

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 717 461**

51 Int. Cl.:

F03B 3/12 (2006.01)

F03B 3/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.10.2012 PCT/CA2012/050755**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.05.2013 WO13059935**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.10.2012 E 12844500 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.02.2019 EP 2769083**

54 Título: **Pala compacta para rodete de turbina Francis y método para configurar el rodete**

30 Prioridad:

23.10.2011 US 201161550432 P

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

21.06.2019

73 Titular/es:

**ANDRITZ HYDRO CANADA INC. (100.0%)
6100 Trans-Canada Hwy
Pointe-Claire, QC H9R 1B9, CA**

72 Inventor/es:

**MARIER, SYLVAIN y
THEROUX, ERIC**

74 Agente/Representante:

FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás

ES 2 717 461 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

Pala compacta para rodete de turbina Francis y método para configurar el rodete

5 Antecedentes de la invención

La invención se refiere a una forma de pala para una turbina hidráulica Francis y en particular al ángulo de entrada y al grosor de la pala.

10 La turbina Francis es una turbina de agua usada habitualmente. Las turbinas Francis son adecuadas para el funcionamiento con alturas piezométricas de, por ejemplo, entre diez (10) metros y seiscientos cincuenta (650) metros. Estas turbinas se usan con frecuencia para accionar generadores para producir energía eléctrica, tal como en el intervalo de 10 a 750 megavatios. En las patentes estadounidenses n.ºs 7.198.470; 7.195.460; 7.195.459; 15 7.128.534 (basada en el documento US-A1-2005/013691) y 6.135.716, se muestran ejemplos de turbinas Francis. El diámetro de referencia de una turbina Francis, por ejemplo, el diámetro de rodete, puede ser de 1 a 10 metros. La turbina puede funcionar a velocidades de rotación de 80 a 1000 revoluciones por minuto (rpm). Las turbinas Francis de tamaño grande y mediano tienden a rotar alrededor de un árbol vertical, mientras que las turbinas más pequeñas rotan alrededor de un árbol horizontal. Esta descripción general de una turbina Francis convencional es para proporcionar un contexto para la divulgación de la forma de pala en el presente documento y no para limitar el alcance de la invención. El documento WO-A1-2004/031574 también divulga una turbina Francis.

20 Un rodete es la parte de una turbina Francis que incluye las palas de turbina. Al rehabilitar una turbina Francis, puede instalarse un nuevo rodete. Las dimensiones del nuevo rodete están limitadas por las dimensiones de la cámara para el rodete existente. El nuevo rodete está diseñado para ajustarse al alojamiento. Debido a las 25 restricciones del alojamiento existente, el diseño del nuevo rodete puede no ser óptimo para proporcionar un comportamiento de cavitación y una eficiencia pico máximos para la turbina. Generalmente, el rodete se limita para ser más compacto, por ejemplo, para tener un diámetro de entrada del rodete más pequeño, de lo que sería el óptimo. Debido a que el rodete es compacto, surgen cuestiones con respecto a la eficiencia de la turbina y a su rendimiento tal como con respecto a la cavitación. Estas cuestiones tienden a suponer una preocupación particular 30 cuando el rodete se va a usar en una turbina Francis que funciona bajo una gran altura piezométrica, tal como mayor de 100 metros.

35 Para una altura piezométrica dada, un número de palas y una elevación de salida de pala fija en relación con la línea central del distribuidor, los diámetros de entrada compactos deben aumentar la carga de pala global. Por tanto, la entrada de pala puede alcanzar niveles de presión bajos críticos, dando como resultado cavitación de lado o bien de presión o bien de succión, dependiendo de la altura de funcionamiento.

Breve descripción de la invención

40 La presente invención proporciona una pala para un rodete de una turbina Francis tal como se menciona en la reivindicación 1, y un método para reemplazar un rodete en una turbina Francis que comprende las etapas de la reivindicación 7.

45 Se ha concebido una nueva turbina Francis y, particularmente, se ha concebido una nueva forma de pala para un rodete de una turbina Francis. La nueva pala es adecuada, por ejemplo, para un rodete compacto que puede usarse para reemplazar un rodete existente. El rodete compacto puede diseñarse para ajustarse a un alojamiento existente y por tanto limitarse a tener palas compactas.

50 Las palas compactas pueden tener una forma de entrada única que tenga un rendimiento mejorado con respecto a cuestiones de cavitación y de eficiencia de turbina. Por ejemplo, la inclinación de la entrada de pala puede ser pronunciada, por ejemplo, mayor de 45 grados. La pala puede tener una elevación de salida de pala fija en relación con una línea central del distribuidor y un diámetro de entrada dado. El ángulo de inclinación pronunciado ayuda a controlar la cavitación de lado de succión, especialmente a la altura nominal máxima para la turbina. La inclinación pronunciada de la entrada de pala puede ser desde el aro de refuerzo hasta la parte central de pala, en relación con el buje. La inclinación pronunciada de la pala de entrada tiende a suprimir la cavitación que de lo contrario puede 55 dañar la superficie del área de entrada de la pala.

60 La pala puede ser relativamente delgada, en comparación con una pala convencional de un rodete en una turbina Francis. La pala puede ser relativamente delgada en la región de entrada de la pala. La pala puede ser relativamente delgada a lo largo de altura de admisión de la entrada al rodete.

65 Se ha concebido una pala para un rodete de una turbina Francis que tenga un grosor máximo de no menos de $0,03 D_{th}$, y un ángulo de inclinación máximo de no menos de 45 grados permite que la pala y el rodete sean compactos. Un rodete compacto puede usarse para rehabilitar un conjunto de turbina Francis existente reemplazando un rodete antiguo por un rodete que tenga palas de alto rendimiento que conviertan de manera eficiente energía hidráulica en energía mecánica y supriman la cavitación en las superficies de las palas.

5 Se ha concebido una pala para un rodete de una turbina Francis que tenga un diámetro de garganta (Dth), comprendiendo la pala: un grosor máximo de no menos de 0,03 Dth y un borde de ataque que tiene un ángulo de inclinación máximo de no menos de 45 grados, en la que el ángulo de inclinación está definido por una línea vertical y el borde de ataque. La pala puede ser relativamente corta en comparación con una pala de tamaño convencional para un rodete de una turbina Francis. El borde de ataque de la pala puede ser paralelo a un eje vertical y el rodete rota alrededor del eje vertical. El borde de salida de la pala puede estar orientado en una dirección generalmente hacia abajo.

10 La pala puede disponerse en una matriz anular de palas montadas en el rodete, en la que un borde superior de cada pala está fijado a una parte cónica invertida de un buje o de una corona del rodete. Cada pala puede tener un borde de lado inferior fijado a la banda de rodete.

15 Se ha concebido un método para reemplazar un rodete en una turbina Francis que comprende: retirar un rodete existente de una cámara para la turbina Francis, e instalar otro rodete en la cámara, en el que el rodete tiene un diámetro de garganta (Dth) y una matriz de palas, en el que cada pala incluye un grosor máximo de no menos de 0,03 Dth y un borde de ataque que tiene un ángulo de inclinación máximo de no menos de 45 grados, en el que el ángulo de inclinación está definido por una línea vertical y el borde de ataque. El método puede evitar expandir un diámetro interno de la cámara, y alterar sustancialmente la cámara para instalar el otro rodete.

20

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama esquemático que muestra una vista lateral de un conjunto de turbina hidráulica Francis.

25 Las figuras 2 y 3 son vistas en perspectiva de rodetes convencionales para turbinas Francis.

La figura 4 es una vista en perspectiva de una pala de un rodete para una turbina Francis.

30 La figura 5 es un gráfico de perfiles de palas comparando una pala convencional con una pala compacta.

La figura 6 muestra una sección transversal a modo de ejemplo de una pala compacta.

Descripción detallada de la invención

35 La figura 1 es una vista lateral de un conjunto de turbina hidráulica Francis 10 convencional. El conjunto puede montarse en el interior de una presa 12, tal como de 10 a 650 metros por debajo de la superficie de la fuente de agua detrás de la presa. Un alojamiento anular 13 formado en el interior de la pared de la presa. El alojamiento puede incluir una cámara en el interior de la presa y soportes de montaje para recibir y soportar el conjunto de turbina.

40 Conductos de agua se extienden a través de la presa hasta un conducto de agua espiral 14 que circunda el conjunto de turbina. El agua procedente de la espiral fluye radialmente hacia dentro a un distribuidor anular 16 y luego a un rodete 18. El rodete incluye una matriz de palas 20. A medida que el agua que fluye por las palas acciona y rota el rodete. El rodete acciona un árbol vertical 22 que está acoplado a un generador de energía eléctrica 24. El agua del rodete puede fluir hacia abajo a través de un conducto de salida 26 que descarga el agua desde debajo del conjunto de turbina y aguas abajo de la presa.

50 El distribuidor 16 puede incluir una o una pluralidad de matrices anulares de álabes de guía. Al menos una de las matrices anulares pueden ser álabes de guía ajustables, en las que puede cambiarse el ángulo de los álabes de guía con respecto al flujo de agua. Normalmente, los álabes de guía ajustables serán la matriz más interior e inmediatamente aguas arriba del rodete.

55 Una turbina hidráulica Francis orientada verticalmente puede tener una línea central vertical (turbina CL) alineada con el árbol 26, y una línea central horizontal (distribuidor CL) alineada con el distribuidor. Si la turbina hidráulica Francis puede orientarse horizontalmente, la línea central alineada con el árbol será horizontal y la línea central alineada con el distribuidor puede ser vertical.

60 Las figuras 2 y 3 ilustran rodetes 28 y 30 convencionales que también se muestran en la patente estadounidense 6.135.716. El rodete 28 mostrado en la figura 2 incluye un buje o una corona 32 que puede tener una sección transversal circular y que tiene una superficie cónica invertida orientada hacia los bordes superiores de las palas de turbina 34. La superficie cónica forma una superficie de soporte superior para las palas de turbina 34. Los bordes de ataque 35 de las palas pueden alinearse con la periferia radialmente exterior del rodete y cada pala puede ser generalmente paralela con la línea central del árbol de la turbina. Los bordes de ataque 35 de las palas 34 pueden orientarse para tener un ángulo de entrada 36 con respecto a la dirección de rotación (R) del rodete y con respecto a un plano horizontal. La parte inferior del rodete puede definirse mediante un anillo 38 que se extiende alrededor de la periferia de los bordes de salida 40 de las palas.

65

Una sección frustocónica del rodete 42 puede incluir una banda (véase la figura 1) que rodee una parte de los bordes exteriores de las palas. La sección frustocónica puede estar entre el anillo 38 y la esquina inferior de los bordes de ataque 35 de la pala.

5 El rodete 30 mostrado en la figura 3 también tiene un buje o una corona 42 que soporta una matriz anular de palas 44. El rodete mostrado en la figura 3 es diferente del rodete 28 mostrado en la figura 2 y se muestra desde una vista más ascendente que la mostrada en la figura 2.

10 Los bordes de ataque 46 de las palas 44 del rodete 30 pueden tener un ángulo de entrada 48 que está en un sentido opuesto con respecto al ángulo 36 del rodete 28. El borde de salida 50 de la pala puede tener una curvatura que se extiende desde la punta radialmente hacia afuera 52, y en direcciones radialmente hacia dentro y hacia arriba con respecto a un perímetro radialmente hacia dentro 54 de las palas.

15 El rodete de una turbina Francis puede diseñarse para asentarse en un alojamiento anular existente en una central eléctrica. La cámara para el rodete proporcionada por el alojamiento puede ser más pequeña, por ejemplo, tener un diámetro más pequeño, de lo que puede garantizarse para un rodete moderno que tenga palas altamente eficientes. Puede no ser práctico expandir la cámara para alojar un rodete más grande, por ejemplo, de un diámetro más ancho.

20 La figura 4 es una vista en perspectiva de una pala compacta 60 para un rodete relativamente pequeño. La pala compacta es adecuada para un rodete compacto diseñado para asentarse en una cámara relativamente pequeña en una central eléctrica. La pala compacta 60 tiene un borde de ataque 62 y un borde de salida 64. Un borde superior 66 de la pala puede unir la superficie inferior de una corona o de un buje del rodete. Un borde lateral 68 de la pala puede unir una superficie interior frustocónica de la banda de rodete. Una matriz anular de las palas 60 está dispuesta en el rodete de modo que el buje o la corona está en los extremos superiores de las palas, la banda se extiende alrededor de una región de lado inferior de las palas y el anillo inferior del rodete puede definirse mediante la esquina inferior 70 de cada una de las palas.

30 El borde de ataque 62 puede orientarse para estar generalmente paralelo a un eje del árbol del rodete. El borde de ataque puede tener una curvatura generalmente grande con respecto a una dirección vertical, como se muestra en la figura 4. El borde de ataque puede formar un ángulo de inclinación (θ) 72 que sea relativamente grande, tal como igual a o mayor de 45 grados (45°). Como se muestra en la figura 4, el ángulo de inclinación 72 en el borde inferior 74 del borde de ataque 62. En el borde superior 76 del borde de ataque 62, el ángulo de inclinación puede ser relativamente pequeño tal como por debajo de diez grados o de cero grados. La inclinación extrema de la pala permite que la pala sea compacta, por ejemplo, y sea más corta de lo que ocurriría sin la inclinación extrema.

40 La figura 5 es un gráfico que compara el borde de ataque 80 de una pala compacta con el borde de ataque 82 de una pala no compacta. El borde de ataque 82 de la pala no compacta se extiende radialmente hacia afuera más que el borde de ataque 80 de la pala compacta. Por consiguiente, el diámetro (D1) del rodete con la pala compacta es más estrecho que el diámetro (D2). Ambas palas tienen perfiles similares para sus bordes de salida 84, bordes superiores 86 que se unen a la superficie cónica invertida 88 de la corona o del buje, y un borde lateral 90 que se une a la superficie interior 92 de la banda de rodete. El diámetro de garganta (Dth) puede ser el diámetro de la superficie interior 92 de la banda y normalmente define el conducto de agua más estrecho a través del rodete. La figura 5 también ilustra la orientación de las palas con respecto a la línea central del distribuidor horizontal (distribuidor CL) y la línea central vertical del eje de rotación del rodete (turbina CL).

50 La figura 6 es un diagrama esquemático de una pala compacta 96 mostrada en sección transversal. La pala puede tener la misma forma y dimensión que la pala mostrada en la figura 4. El grosor (t) de la pala cerca del borde de ataque 98 es relativamente pequeño, en comparación con palas convencionales para rodetes de turbinas Francis. El grosor (t) es la parte más gruesa de la pala. El grosor de la pala puede ser igual al o menor del tres por ciento (3 %) del diámetro de garganta (0,03 Dth).

55 Una pala para un rodete de una turbina Francis que tenga un grosor máximo de no menos de 0,03 Dth y un ángulo de inclinación máximo de no menos de 45 grados permite que la pala y el rodete sean compactos. Un rodete compacto puede usarse para rehabilitar un conjunto de turbina Francis existente reemplazando un rodete antiguo por un rodete que tenga palas de alto rendimiento que conviertan de manera eficiente energía hidráulica en energía mecánica y supriman la cavitación en las superficies de las palas.

60 Se ha concebido un método para reemplazar un rodete en una turbina Francis que comprende: retirar un rodete existente de una cámara para la turbina Francis, e instalar otro rodete en la cámara, en el que el rodete tiene un diámetro de garganta (Dth) y una matriz de palas, en el que cada pala incluye un grosor máximo de no menos de 0,03 Dth y un borde de ataque que tiene un ángulo de inclinación máximo de no menos de 45 grados, en el que el ángulo de inclinación está definido por una línea vertical y el borde de ataque. El método puede realizarse sin expandir un diámetro interno alterando sustancialmente la cámara para alojar el otro rodete.

65

Aunque la invención se ha descrito en relación con lo que se considera actualmente que es la realización más práctica y preferida, debe entenderse que la invención no se limita a la realización divulgada, sino que, por el contrario, se pretende que cubra diversas modificaciones y disposiciones equivalentes incluidas dentro del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Pala (60) para un rodete de una turbina Francis, estando configurado el rodete para rotar alrededor de un eje vertical y teniendo un diámetro de garganta (Dth), comprendiendo la pala (60) un borde de ataque (62) y un borde de salida (64),
- 5
- caracterizada porque:
- la pala (60) está conformada para tener una parte más gruesa cerca del borde de ataque (62), teniendo la parte más gruesa un grosor (t) de no menos de 0,03 Dth, y
- 10
- el borde de ataque (62) tiene un ángulo de inclinación (θ) máximo de no menos de 45 grados, en la que el ángulo de inclinación está definido por una línea vertical y el borde de ataque (62) en un plano que también incluye el eje vertical de rotación del rodete.
- 15
2. Pala (60) según la reivindicación 1, en la que el borde de ataque (62) tiene una curvatura con respecto a una línea vertical, y el ángulo de inclinación (θ) máximo de no menos de 45 grados se forma en un borde inferior (74) del borde de ataque (62), mientras que el ángulo de inclinación en un borde superior (76) del borde de ataque (62) es inferior a diez grados; y esta inclinación extrema de la pala (60) permite que la pala (60) sea compacta y relativamente corta en comparación con una pala de tamaño convencional para un rodete de una turbina Francis sin una inclinación tan extrema.
- 20
3. Pala (60) según la reivindicación 1 o 2, en la que el borde de ataque (62) es paralelo a un eje vertical y el rodete rota alrededor del eje vertical.
- 25
4. Pala (60) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que la pala (60) tiene un borde de salida (64) orientado en una dirección generalmente hacia abajo.
5. Pala (60) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que la pala (60) está configurada para disponerse en una matriz anular de palas (60) montadas en el rodete, en la que un borde superior (66) de cada pala (60) está fijado a una parte cónica invertida de un buje o de una corona del rodete.
- 30
6. Pala (60) según la reivindicación 5, en la que cada pala (60) tiene un borde de lado inferior (68) fijado a la banda de rodete.
- 35
7. Método para reemplazar un rodete en una turbina Francis que comprende:
- retirar un rodete (28, 30) existente de una cámara para la turbina Francis, e
- 40
- instalar otro rodete en la cámara, en el que el otro rodete tiene una matriz de palas (60) según la reivindicación 1.
8. Método según la reivindicación 7, que incluye además evitar que se expanda un diámetro interno de la cámara durante las etapas de retirada e instalación.
- 45
9. Método según la reivindicación 7 u 8, en el que las dimensiones de la cámara no se alteran sustancialmente para retirar el rodete (28, 30) existente o para instalar el otro rodete.

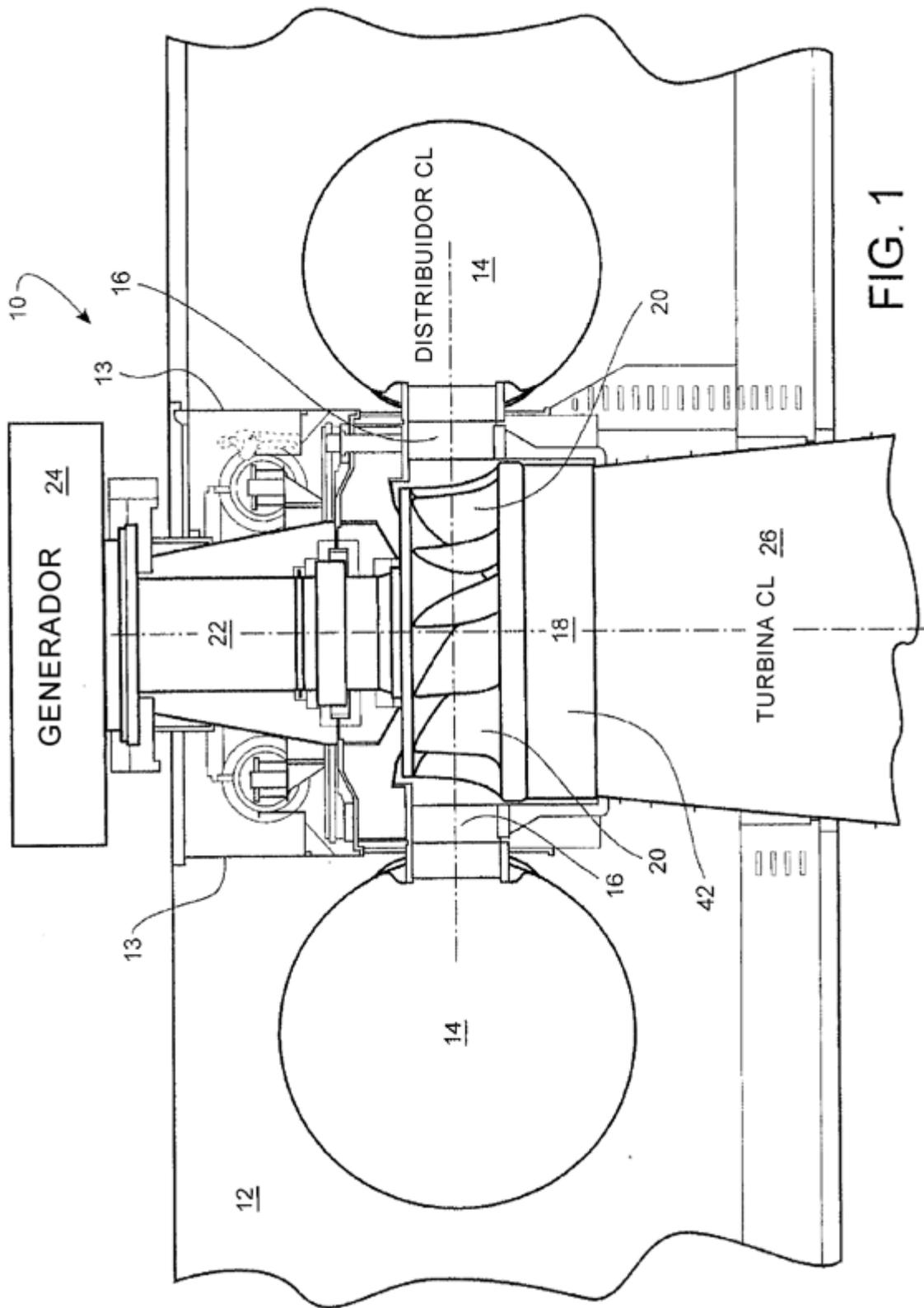


FIG. 1

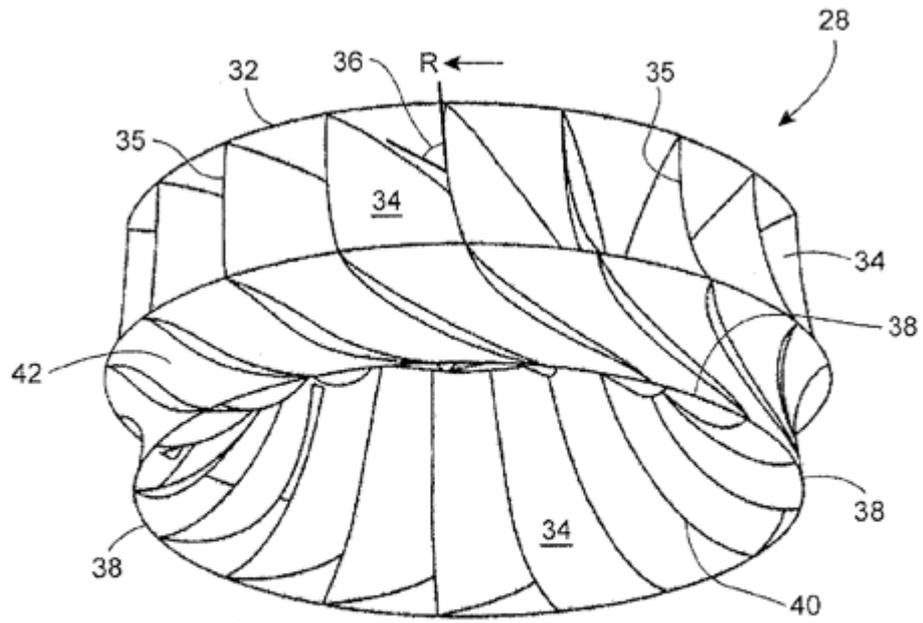


FIG. 2 (Técnica anterior)

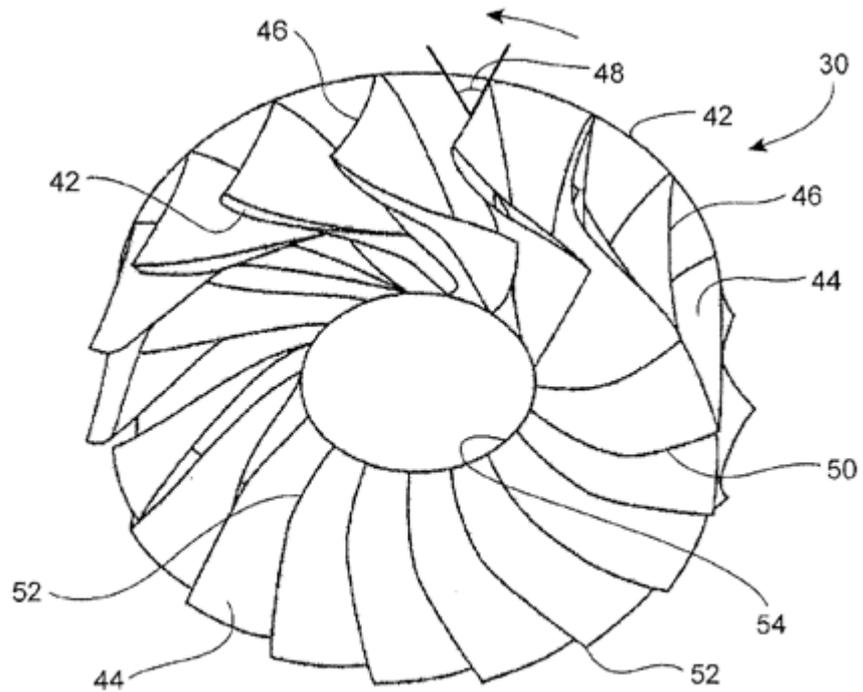


FIG. 3 (Técnica anterior)

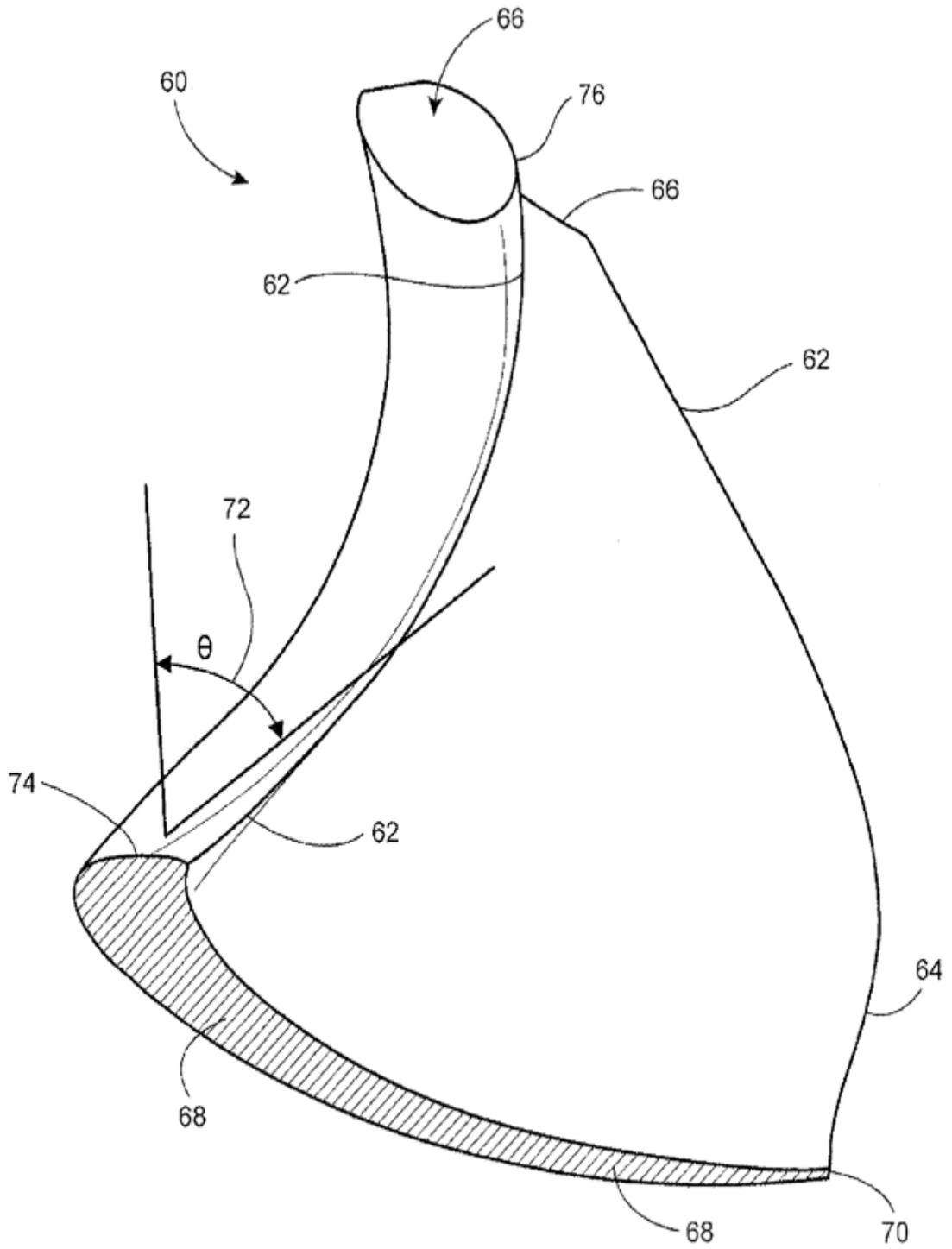


FIG. 4

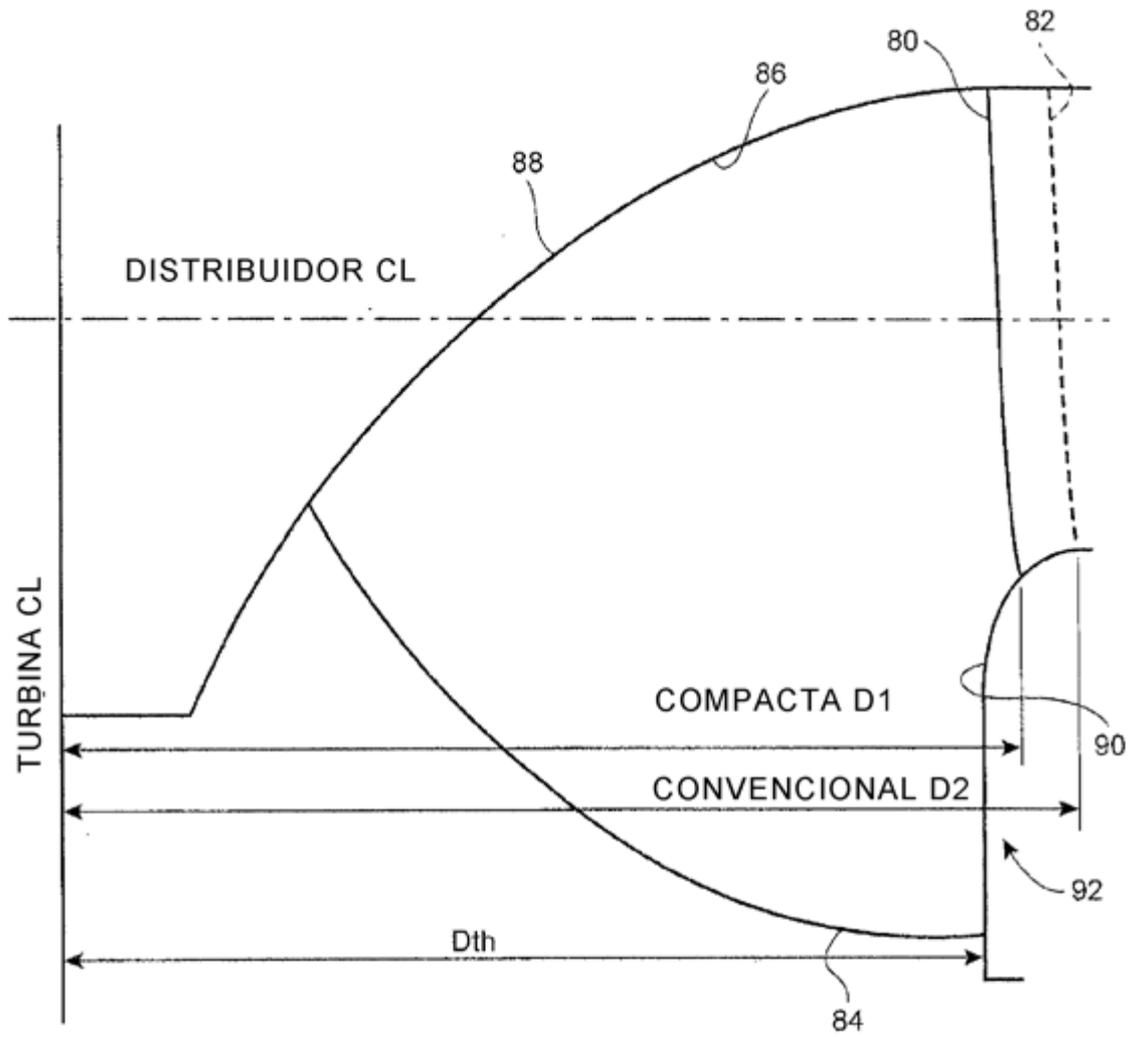


FIG. 5

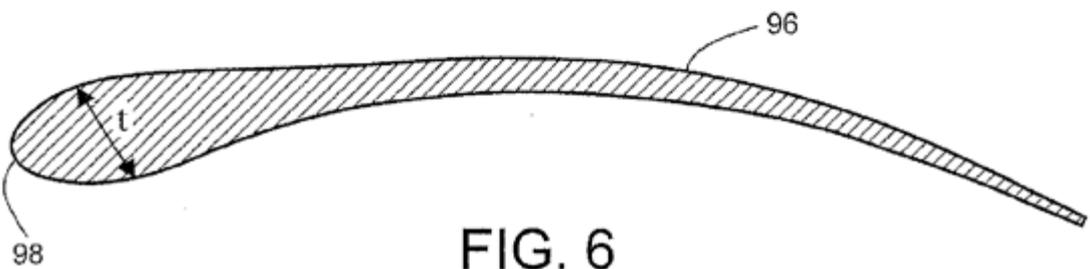


FIG. 6