza a través del conducto 104 de flujo a los cuartos estatores 118b. Los cuartos estatores 118b, que están diseñados para desviar el fluido durante el flujo de avance (es decir, en el sentido opuesto), obstruyen el flujo 202 inverso y crean estelas, indicadas esquemáticamente como 204, que son zonas de baja presión en el flujo 202 inverso. El cuarto estator 118b, sin embargo, puede tener una longitud  $C_4$  de cuerda circunferencial pequeña cuando se compara con la longitud  $C_3$  de cuerda circunferencial del tercer estator 118a, ya que no se requiere que el cuarto estator 118b haga la mayor parte del desvío durante el flujo de avance. Como tal, la obstrucción al flujo 202 inverso se reduce, minimizando de ese modo el tamaño de la estela 204 y maximizando la zona de flujo libre para el flujo 420 inverso.

Además, el requisito de desvío de los estatores 118a,b tercero y cuarto puede distribuirse de manera que la longitud  $C_3$  y  $C_4$  de cuerda circunferencial de los estatores 118a,b tercero y cuarto, respectivamente, puede ser aproximadamente la misma. Esto puede permitir que los terceros estatores 118a se coloquen o sincronicen con respecto a los cuartos estatores 118b, de manera que los terceros estatores 118a se encuentran en la estela 204 creada por el cuarto estator 118b. Por tanto, el tercer estator 118a no añade a la estela 204 o aumenta significativamente de otro modo la obstrucción de flujo de fluido, pero permite que la zona de flujo libre del flujo 420 inverso se maximice, reduciendo de ese modo la caída de presión. Adicionalmente, la separación entre los estatores 116a,b primero y segundo puede ser mayor que una longitud  $L_1$  de cuerda axial de los primeros estatores 116a para minimizar la interferencia entre los estatores 116a,b primero y segundo durante el flujo de avance.

La figura 3 ilustra un rodete 300 de palas de rotor a modo de ejemplo, según una realización. El rodete 300 de palas de rotor incluye las palas 120 de rotor, que se extienden radialmente desde una pared 302 de extremo interna. Las palas 120 de rotor pueden acoplarse a sus raíces 140 a la pared 302 de extremo interna, por ejemplo, por medio de cola de milano o ajuste de tipo abeto, soldadura, soldadura fuerte, sujeción o cualquier disposición o método de acople adecuado, incluyendo formación solidaria. Además, la pared 302 de extremo interna puede ser solidaria con el buje 122 o de otro modo puede acoplarse al mismo. En algunas realizaciones, la pared 302 de extremo interna puede proporcionarse en lugar del buje 122 y puede acoplarse directamente al árbol 101 (figura 1). Aunque no se muestra, el rodete 300 de palas de rotor puede estar cubierto, de manera que un anillo anular (no mostrado) se extiende alrededor de, entre y/o se conecta junto con las puntas 142.

Cada pala 120 de rotor define un perfil (es decir, forma), que puede adaptarse para obtener de manera eficiente energía a partir de un flujo de fluido. En una realización a modo de ejemplo, el perfil de las palas 120 de rotor puede variar avanzando en tres dimensiones. Más particularmente, las palas 120 de rotor tienen una forma generalmente de media luna, tal como se muestra, proporcionando dos dimensiones de forma. Las palas 120 de rotor pueden variar en ángulo de giro desde la raíz 140 hasta la punta 142, proporcionando las tres dimensiones de forma. La variación en ángulo de giro puede depender, por ejemplo, del diseño y la altura del rotor. Tal como se muestra, la longitud de cuerda circunferencial  $D$  (es decir, la distancia desde un punto en el borde 304 hasta un punto en la pala 120 de rotor en el medio 306 axial de la misma y a una distancia igual de la raíz 140) puede aumentar avanzando desde la punta 142 hacia la raíz 140. Esta longitud  $D$  de cuerda circunferencial variante puede ayudar a eliminar la separación en la pala 120 de rotor y permitir que las palas 120 de rotor produzcan un flujo descendente no axial, a medida que avanza hacia los álabes de guía (o bien primeros o bien segundos álabes 116, 118 de guía tal como se muestra en y descrito anteriormente con respecto a las figuras 1 y 2), que puede permitir menos separación y por tanto reducir la pérdida de presión cuando el flujo descendente no axial alcanza los álabes de guía, proporcionando de ese modo el paso más eficiente del mismo y un aumento en la eficiencia.

La figura 4 ilustra una vista en sección en perspectiva de la turbina 100 a modo de ejemplo, según una realización. Realizaciones unitarias o sin segmentar de los álabes 116, 118 de guía primero y segundo se muestran para facilitar la ilustración; sin embargo, se apreciará que uno o ambos de los álabes 116, 118 de guía primero y segundo pueden estar segmentados y combinarse con cualquiera de las características de la realización ilustrada en la figura 4. Cada uno de los álabes 116, 118 de guía primero y segundo pueden definir un plano intermedio, por ejemplo, como el representado por la línea 400. De manera similar, cada pala 120 de rotor puede definir un plano intermedio, por ejemplo, como el representado por la línea 402. Cuando se extienden más allá de los límites de las palas 120 de rotor y los álabes 116, 118 de guía primero y segundo, las líneas 400 y 402 se intersecan para definir un ángulo  $\alpha$ , que es indicativo del ángulo de orientación relativo de las palas 120 de rotor y los álabes 116, 118 de guía. Considerando cada mitad de la turbina 100 de manera independiente, el ángulo  $\alpha$  puede ser sustancialmente

constante entre cada uno de los álabes 116, 118 de guía y palas 120 de rotor, o puede variar según se considere óptimo por un experto en la técnica. Por ejemplo, el ángulo  $\alpha$  puede ser de entre aproximadamente 0 grados, de aproximadamente 15 grados, de aproximadamente 30 grados, de aproximadamente 45 grados y de aproximadamente 60 grados, de aproximadamente 75 grados o de aproximadamente 90 grados.

5 Además, una realización a modo de ejemplo de los contornos del conducto 104 de flujo se ilustra en la figura 4. Tal como se muestra, el conducto 104 de flujo puede extenderse radialmente hacia el interior del primer orificio 112 y más allá de los primeros álabes 116 de guía. El conducto 104 de flujo puede entonces desviarse gradualmente de radial a axial, mientras que se aproxima a las palas 120 de rotor. Más allá de las palas 120 de rotor, el conducto 104 de flujo puede desviarse de nuevo radialmente hacia el exterior, avanzando hacia los segundos álabes 118 de guía y tras esto hacia el segundo orificio 114. Además, en una realización a modo de ejemplo, el conducto 104 de flujo puede tener una altura H variable. Tal como se muestra, la altura H puede aumentar avanzando desde los extremos radialmente más externos del conducto 104 de flujo, proximales los orificios 112, 114 primero y segundo, hasta un máximo proximal a las palas 120 de rotor.

15 La figura 5 ilustra un diagrama 500 de flujo de un método a modo de ejemplo para extraer energía de una columna de agua oscilante, según una realización. El método 500 puede darse por el funcionamiento de la turbina 100 y por tanto, puede entenderse mejor con referencia a la misma. El método 500 puede incluir recibir un flujo de fluido desde una cámara de olas a través de un primer orificio radialmente orientado y al interior de un conducto de flujo, como en la etapa 502. El método 500 puede incluir también desviar el flujo de fluido en una dirección circunferencial con los primeros álabes de guía que intersecan con el conducto de flujo, como en la etapa 504. En una realización a modo de ejemplo, los primeros álabes de guía incluyen estatores adyacentes primero y segundo de manera que el flujo de fluido se desvía por los primeros estatores y se desvía entonces por los segundos estatores.

25 El método 500 puede incluir también dirigir el flujo de fluido radialmente hacia el interior en el conducto de flujo desde los primeros álabes de guía hacia palas de rotor acopladas a un árbol y que intersecan con el conducto de flujo, como en la etapa 506. El método 500 puede incluir además desviar las palas de rotor por el impacto con el flujo de fluido, como en la etapa 508. El método 500 puede incluir entonces dirigir el flujo de fluido radialmente hacia el exterior en el conducto de flujo desde las palas de rotor hacia segundos álabes de guía que intersecan con el conducto de flujo, como en la etapa 510. El método 500 puede incluir también dirigir el flujo de fluido más allá de los segundos álabes de guía, como en la etapa 512. En una realización a modo de ejemplo, los segundos álabes de guía incluyen estatores tercero y cuarto, estando sincronizados los estatores tercero y cuarto unos con respecto a otros de manera que los terceros estatores se colocan cada uno en una estela creada en el flujo de fluido por uno de los cuartos estatores. El método 500 puede incluir también dirigir el flujo de fluido de radialmente hacia el exterior desde los segundos álabes de guía fuera del conducto de flujo por medio de un segundo radialmente orientados orificio, como en la etapa 514.

40 El método 500 puede incluir también invertir el flujo recién descrito, como en la etapa 516. Como tal, el método 500 puede incluir recibir un segundo flujo de fluido (es decir, un flujo en un segundo sentido inverso, con respecto al primer flujo de fluido) en el interior de conducto de flujo por medio del segundo orificio orientado radialmente, y desviar el segundo flujo de fluido en la dirección circunferencial con los estatores tercero y cuarto. El método 500 puede incluir también dirigir el segundo flujo de fluido radialmente hacia el interior hacia las palas de rotor, y desviar las palas de rotor por el impacto con el segundo flujo de fluido. El método 500 puede incluir además dirigir el segundo flujo de fluido radialmente hacia el exterior hacia los primeros álabes de guía, y dirigir el segundo flujo de fluido más allá de los estatores primero y segundo. En una realización a modo de ejemplo, los estatores primero y segundo se sincronizan unos con respecto a otros de manera que los primeros estatores se colocan cada uno en una estela creada en el segundo flujo de fluido por uno de los segundos estatores. El método 500 puede incluir también dirigir el flujo de fluido desde la primera sección que se extiende radialmente a través del primer orificio radialmente orientado y hacia el interior de la cámara de olas.

50 Lo anterior ha resumido las características de diversas realizaciones de manera que los expertos en la técnica pueden entender mejor la presente divulgación. Los expertos en la técnica deben apreciar que pueden usar fácilmente la presente divulgación como base para diseñar o modificar otros procesos y estructuras para llevara a cabo los mismos fines y/o lograr las mismas ventajas de las realizaciones introducidas en el presente documento. Los expertos en la técnica deben observar también que tales construcciones equivalentes no se apartan del espíritu y alcance de la presente divulgación, y que pueden hacerse diversos cambios, sustituciones y alteraciones en el presente documento sin apartarse del alcance de la presente divulgación.

**REIVINDICACIONES**

1. Turbina (100) de columna de agua oscilante, que comprende:
  - 5 un árbol (101) configurado para rotar alrededor de un eje (103) central;
 

orificios (112, 114) anulares radialmente orientados primero y segundo, los orificios primero y segundo dispuestos alrededor del eje central;

  - 10 un conducto (104) de flujo que se extiende radialmente hacia el interior desde los orificios anulares primero y segundo y que se extiende axialmente entre los mismos;
 

palas (120) de rotor acopladas al árbol, que intersecan con el conducto de flujo, y que están desplazadas del eje central una primera distancia ( $D_1$ );

  - 15 primeros álabes (116) de guía que intersecan con el conducto de flujo y dispuestos proximales al primer orificio (112); y
 

segundos álabes (118) de guía que intersecan con el conducto de flujo y dispuestos proximales al segundo orificio (114), estando desplazados los álabes de guía primero y segundo del eje central una segunda distancia ( $D_2$ ) que es mayor que la primera distancia ( $D_1$ ),
 

caracterizada por que los primeros álabes de guía incluyen primeros estatores (116a) y segundos estatores (116b), estando colocados los primeros estatores entre el primer orificio (112) y los segundos estatores, estando configurados los estatores primero y segundo para hacer que un fluido fluya desde el primer orificio hacia las palas (120) de rotor y estando sincronizados unos con respecto a otros de manera que cada uno de los primeros estatores se dispone en una estela creada por uno de los segundos estatores cuando el fluido fluye desde las palas de rotor hacia el primer orificio.
2. Turbina (100) de columna de agua oscilante según la reivindicación 1, en la que el conducto (104) de flujo tiene un perfil sustancialmente en forma de U doble.
3. Turbina (100) de columna de agua oscilante según la reivindicación 1 ó 2, en la que el conducto (104) de flujo tiene una altura (H) que es más proximal a las palas (120) de rotor que proximal al primer orificio (112).
4. Turbina (100) de columna de agua oscilante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que un plano intermedio de los primeros álabes (116) de guía y un plano intermedio de las palas (120) de rotor se intersecan para formar un ángulo ( $\alpha$ ) de entre aproximadamente 0 grados y aproximadamente 90 grados.
5. Turbina (100) de columna de agua oscilante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que cada una de las palas (120) de rotor tiene una raíz (140) dispuesta proximal al árbol (101) y una punta (142) dispuesta distal al árbol, en la que un ángulo de giro de cada una de las palas de rotor aumenta al avanzar desde la punta hasta la raíz.
6. Turbina (100) de columna de agua oscilante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los segundos álabes (118) de guía incluyen estatores (118a, 118b) tercero y cuarto, estando colocados los terceros estatores (118a) entre el segundo orificio (114) y los cuartos estatores (118b), estando configurados los estatores tercero y cuarto para hacer que un fluido fluya desde el segundo orificio hacia las palas (120) de rotor y estando sincronizados unos con respecto a otros, de manera que cada uno de los terceros estatores se dispone en una estela creada por uno de los cuartos estatores cuando el fluido fluye desde las palas de rotor hacia el segundo orificio.
7. Turbina (100) de columna de agua oscilante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los estatores (116a, 116b) primero y segundo están separados al menos una longitud ( $L_1$ ) de cuerda axial de uno de los primeros estatores.
8. Turbina (100) de columna de agua oscilante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los primeros estatores (116a), los segundos estatores (116b), o ambos se someten a torsión de manera que un ángulo de giro de los mismos varía entre una raíz y una punta de los mismos.
9. Turbina (100) de columna de agua oscilante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los estatores (116a, 116b) primero y segundo tienen longitudes de cuerda circunferencial sustancialmente iguales.
10. Turbina (100) de columna de agua oscilante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que

los primeros estatores (116a) hacen que el fluido avance desde el primer orificio (112) hacia las palas (120) de rotor en mayor medida que los segundos estatores (116b).

- 5 11. Turbina (100) de columna de agua oscilante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los orificios (112, 114) primero y segundo definen una extensión radial externa del conducto (104) de flujo.
- 10 12. Turbina (100) de columna de agua oscilante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el conducto (104) de flujo comprende secciones (106, 108) que se extienden radialmente primera y segunda, y las secciones que se extienden radialmente primera y segunda son imágenes especulares entre sí.
- 15 13. Método para extraer energía de una columna de agua oscilante, que comprende:  
recibir un flujo de fluido desde una cámara (102) de olas a través de un primer orificio radialmente orientado (112) y al interior de un conducto (104) de flujo;  
desviar el flujo de fluido en una dirección circunferencial intersecando los primeros álabes (116) de guía con el conducto de flujo, en el que los primeros álabes de guía incluyen estatores (116a, 116b) primero y segundo de manera que el flujo de fluido se desvía por los primeros estatores (116a) y se desvía entonces por los segundos estatores (116b);  
20 dirigir el flujo de fluido radialmente hacia el interior en el conducto de flujo desde los primeros álabes (116) de guía hacia palas (120) de rotor acopladas a un árbol (101) y que intersecan con el conducto (104) de flujo;  
25 desviar las palas (120) de rotor por interacción impulsiva entre las palas de rotor y el flujo de fluido;  
dirigir el flujo de fluido radialmente hacia el exterior en el conducto de flujo desde las palas de rotor hacia segundos álabes (118) de guía que intersecan con el conducto de flujo;  
30 dirigir el flujo de fluido más allá de los segundos álabes de guía, en el que los segundos álabes de guía incluyen estatores (118a, 118b) tercero y cuarto, estando sincronizados los estatores tercero y cuarto unos con respecto a otros de manera que los terceros estatores (118a) se colocan cada uno en una estela creada en el flujo de fluido por uno de los cuartos estatores (118b); y  
35 dirigir el flujo de fluido radialmente hacia el exterior desde los segundos álabes (118) de guía fuera del conducto de flujo por medio de un segundo orificio (114) radialmente orientado.
- 40 14. Método según la reivindicación 13, que comprende además:  
recibir un segundo flujo de fluido en el interior del conducto (104) de flujo por medio del segundo orificio (114) radialmente orientado;  
45 desviar el segundo flujo de fluido en la dirección circunferencial con los estatores (118a, 118b) tercero y cuarto;  
dirigir el segundo flujo de fluido radialmente hacia el interior hacia las palas (120) de rotor;  
50 desviar las palas (120) de rotor por el impacto con el segundo flujo de fluido;  
dirigir el segundo flujo de fluido radialmente hacia el exterior hacia los primeros álabes (116) de guía;  
55 dirigir el segundo flujo de fluido más allá de los estatores (116a, 116b) primero y segundo, estando sincronizados los estatores primero y segundo unos con respecto a otros de manera que los primeros estatores (116a) se colocan cada uno en una estela creada en el segundo flujo de fluido por uno de los segundos estatores (116b); y  
60 dirigir el flujo de fluido radialmente hacia el exterior a través del primer orificio radialmente orientado y hacia el interior de la cámara (102) de olas.

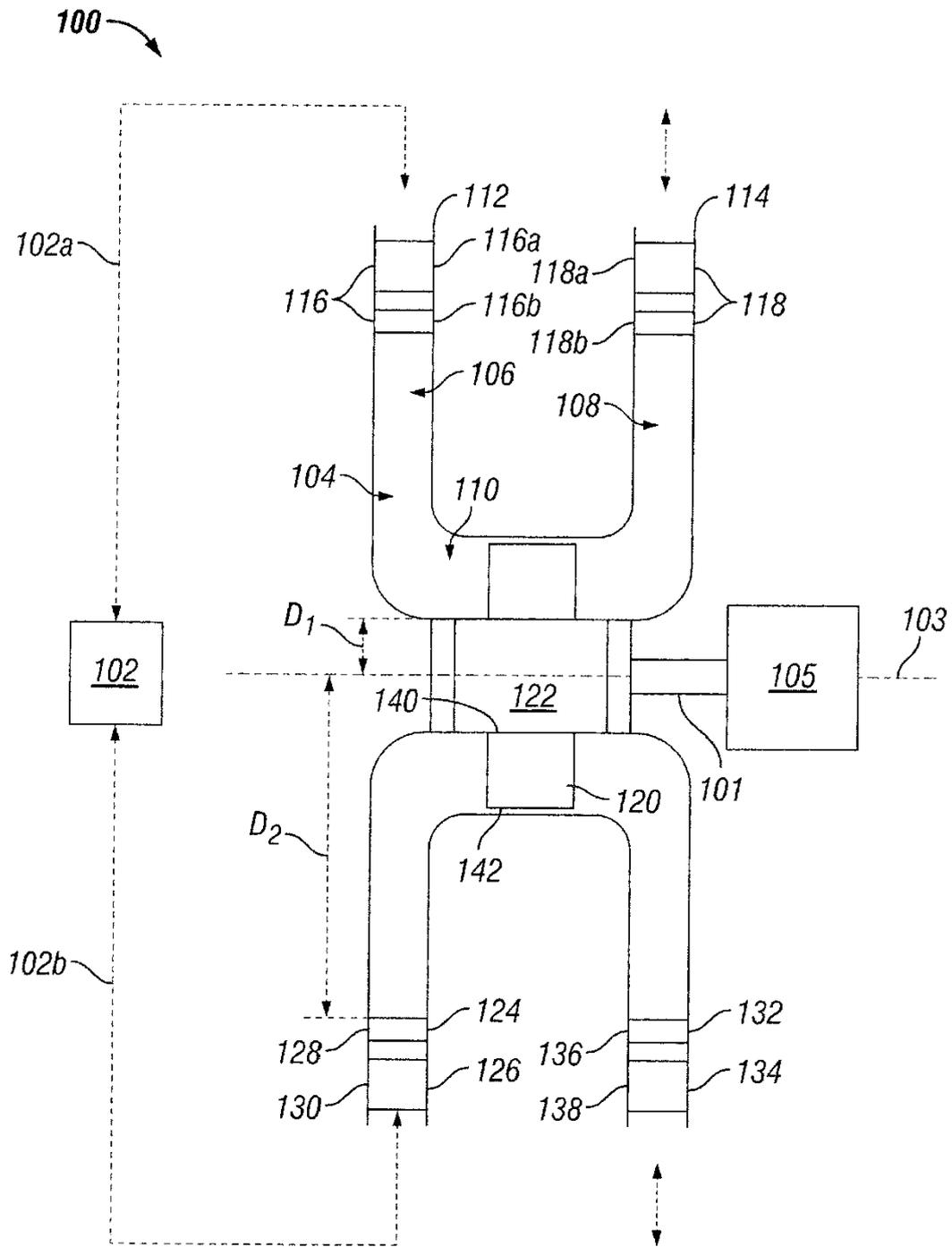
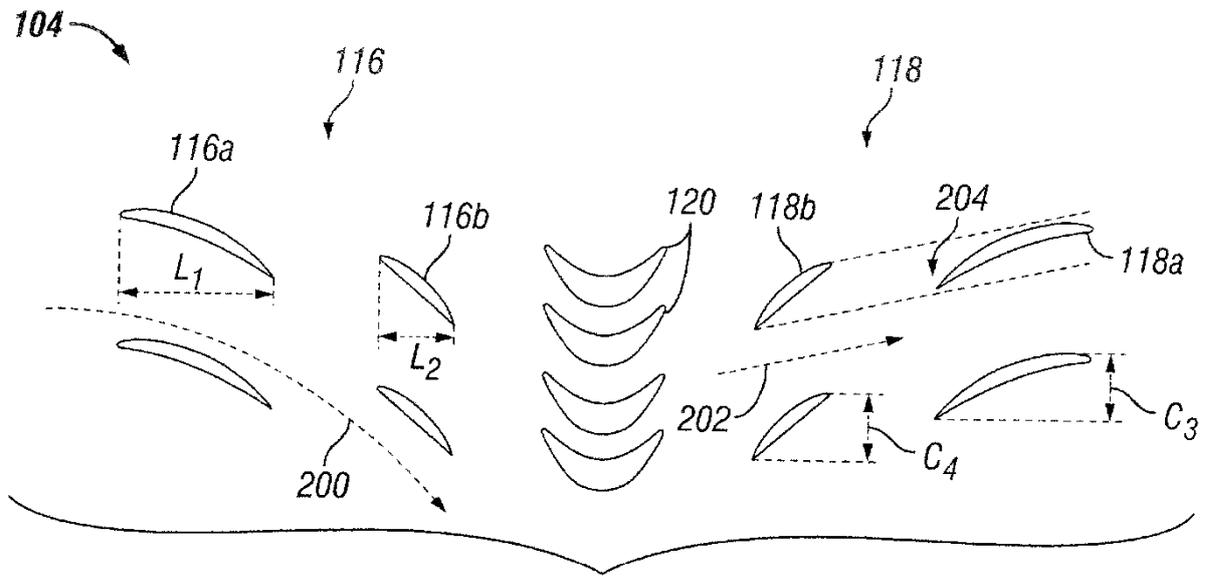
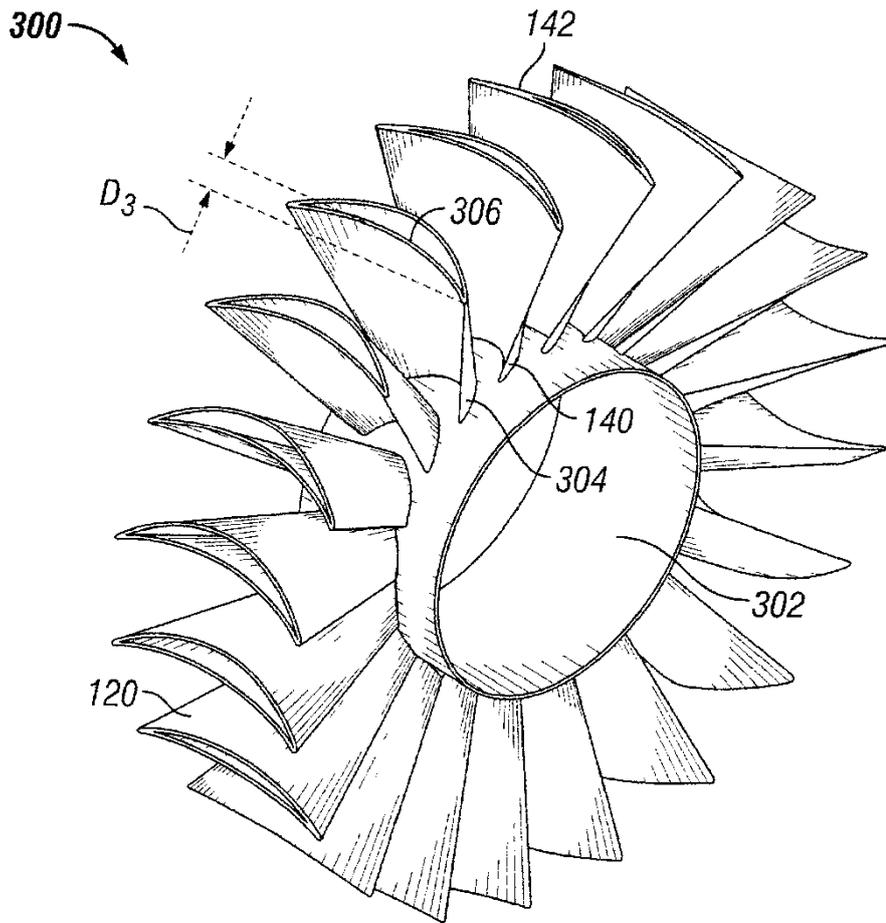


FIG. 1



**FIG. 2**



**FIG. 3**

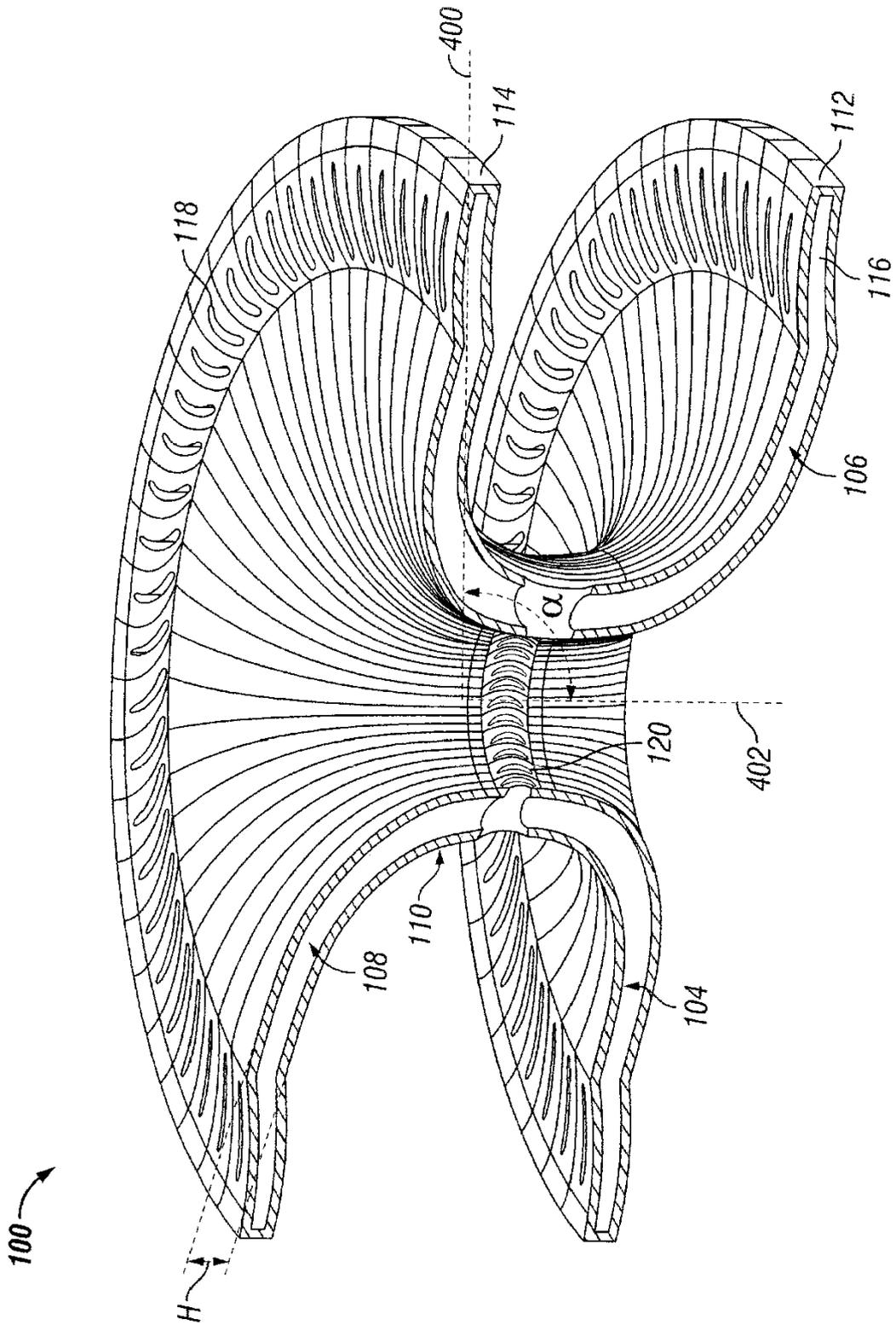
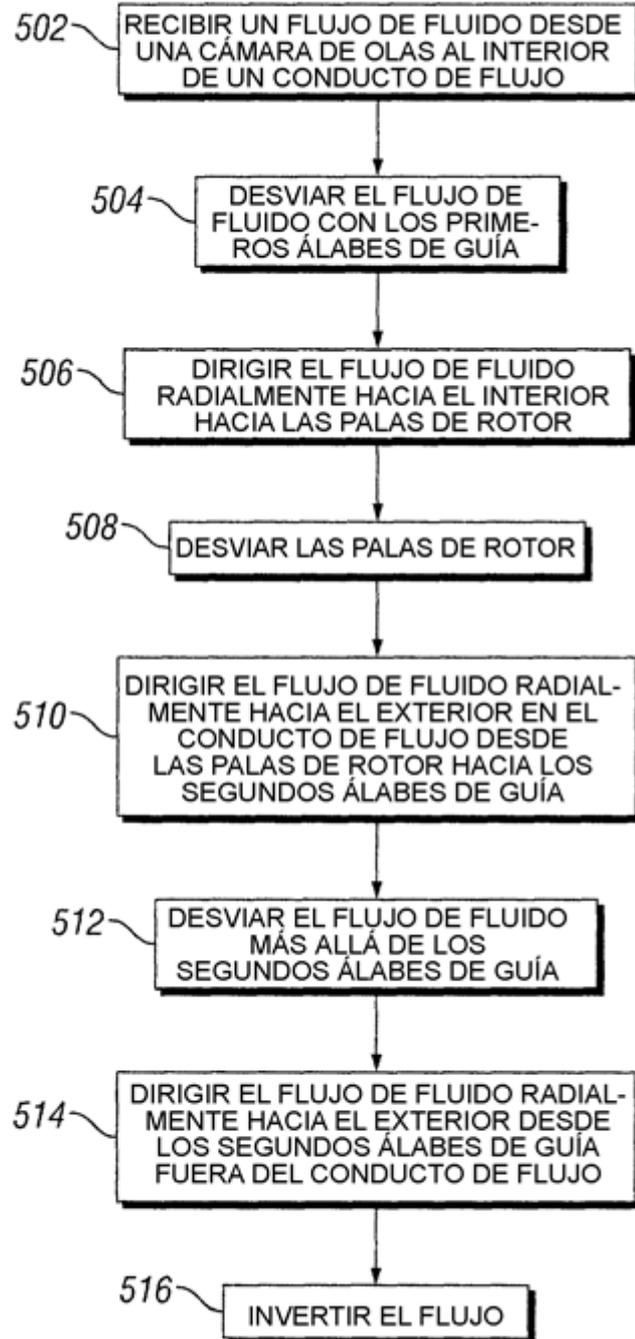


FIG. 4

500



**FIG. 5**