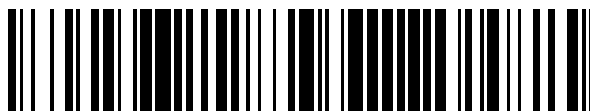


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 735 977**

51 Int. Cl.:

**F28C 1/00** (2006.01)

**F04D 15/00** (2006.01)

**F04D 27/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.03.2009 PCT/US2009/037242**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.10.2009 WO09120522**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.03.2009 E 09724515 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019 EP 2276990**

54 Título: **Sistema de accionamiento de ventilador integrado para intercambiador de calor enfriado por aire (ACHE)**

30 Prioridad:  
**24.03.2008 US 38851**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.12.2019**

73 Titular/es:  
**PRIME DATUM, INC. (100.0%)  
4085 Route 247  
Canandaigua, NY 14424, US**

72 Inventor/es:  
**ROLLINS, PATRICK M. y  
LUCAS, GEORGE**

74 Agente/Representante:  
**PONS ARIÑO, Ángel**

ES 2 735 977 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

Sistema de accionamiento de ventilador integrado para intercambiador de calor enfriado por aire (ACHE)

5 **Campo técnico:**

La presente invención se refiere en general a los intercambiadores de calor enfriados por aire (ACHE).

**Antecedentes de la técnica:**

10

Los intercambiadores de calor enfriados por aire (ACHE, por sus siglas en inglés) son bien conocidos en la técnica y se usan para enfriar en una diversidad de industrias, incluyendo plantas de energía, refinerías de petróleo, plantas petroquímicas y químicas, plantas de procesamiento de gas natural y otras instalaciones industriales que implementan procedimientos de uso intensivo de energía. Los intercambiadores ACHE se utilizan típicamente cuando hay escasez

15

de agua, o cuando no se pueden obtener los permisos de uso del agua, o cuando no hay bienes raíces suficientes para construir una torre. Los ACHE carecen de la efectividad de enfriamiento de "Wet Towers".

Típicamente, un ACHE utiliza un haz de tubos con aletas con cabezales de caja rectangular en ambos extremos de los tubos. El aire de enfriamiento es proporcionado por uno o más ventiladores grandes. Por lo general, el aire sopla

20

hacia arriba a través de un haz de tubos horizontales. Los ventiladores pueden ser de tiro forzado o inducido, dependiendo de si el aire es empujado o arrastrado a través del haz de tubos. El espacio entre el(los) ventilador(es) y el haz de tubos está encerrado por una cámara plenaria que dirige el aire (campo de flujo) sobre el conjunto del haz de tubos para proporcionar enfriamiento. Por lo general, todo el conjunto se monta en patas o en una rejilla para tubos. Los ventiladores generalmente son accionados por motores de inducción eléctricos a través de algún tipo de reductor

25

de velocidad. Los reductores de velocidad típicamente son correas trapezoidales, accionamientos HTD o engranajes de ángulo recto. El conjunto de accionamiento del ventilador está soportado por un sistema de soporte de accionamiento mecánico de acero. Por lo general, incluyen un interruptor de vibración en cada ventilador para apagar automáticamente un ventilador que se ha desequilibrado por alguna razón. El flujo de aire es muy importante en el enfriamiento ACHE para garantizar que el aire tenga el "campo de flujo" y la velocidad para maximizar el enfriamiento.

30

Las condiciones de turbulencia y de "flujo ahogado pueden afectar la eficiencia del enfriamiento. Por lo tanto, el flujo de masa de aire es el parámetro clave para eliminar el calor del sistema de tubos y haces. El enfriamiento ACHE difiere de las torres de enfriamiento "húmedo" (es decir, las torres de enfriamiento húmedas) en que los sistemas ACHE no usan agua para enfriar el haz de tubos y, por lo tanto, no se benefician del calor latente de vaporización o "enfriamiento evaporativo".

35

Los sistemas de accionamiento de ventiladores ACHE de la técnica anterior utilizan cualquiera de una diversidad de componentes de accionamiento de ventilador. Los ejemplos de tales componentes incluyen motores eléctricos, turbinas de vapor, motores de gasolina o de gasolina, o motores hidráulicos. Los documentos US2006/0197394 A1 y US 4.955.585 describen dos ejemplos de tales sistemas de accionamiento de ventiladores de la técnica anterior. El dispositivo de accionamiento más común es el motor eléctrico. Los sistemas de accionamiento de vapor y gas se han utilizado cuando la energía eléctrica no está disponible. Los motores hidráulicos también se han utilizado con un éxito limitado. Específicamente, aunque los motores hidráulicos proporcionan control de velocidad variable, tienen eficiencias relativamente bajas.

40

La velocidad de la punta del ventilador no debe exceder los 71 m/s (12.000 pies por minuto) por razones mecánicas, y se puede reducir para obtener niveles de ruido más bajos. La velocidad del motor y del ventilador a veces se controla con unidades de frecuencia variable. El reductor de velocidad más comúnmente usado es la transmisión por correa de tipo positivo de alto par motor, que utiliza ruedas dentadas que se engranan con los dientes de la correa de distribución. Se utilizan con motores de hasta 50 o 60 caballos de fuerza y con ventiladores de hasta 5,5 m (18 pies)

45

de diámetro. Las correas trapezoidales con bandas todavía se utilizan a menudo en ventiladores de tamaño pequeño a mediano, y las transmisiones por engranajes se utilizan con motores y diámetros de ventilador muy grandes. La velocidad del ventilador se establece utilizando una combinación adecuada de tamaños de rueda dentada o patea con correas de distribución o correas trapezoidales, y seleccionando una relación de reducción adecuada con engranajes. En muchos casos, las cajas de engranajes de ángulo recto se usan como parte del sistema de accionamiento del

50

ventilador para trasladar y magnificar el par de un motor eléctrico compensado. Sin embargo, las transmisiones por correa, las poleas y las cajas de engranajes de ángulo recto tienen poca confiabilidad.

55

Los complejos sistemas de accionamiento mecánico de la técnica anterior mencionados anteriormente requieren prácticas de mantenimiento rigurosas para lograr niveles aceptables de confiabilidad. En particular, un problema importante con los sistemas de ventiladores ACHE es la poca confiabilidad de la correa debido a la tensión de la

60

correa. Una práctica común es actualizar a "correas de distribución" y agregar un sistema de tensión. Un documento técnico, titulado " Aplicación de herramientas de confiabilidad para mejorar la vida útil de las correas trapezoidales en unidades de enfriadores de ventilador de aleta", por Rahadian Bayu de PT. Chevron Pacific Indonesia, Riau, Indonesia, presentado en el Simposio Internacional de Confiabilidad Aplicada de 2007, aborda la confiabilidad y eficiencia de las 5 correas trapezoidales utilizadas en muchos sistemas de accionamiento de ventilador de la técnica anterior.

Las deficiencias de confiabilidad de los sistemas de correas y poleas y los sistemas de reductores de engranajes utilizados en los sistemas de accionamiento de ventilador ACHE a menudo resultan en interrupciones que son perjudiciales para las industrias de misión crítica como el refinado de petróleo, petroquímicos, generación de energía 10 y otras industrias con procedimientos intensivos que dependen de enfriamiento. Además, los sistemas de motor utilizados en los sistemas de accionamiento de ventilador ACHE son complejos con múltiples rodamientos, sistemas de lubricación y aceite auxiliar, sistemas de válvulas complejas para control y operación, y partes alternativas que deben reemplazarse a intervalos regulares. Muchas refinerías de petróleo, plantas de energía, instalaciones petroquímicas, plantas químicas y otras instalaciones industriales que utilizan sistemas de accionamiento de ventilador 15 ACHE de la técnica anterior han informado que la poca confiabilidad de los sistemas de transmisión por correa y los sistemas de transmisión en ángulo recto ha afectado negativamente la producción. Estas industrias también han descubierto que el servicio y el mantenimiento de la transmisión por correa y el sistema de caja de engranajes son gastos importantes en el costo del ciclo de vida, y que los motores de la técnica anterior han experimentado fallas debido al uso incorrecto de la pulverización de agua a alta presión.

20 El ciclo de trabajo requerido de un sistema de accionamiento de ventilador ACHE es extremo debido a la humedad intensa, la suciedad y las condiciones de formación de hielo, las fuerzas de cizallamiento del viento, los productos químicos corrosivos para el tratamiento del agua y los exigentes requisitos de accionamiento mecánico.

25 En un intento por aumentar la eficiencia de los sistemas de enfriamiento de ACHE, algunos usuarios finales rocían agua directamente sobre el sistema de ACHE para proporcionar enfriamiento adicional en los días calurosos que limitan el procedimiento. Además, dado que las aspas del ventilador se pueden "obstruir" o ensuciar en servicio regular y perder rendimiento, muchos usuarios finales lavan con agua su sistema ACHE para mantener su rendimiento de enfriamiento. Sin embargo, la exposición directa del sistema ACHE a una pulverización de agua a alta presión puede 30 provocar un mantenimiento prematuro y/o un fallo de los componentes del sistema, especialmente porque los sistemas de accionamiento de la técnica anterior típicamente están abiertos, lo que permite la penetración de agua y otros fluidos.

35 El documento US 6.019.165 describe un aparato de intercambio de calor dirigido al enfriamiento de placas de circuito.

La refinación del petróleo no puede tener lugar sin enfriamiento. Las refinerías procesan hidrocarburos a altas temperaturas y presiones. La pérdida de enfriamiento dentro de una refinería puede llevar a condiciones de operación inestables y peligrosas que requieren un apagado inmediato de las unidades de procesamiento. Los sistemas de enfriamiento se han convertido en "activos de misión crítica" para la producción de refinerías de petróleo. A medida 40 que la demanda de productos de alta gama como el combustible para automóviles y la aviación ha aumentado y la capacidad de refinación se ha reducido, las refinerías han incorporado muchos procedimientos nuevos que extraen hidrógeno de los subproductos de menor valor y los combinan en combustibles de mayor valor, mejorando el rendimiento. Muchos de estos procedimientos dependen del enfriamiento para optimizar el rendimiento y la calidad del producto. Los procedimientos de refinación también incorporan muchos procedimientos avanzados que necesitan 45 sistemas de enfriamiento confiables para proteger la rentabilidad. La confiabilidad del enfriamiento se ha convertido en una misión crítica para el beneficio de la refinería y se ve afectada por muchos factores, como las limitaciones ambientales en el uso del agua de enfriamiento, las presiones inelásticas de la cadena de suministro y los márgenes de refinación variables. Muchas refinerías han estado agregando procedimientos que reforman los productos de petróleo de baja calidad en productos de mayor calidad y más rentables, como la aviación y la gasolina automotriz. 50 Estos procedimientos dependen en gran medida de los sistemas de enfriamiento para controlar las temperaturas y presiones del procedimiento que afectan la calidad del producto, el rendimiento del procedimiento y la seguridad del procedimiento. Además, estos procedimientos han aprovechado gran parte de la reserva de capacidad de enfriamiento, lo que ha dejado a algunas refinerías "limitadas de enfriamiento" en los días calurosos e incluso en los cuellos de botella. La mayoría de las refinerías de los EE. UU. operan muy por encima del 90 % de su capacidad y, 55 por lo tanto, la operación ininterrumpida de las refinerías es fundamental para las ganancias de la refinería y para pagar las actualizaciones de procedimientos implementadas durante la última década. El efecto de la interrupción en el funcionamiento de las unidades de enfriamiento con respecto al impacto de los precios de los productos del petróleo se describe en el informe titulado " Interrupciones en la refinería: Descripción e impacto potencial en los precios de los productos del petróleo", marzo de 2007, EE. UU. Departamento de Energía.

60 Por lo tanto, la eficiencia y la tasa de producción de un procedimiento dependen en gran medida de la eficiencia del sistema de accionamiento de ventilador de enfriamiento ACHE y de su capacidad para eliminar el calor del sistema.

Por lo tanto, para evitar la interrupción del suministro de la cadena de suministro inelástica de productos de petróleo refinados, la confiabilidad y el rendimiento subsiguiente de los sistemas de accionamiento de ventilador ACHE deben mejorarse y gestionarse como un activo clave para la producción y el beneficio de la refinería. Se requiere un sistema de accionamiento de ventilador eficiente y confiable para mantener una eficiencia de enfriamiento relativamente alta y evitar interrupciones en la producción.

**Descripción de la invención:**

- 10 Por consiguiente, un objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de accionamiento de ventilador que elimine sustancialmente los problemas y desventajas mencionados anteriormente asociados con los sistemas de accionamiento de ventilador de la técnica anterior. La presente invención está dirigida, en un aspecto, a un intercambiador de calor industrial enfriado por aire según con la reivindicación 1.
- 15 Otros objetivos de la presente invención, así como características particulares, elementos y ventajas de los mismos serán evidentes a partir de la siguiente descripción y las figuras de los dibujos adjuntos.

**Breve descripción de los dibujos**

- 20 La comprensión de la presente invención y los diversos aspectos de la misma se facilitará haciendo referencia a las figuras de los dibujos adjuntos que se presentan con fines ilustrativos únicamente y no pretenden definir el alcance de la invención. en la cual:

La figura 1 es un diagrama básico, parcialmente en sección transversal, de un sistema de intercambiador de calor enfriado por aire (ACHE) de tiro inducido que utiliza un sistema de accionamiento de ventilador de la técnica anterior;

la figura 2 es un diagrama básico, parcialmente en sección transversal, de un sistema de intercambiador de calor enfriado por aire (ACHE) de tiro forzado que utiliza un sistema de accionamiento de ventilador de la técnica anterior;

- 30 las figuras 3 y 4 son vistas laterales de un sistema de accionamiento de ventilador del tipo de caja de engranajes de la técnica anterior;

la figura 5 es una vista parcial en planta desde arriba de un sistema de accionamiento de ventilador de transmisión por correa de la técnica anterior;

- 35 la figura 6 es una vista parcial en planta desde arriba de un sistema de accionamiento de ventilador de transmisión por rueda dentada de la técnica anterior;

- 40 la figura 7 es una vista lateral, parcial, en alzado y parcialmente en sección transversal, de un ACHE de tiro forzado que utiliza un sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención;

la figura 8 es un diagrama esquemático del sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención;

- 45 la figura 9 es un diagrama esquemático que muestra el sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención junto con una pluralidad de sensores de monitorización del rendimiento;

la figura 10 es un gráfico de la velocidad del motor frente a la potencia para un motor de imán permanente de baja velocidad y alto par motor utilizado en el sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención;

- 50 la figura 11 es un gráfico que ilustra una comparación en el rendimiento entre el sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención y un sistema de accionamiento de ventilador del tipo de caja de engranajes de la técnica anterior que utiliza un motor de inducción de velocidad variable;

- 55 la figura 12 es un gráfico de la velocidad del motor frente al par motor para el motor de imán permanente de baja velocidad y alto par motor utilizado en el sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención;

la figura 13 es una vista lateral, en alzado y parcialmente en sección transversal, de un ACHE de tiro inducido, que utiliza el sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención; y

- 60 la figura 14 es una vista lateral, en alzado y parcialmente en sección transversal, de un ACHE de tiro inducido, que utiliza el sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención, estando montado el sistema de accionamiento del ventilador por encima del haz de tubos;

**Mejor modo de llevar a cabo la invención:**

Haciendo referencia a la figura 1, se muestra un diagrama básico de un sistema de intercambiador de calor enfriado por aire (ACHE) 10 que utiliza un sistema de accionamiento de ventilador de la técnica anterior. El sistema ACHE 10 está configurado como un sistema de tiro inducido. El sistema ACHE 10 generalmente comprende una estructura de soporte que comprende una pluralidad de columnas de soporte 11. El haz de tubos 12 está soportado por la estructura de soporte ACHE. El plenum 13 se encuentra sobre el haz de tubos 12. El anillo 14 del ventilador está unido al plenum 13. El ventilador 15 gira dentro del anillo 14 del ventilador. El ventilador 15 tiene un cubo 15A. El eje 16 del ventilador orientado verticalmente se extiende a través del plenum 13 y el haz de tubos 12 y está conectado al sistema de accionamiento de ventilador 17 de la técnica anterior. El sistema de accionamiento de ventilador 17 típicamente está soportado por un soporte 18 que está conectado a las columnas de soporte 11 y u otras partes de la estructura de soporte ACHE. Haciendo referencia a la figura 2, se muestra un diagrama básico de otro sistema de intercambiador de calor enfriado por aire (ACHE) 20 que utiliza un sistema de accionamiento de ventilador de la técnica anterior. El sistema ACHE 20 está configurado como un sistema de tiro forzado. El sistema ACHE 20 generalmente comprende una estructura de soporte que comprende una pluralidad de columnas de soporte 21. El haz de tubos 22 está soportado por la estructura de soporte ACHE. El plenum 23 se encuentra debajo del haz de tubos 22. El anillo 24 del ventilador está unido y colocado debajo del plenum 23. El ventilador 25 gira dentro del anillo 24 del ventilador. El ventilador 25 tiene un cubo 25A. El eje 26 del ventilador orientado verticalmente está conectado al sistema de accionamiento de ventilador 27 de la técnica anterior. El sistema de accionamiento de ventilador 27 típicamente está soportado por el soporte 28 que está conectado a las columnas de soporte 21 y/u otras partes de la estructura de soporte ACHE. Los sistemas de accionamiento de ventilador 17 y 27 de la técnica anterior mostrados en las figuras 1 y 2, respectivamente, pueden configurarse como cualquiera de los sistemas de accionamiento de ventilador de la técnica anterior analizados en el análisis anterior. Las figuras 3, 4, 5 y 6 muestran los sistemas de accionamiento de ventilador de la técnica anterior utilizados comúnmente o de forma generalizada. Las figuras 3 y 4 muestran el sistema de accionamiento de ventilador del tipo de caja de engranajes común. Este sistema de accionamiento de ventilador de la técnica anterior comprende motor de inducción 29 y caja de engranajes de ángulo recto 30. El eje del motor 29 está acoplado a la caja de engranajes de ángulo recto 30 mediante el acoplamiento 31. El eje 32 se extiende desde la caja de engranajes 30. Un acoplamiento 33 está conectado al eje 32. El motor de inducción 29 y la caja de engranajes 30 están montados en la placa de soporte 34. La placa de soporte 34 está montada en el soporte de maquinaria 35. La placa de soporte 34 y la estructura de soporte de maquinaria 35 forman parte de la estructura del sistema ACHE. El soporte 36 del ventilador está unido al acoplamiento 33. El ventilador (no mostrado) está conectado al soporte de ventilador 36. Los miembros de soporte 37 del soporte del ventilador proporcionan soporte para el soporte de ventilador 36.

La figura 5 muestra un sistema de accionamiento de ventilador de la técnica anterior que usa una configuración de transmisión por correa para accionar el ventilador en un sistema ACHE. Este sistema de accionamiento del ventilador comprende un motor de inducción 38 (mostrado en fantasma), una rueda dentada 39 y una correa 40. La rueda dentada 39 está conectada a un soporte de ventilador 42. La rotación del eje del motor de inducción 38 provoca la rotación de la rueda dentada 39 que, a su vez, provoca la rotación del ventilador (no mostrado). El motor de inducción 38 está montado en una placa de soporte 43 que está unida de manera ajustable al miembro de soporte 44. El dispositivo de ajuste de tensión de la correa 45 puede ajustar la posición de la placa de soporte 43 con respecto al miembro de soporte 44 para ajustar la tensión en la correa 40.

La figura 6 muestra un sistema de accionamiento de ventilador de la técnica anterior que utiliza una rueda dentada de accionamiento para accionar el ventilador en un sistema ACHE. Este sistema de accionamiento del ventilador comprende un motor de inducción 46 (mostrado en fantasma), una rueda dentada de accionamiento 47 y una rueda dentada accionada 48. La rueda dentada de accionamiento 47 está conectada al eje 46A del motor de inducción 46 y se acopla con la rueda dentada accionada 48. La rueda dentada accionada 48 está conectada al soporte de ventilador 42 que está conectado al ventilador (no se muestra). La rotación de la rueda dentada de accionamiento 47 provoca la rotación de la rueda dentada accionada 48 que, a su vez, provoca la rotación del ventilador. El motor 46 está montado en el miembro de soporte 49A del motor. El miembro de soporte 49A del motor está unido de manera móvil a la estructura de soporte 49B. El dispositivo de ajuste de posición 49C del motor se puede usar para ajustar la posición del miembro de soporte 49A del motor a fin de asegurar el acoplamiento correcto de la rueda dentada de accionamiento 47 y la rueda dentada accionada 48.

Haciendo referencia a la figura 7, se muestra una vista parcial de un sistema ACHE que está configurado como un ACHE de tiro forzado y tiene los mismos componentes estructurales generales que el ACHE que se muestra en la figura 2, a excepción del sistema de accionamiento de ventilador de la técnica anterior que ahora se ha sustituido por el sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención. Dado que este sistema ACHE es un sistema de tiro forzado, el ventilador 25 está debajo del haz de tubos 22. El sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención comprende un dispositivo de accionamiento de frecuencia variable (VFD) 50 y un motor 52. Según con la invención, el motor 52 es un motor de imán permanente de baja velocidad y alto par motor. El motor de imán

permanente 52 tiene una alta densidad de flujo. Los resultados, ventajas y beneficios superiores resultantes del motor de imán permanente 52 se analizan en la siguiente descripción. El dispositivo VFD 50 y el motor de imán permanente 52 están montados o soportados por la estructura de soporte 28 del sistema ACHE. El dispositivo VFD 50 está en comunicación de señal eléctrica con el motor de imán permanente 52 a través de cables o cordones 54. El motor de imán permanente 52 tiene un eje 56 que gira cuando se aplican las señales eléctricas apropiadas al motor de imán permanente 52. El eje 56 está conectado al cubo 25A del ventilador. Por lo tanto, la rotación del eje vertical 56 provoca la rotación del ventilador 25. El ventilador 25 gira dentro del anillo 23 del ventilador.

Haciendo referencia a la figura 8, el dispositivo VFD 50 comprende un controlador de frecuencia variable 60 y una interfaz de usuario u operador 62. El dispositivo VFD 50 controla la velocidad, la dirección (es decir, en el sentido de las agujas del reloj o en sentido contrario) y el par del motor de imán permanente 52. La potencia de entrada de CA se ingresa en el controlador de frecuencia variable 60 a través de la entrada 64. El controlador de frecuencia variable 60 convierte la potencia de entrada de CA a la potencia intermedia de CC. El controlador de frecuencia variable 60 luego convierte la potencia de CC en una potencia de CA cuasisinusoidal que se aplica al motor de imán permanente 52. La interfaz de usuario 62 proporciona un medio para que un operador arranque y detenga el motor de imán permanente 52 y ajuste la velocidad de funcionamiento del motor 52. En una realización preferida, la interfaz de usuario 62 comprende un microprocesador, y una pantalla alfanumérica y/o luces indicadoras y medidores para proporcionar información sobre el funcionamiento del motor 52. La interfaz de usuario 62 incluye además un teclado y una pantalla de teclado que permite al usuario ingresar las velocidades de funcionamiento del motor deseadas. El dispositivo VFD 50 incluye terminales de entrada y salida 70 y 72 para conectar botones pulsadores, interruptores y otros dispositivos de interfaz de operador o señales de control. En una realización preferida, el dispositivo VFD 50 incluye además un puerto de comunicación de datos en serie 80 para permitir que el dispositivo VFD 50 sea configurado, ajustado, monitoreado y controlado usando una computadora. El dispositivo VFD 50 incluye las entradas de señal de sensor 82, 84, 86, 88 y 89 para recibir señales de salida del sensor. La finalidad de estos sensores se analiza en la siguiente descripción.

Con referencia a las figuras 7 y 8, el motor de imán permanente 52 está acoplado directamente al cubo 25A del ventilador. Dado que el motor de imán permanente 52 está controlado solo por señales eléctricas proporcionadas por el dispositivo VFD 50, no hay acoplamientos, cajas de engranajes, ejes de transmisión o componentes relacionados como se encuentra en el sistema de accionamiento de ventilador del tipo de caja de engranajes de la técnica anterior que se muestra en las figuras 3-4, y no hay ruedas dentadas, correas y componentes relacionados como se encuentran en el sistema de accionamiento de ventilador de la técnica anterior que se muestra en la figura 5, y no hay ruedas dentadas de accionamiento, ruedas dentadas accionadas y componentes relacionados como se encuentra en el sistema de accionamiento de ventilador de la técnica anterior que se muestra en la figura 6. Según con la invención, el motor de imán permanente 52 es un motor de baja velocidad y alto par motor. El motor de imán permanente 52 tiene un diseño simplificado y utiliza solo dos rodamientos 90 y 92 (véase la figura 9). El motor de imán permanente 52 incluye un estator 94. Dicho diseño simplificado proporciona una confiabilidad relativamente alta, así como una eficiencia energética mejorada. El motor de imán permanente 52 tiene un mantenimiento relativamente bajo con un intervalo de lubricación de tres años. El motor de imán permanente 52 se puede configurar con rodamientos sellados. El motor de imán permanente 52 cumple o excede la eficiencia de los motores de inducción de eficiencia superior. El motor de imán permanente 52 reduce sustancialmente las horas de mano de obra asociadas con el servicio y el mantenimiento que normalmente se requerirían con un sistema de accionamiento de ventilador de motor de inducción de la técnica anterior. En algunos casos, el motor de imán permanente 52 puede eliminar hasta 1000 horas de mano de obra de mantenimiento y servicio. Dicha confiabilidad reduce la cantidad de interrupciones en las celdas y mejora significativamente la producción del producto.

En una realización, el motor de imán permanente 52 tiene las siguientes características operativas y de rendimiento:

Intervalo de velocidad:	0-350 RPM
Potencia máxima:	75 HP
Número de polos:	12
Factor de servicio del motor:	1:1
Corriente nominal:	90 A (rms)
Corriente máxima:	150 A
Tensión nominal:	277 V
Entradas de unidad:	277 V, 3 fases, 60 Hz, 90A (rms máx. continuo)

La figura 10 muestra una gráfica de velocidad frente a potencia para un motor de imán permanente 52 de par motor

alto y baja velocidad. Sin embargo, debe entenderse que las características operativas y de rendimiento mencionadas anteriormente solo se refieren a una realización del motor de imán permanente 52 y que el motor 52 puede modificarse para proporcionar otras características operativas y de rendimiento que sean adecuadas para una aplicación particular.

- 5 Haciendo referencia a la figura 11, se muestra un gráfico que muestra "% de eficiencia" frente a "velocidad del motor (RPM)" para el sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención y un sistema de accionamiento de ventilador de la técnica anterior que utiliza un motor de inducción de velocidad variable. La curva 100 se refiere a la presente invención y la curva 102 se refiere al sistema de accionamiento de ventilador de la técnica anterior mencionado anteriormente. Como puede verse en el gráfico, la eficiencia de la presente invención es relativamente
- 10 más alta que la del sistema de accionamiento de ventilador de la técnica anterior para velocidades de motor entre aproximadamente 125 RPM y aproximadamente 350 RPM. Haciendo referencia a la figura 12, se muestra un gráfico del par motor frente a la velocidad del motor. El motor de imán permanente 52 muestra un par motor sustancialmente constante de aproximadamente 70 RPM a aproximadamente 425 RPM.
- 15 Haciendo referencia a la figura 9, el sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención comprende además una pluralidad de sensores 200, 202, 204, 206 y 208 que proporcionan señales de sensor a las entradas de señal de sensor 82, 84, 86, 88 y 89, respectivamente, del dispositivo VFD 50. Los sensores 200 y 202 están ubicados cerca de los rodamientos 90 y 92, respectivamente, del motor de imán permanente 52 para detectar la vibración y el calor. El sensor 204 se coloca en el estator 94 del motor de imán permanente 52 para monitorear el calor en el estator
- 20 94. Los sensores 206 y 208 se colocan aguas abajo del flujo de aire creado por el ventilador del sistema ACHE para medir el flujo de aire. Con el fin de simplificar la figura 9, el ventilador del sistema ACHE no se muestra. Todas las señales de salida del sensor aplicadas a las entradas de señal de sensor 82, 84, 86, 88 y 89 se ingresan en la interfaz de usuario 62 del dispositivo VFD 50 y luego se enrutan a un dispositivo de procesamiento externo, como la computadora 300, a través del puerto de datos 80. La computadora 300 incluye un dispositivo de pantalla de
- 25 visualización 302 que permite a un usuario u operador monitorear visualmente los datos emitidos por los sensores 200, 202, 204, 206 y 208. La computadora 300 incluye además una interfaz de usuario, por ejemplo, un teclado (no mostrado) que permite a un operador ingresar comandos. La computadora 300 está configurada para implementar un algoritmo de confiabilidad utilizando los datos emitidos por los sensores 200, 202, 204, 206 y 208 y, en respuesta, emiten señales de control apropiadas que se ingresan en la interfaz de usuario 62 a través del puerto de datos 80.
- 30 Tales señales de control pueden usarse para ajustar la velocidad del motor 52. Por lo tanto, los sensores y la computadora 300 proporcionan un circuito de retroalimentación que:
- a) controla las vibraciones y el calor en los rodamientos del motor 52;
- 35 b) controla el calor en el estator del motor 52;
- c) controla el flujo de aire producido por el ventilador del sistema ACHE;
  - d) proporciona un balance de compensación para compensar la inercia del desequilibrio del ventilador en la estructura
- 40 de la torre de enfriamiento;
- e) alerta a los operadores sobre una situación de "centrifugación" y reduce automáticamente la velocidad del motor 52; y
- 45 f) bloquea una velocidad particular del motor que crea resonancia;
- g) alerta al operador sobre desequilibrios, como la acumulación de hielo en las aspas del ventilador, e inicia automáticamente la acción correctiva.
- 50 h) la lógica del sistema y los algoritmos de software utilizan los datos del sensor para proporcionar la "gestión del rendimiento de refrigeración" del sistema. (La gestión del rendimiento de enfriamiento proporciona datos de operación, confiabilidad y rendimiento en tiempo real y el análisis del sistema de enfriamiento para predecir y programar acciones correctivas, intervalos de mantenimiento y proporcionar información de rendimiento del enfriamiento al operador para utilizarlo en el ajuste del procedimiento basado en el rendimiento del enfriamiento).
- 55 Haciendo referencia a la figura 13, se muestra un sistema ACHE que está configurado como un ACHE de tiro inducido y tiene los mismos componentes estructurales generales que el ACHE que se muestra en la figura 1, a excepción del sistema de accionamiento de ventilador de la técnica anterior que ahora se ha sustituido por el sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención. En esta configuración, el miembro de soporte 18 soporta el
- 60 dispositivo de accionamiento de frecuencia variable (VFD) 50 y el motor 52. El motor 52 se encuentra debajo del haz de tubos 12. El ventilador 15 se coloca por encima del plenum 13 y gira dentro del anillo 14 del ventilador como se describe en la descripción anterior. Un extremo del eje vertical 16 está acoplado al cubo 15A y el otro extremo está

acoplado al eje 56 con el acoplamiento 150. El dispositivo VFD 50 está en comunicación de señal eléctrica con el motor de imán permanente 52 a través de cables o cordones 54.

Haciendo referencia a la figura 14, se muestra otro sistema ACHE que está configurado como un ACHE de tiro inducido y que utiliza el sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención. El sistema ACHE 400 generalmente comprende una estructura de soporte que comprende una pluralidad de columnas de soporte 402. El haz de tubos 404 está soportado por la estructura de soporte ACHE. El plenum 406 se encuentra sobre el haz de tubos 404. El anillo 408 del ventilador está unido al plenum 406 y a la estructura de soporte de ACHE 400. El ventilador 410 gira dentro del anillo 408 del ventilador. El ventilador 410 incluye el cubo 412. El plenum 406 tiene una parte superior 414 donde se montan el motor 52 y el VFD 50. El eje 56 del motor 52 está acoplado directamente al cubo 412 del ventilador 410. El dispositivo VFD 50 está en comunicación de señal eléctrica con el motor de imán permanente 52 a través de cables o cordones 54.

Por lo tanto, el sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención proporciona muchas ventajas y beneficios, que incluyen:

a) eliminación de muchos componentes encontrados en los sistemas de transmisión de ventilador de la técnica anterior, tales como cajas de engranajes, poleas, correas, ruedas dentadas, ejes de transmisión, acoplamientos, rodamientos, sellos de eje, etc.;

b) eliminación de los cambios de aceite;

c) reducción significativa en el servicio y mantenimiento;

d) capacidad de variar la velocidad del motor de imán permanente en un amplio intervalo de velocidades relativas;

e) capacidad para invertir la dirección del motor de imán permanente sin ningún componente adicional;

f) consumo de cantidades de energía significativamente menores en comparación con los sistemas de accionamiento de ventiladores de la técnica anterior;

g) fácil reacondicionamiento con el ventilador existente, eliminando así la necesidad de construir nuevas torres o estructuras de enfriamiento ACHE;

h) reducción significativa en la aparición de cortes celulares; y

i) proporciona una capacidad de enfriamiento significativamente mayor en comparación con la unidad de ventilador del tipo de caja de engranajes de la técnica anterior.

La lógica operacional y la arquitectura del sistema de la presente invención proporcionarán la capacidad de optimizar la torre de enfriamiento para la eficiencia energética (por ejemplo, en la noche cuando hace frío) y para maximizar el enfriamiento en días calurosos o cuando el procedimiento requiere enfriamiento adicional o para evitar la obstrucción de sistemas auxiliares como el condensador y los intercambiadores de calor.

Otras ventajas significativas del sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención son una confiabilidad mejorada, en comparación con los sistemas de accionamiento de ventilador de la técnica anterior, "más flujo de aire por amperio" mejora la eficiencia eléctrica en comparación con los sistemas de la técnica anterior, y tiene una planta relativamente menor debido a la eliminación del desplazamiento del tren de engranajes, lo que proporciona más espacio para el flujo de aire por envoltura y menos obstrucciones estructurales y problemas de frecuencia de flujo de paso. La presente invención proporciona una simplicidad de accionamiento directo con un diseño simple y robusto de dos rodamientos. El sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención es relativamente más fácil de instalar, mantener y quitar. El diseño simple, de baja cantidad de piezas del sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención permite que se "coloque" en las instalaciones existentes de ACHE y elimina los dispositivos de alineación de tensión que requieren los sistemas de accionamiento de ventilador de la técnica anterior que utilizan ejes, correas y poleas.

El motor de imán permanente 52 es capaz de proporcionar un alto par motor constante con un control de velocidad infinitamente variable que permite que una envoltura de instalación existente se optimice para la efectividad de enfriamiento y alta eficiencia energética. El motor de imán permanente 52 proporciona un alto par motor constante y una eficiencia eléctrica en todo el intervalo de velocidad variable. De este modo, con el sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención, es más fácil hacer coincidir el flujo de masa de aire requerido de una aplicación particular con el par motor alto y constante y la velocidad variable del motor de imán permanente 52. Esto contrasta



con el enfoque iterativo y lento que se tomó previamente para hacer coincidir el par motor con una polea (es decir, de un sistema de accionamiento de ventilador de la técnica anterior) para lograr el par motor requerido para hacer girar el ventilador mientras se mantiene la velocidad. Los sistemas de accionamiento de ventilador de la técnica anterior que utilizan el motor de inducción y la polea o la caja de engranajes no tienen una capacidad de par motor alta constante en todo el intervalo de velocidad variable del sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención. Los sistemas ACHE existentes actualizados con el sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención producen ahorros de espacio significativos como resultado de la eliminación del complejo sistema mecánico de la técnica anterior. El sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención tiene una clasificación de entorno húmedo IP 65 y/o IP 66. Además, el sistema de accionamiento de ventilador de la presente invención puede integrarse con un circuito de retroalimentación para proporcionar un control de carga de enfriamiento variable para la gestión del rendimiento de enfriamiento.

La compleja estructura de soporte y la "trampa de clapetas" relacionada de los sistemas de accionamiento de la técnica anterior pueden dar como resultado una "frecuencia de paso" y problemas de interrupción del flujo de aire similares a los expuestos en las torres de refrigeración húmedas. Sin embargo, el sistema de accionamiento directo de la presente invención elimina sustancialmente tales problemas.

El alto par constante del motor de imán permanente 52, independientemente de la velocidad, permite una mayor inclinación del ventilador y, por lo tanto, el flujo de aire para un plenum dado en comparación con la tecnología incumbente y el motor de inducción. Por lo tanto, el flujo de aire y la energía se pueden optimizar de manera eficiente para una demanda dada y condiciones externas para un plenum determinado (reaccionamiento) o una nueva aplicación. Por lo tanto, la presente invención permite una mayor flexibilidad de diseño.

Según con la invención, el motor de imán permanente 52 es un motor sellado a diferencia de los sistemas de accionamiento de motor de la técnica anterior que están abiertos al medio ambiente y son susceptibles a la contaminación del agua, productos químicos, polvo y partículas extrañas.

Aunque el análisis anterior es en términos de la aplicabilidad de la presente invención a la industria del petróleo, debe entenderse que la presente invención proporciona beneficios a cualquier industria que use sistemas de enfriamiento ACHE. Por lo tanto, la presente invención tiene aplicabilidad a muchas industrias que consumen grandes cantidades de energía y son intensivas en procedimientos, como las industrias de generación de energía, petroquímica, celulosa y papel, química, vidrio, minería, acero y aluminio. Otros ejemplos de sistemas, industrias y aplicaciones a los que se puede aplicar la presente invención incluyen ventiladores enfriadores de aire, enfriadores/condensadores de procedimiento, inter/postenfriadores de compresores de gas, condensadores de vapor, enfriadores de aceite de lubricación/sellado, enfriadores de sistema de agua de enfriamiento de circuito cerrado, HVAC, condensadores de plantas geotérmicas, interenfriadores y postenfriadores, HVAC y condensadores de refrigeración, condensadores enfriados por aire, radiadores enfriados por aire para grandes aplicaciones de energía estacionaria, como grupos electrógenos, así como aplicaciones de transporte, como locomotoras de ferrocarril, energía marina, minería y grandes equipos de movimiento de tierras.

Por lo tanto, se verá que los objetivos expuestos anteriormente, entre los explicados o hechos evidentes a partir de la descripción anterior, se alcanzan de manera eficiente y, dado que se pueden realizar determinados cambios en la construcción anterior sin apartarse del alcance de la invención, se pretende que toda la materia contenida en la descripción anterior o mostrada en las figuras de los dibujos adjuntos sea interpretada como ilustrativa solamente y no en un sentido limitativo. El alcance de la presente invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un intercambiador de calor industrial enfriado por aire (400) para enfriar los fluidos utilizados en un procedimiento industrial, donde el intercambiador de calor industrial enfriado por aire tiene un haz de tubos (22, 404) para recibir los fluidos, un ventilador (25, 410) que provoca un flujo de aire que enfría el fluido que fluye a través del haz de tubos (22, 404) y un sistema de accionamiento del ventilador para provocar la rotación del ventilador (25, 410), donde el sistema de accionamiento es un sistema de accionamiento directo que comprende:

un motor de imán permanente (52) de alto par motor y baja velocidad variable que comprende un eje giratorio (56) conectado al ventilador (25, 410), incluyendo el motor (52) que incluye rodamientos (90, 92) que ubican y soportan el eje giratorio (56);

**caracterizado porque** el sistema de accionamiento comprende

un dispositivo de accionamiento de frecuencia variable (50), que comprende un controlador de frecuencia variable (6) y una interfaz de usuario (62), para controlar la velocidad, la dirección de rotación y el par del motor de imán permanente (52) de alto par motor y velocidad variable baja, generando el dispositivo de accionamiento de frecuencia variable (50) señales eléctricas que provocan la rotación del eje giratorio (56) del motor de imán permanente (52) de baja velocidad variable y alto par motor para hacer girar el ventilador (25, 410), donde el dispositivo de accionamiento de frecuencia variable (50) recibe señales de control que representan una velocidad de rotación deseada del motor (52) y, en respuesta, genera señales eléctricas para que la entrada en el motor (52) haga que el motor (52) funcione en una velocidad de rotación que es sustancialmente la misma que la velocidad de rotación deseada; y

sensores (200, 202) en proximidad a los rodamientos y en comunicación de señales de datos electrónicos con la interfaz de usuario (62), proporcionando los sensores (200, 202) a la interfaz de usuario (62) señales de datos de salida del sensor que representan el calor y las vibraciones medidos.

2. El intercambiador de calor industrial enfriado por aire según la reivindicación 1, que comprende además una estructura de soporte (21, 28, 402) que soporta el intercambiador de calor enfriado por aire.

3. El intercambiador de calor industrial enfriado por aire según la reivindicación 1, donde el ventilador (25, 410) comprende un cubo de ventilador (25A, 412) y el eje giratorio del motor de imán permanente (52) de baja velocidad variable y alto par motor está conectado al cubo de ventilador (25A, 412).

4. El intercambiador de calor industrial enfriado por aire según la reivindicación 1, donde los rodamientos (90, 92) son rodamientos sellados y forman parte de un sistema de rodamiento doble.

5. El intercambiador de calor industrial enfriado por aire según la reivindicación 1, donde el motor (52) incluye además un estator (94) y el sistema de accionamiento directo comprende además una pluralidad de sensores (202, 204) situados dentro del motor para medir el calor en el estator (94) y en los rodamientos (90, 92), donde los sensores (202, 204) emiten señales que representan el calor medido.

6. El intercambiador de calor industrial enfriado por aire según la reivindicación 5, que comprende además al menos un sensor de flujo de aire (206, 208) para medir el flujo de aire producido por el ventilador (25, 410) y las señales de salida que representan el flujo de aire.

7. El intercambiador de calor industrial enfriado por aire según la reivindicación 6, donde el sistema de accionamiento directo comprende además una computadora (300) externa al motor (52) y en comunicación de señal electrónica con el dispositivo de accionamiento de frecuencia variable (50), donde la computadora (300) procesa las señales de salida del sensor que representan (i) el calor medido en el estator del motor (94) y los rodamientos (90, 92), (ii) las vibraciones medidas en los rodamientos del motor (90, 92) y (iii) el flujo de aire medido, donde los sensores (200, 202, 204, 206, 208) y la computadora (300) proporcionan un circuito de retroalimentación, donde la computadora (300) genera las señales de control para ingresar al dispositivo de accionamiento de frecuencia variable (50) para ajustar la velocidad del motor de imán permanente (52) de baja velocidad y alto par motor en respuesta a las señales procesadas.

8. El intercambiador de calor industrial enfriado por aire según con la reivindicación 7, donde la computadora (300) está programada para generar señales de control que reducen la velocidad de rotación del motor de imán permanente (52) de baja velocidad variable y alto par motor si la computadora (300) determina, como resultado del procesamiento de las vibraciones medidas, la existencia de una situación pendiente de centrifugación del ventilador.

9. El intercambiador de calor industrial enfriado por aire según la reivindicación 8, donde la computadora (300) está programada para realizar un algoritmo de confiabilidad en las señales emitidas por todos los sensores (200, 202, 204, 206, 208).
- 5 10. El intercambiador de calor industrial enfriado por aire según la reivindicación 9, donde la computadora (300) genera señales de control, en respuesta a la implementación del algoritmo de confiabilidad, para ingresar al dispositivo de accionamiento de frecuencia variable (50) con el fin de ajustar la velocidad del motor (52) de baja velocidad variable y alto par motor.
- 10 11. El intercambiador de calor industrial enfriado por aire según la reivindicación 10, donde la computadora (300) está configurada para emitir señales de control al dispositivo de accionamiento de frecuencia variable (50) para provocar la rotación inversa del motor de imán permanente (52) de alto par motor.
12. El intercambiador de calor industrial enfriado por aire según la reivindicación 1, donde el motor de imán  
15 permanente (52) de baja velocidad y alto par motor está configurado para tener un intervalo de velocidad de 0-350 RPM.
13. El intercambiador de calor industrial enfriado por aire según con la reivindicación 1, donde el motor de  
20 imán permanente (52) de baja velocidad variable y alto par motor está configurado para tener una eficiencia entre el 85 % y el 95 % cuando la velocidad del motor está entre aproximadamente 125 RPM y 350 RPM y donde el motor de imán permanente (52) de alto par motor y baja velocidad variable proporciona un par motor sustancialmente constante de aproximadamente 70 RPM a 350 RPM.

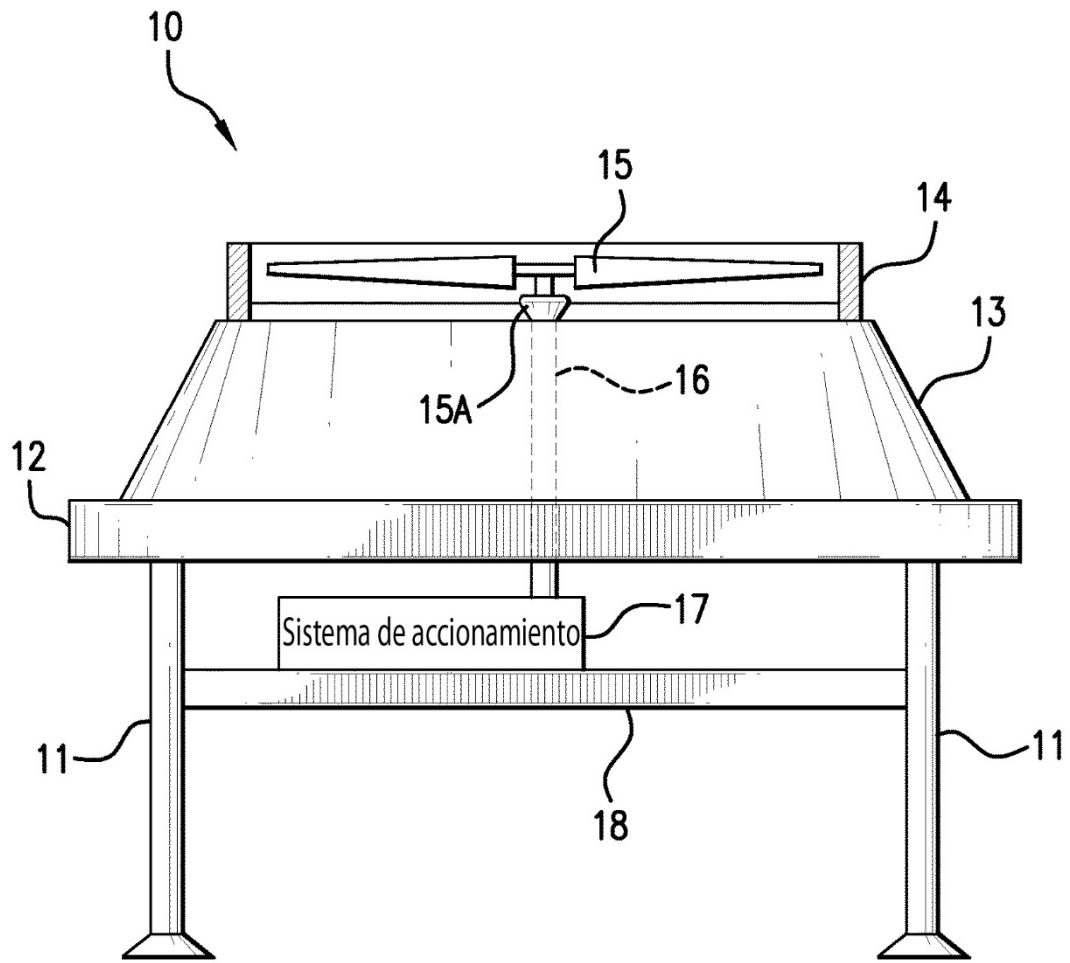


FIG. 1

Técnica anterior

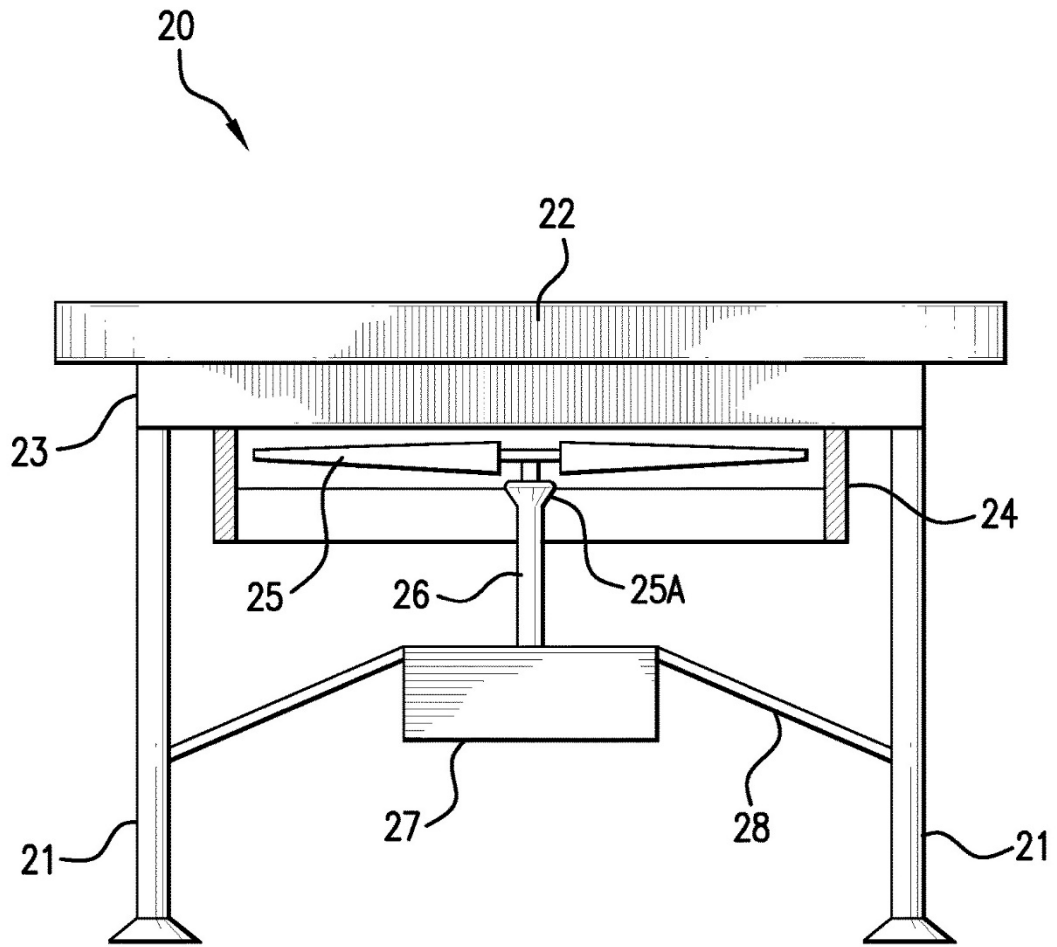


FIG.2

Técnica anterior

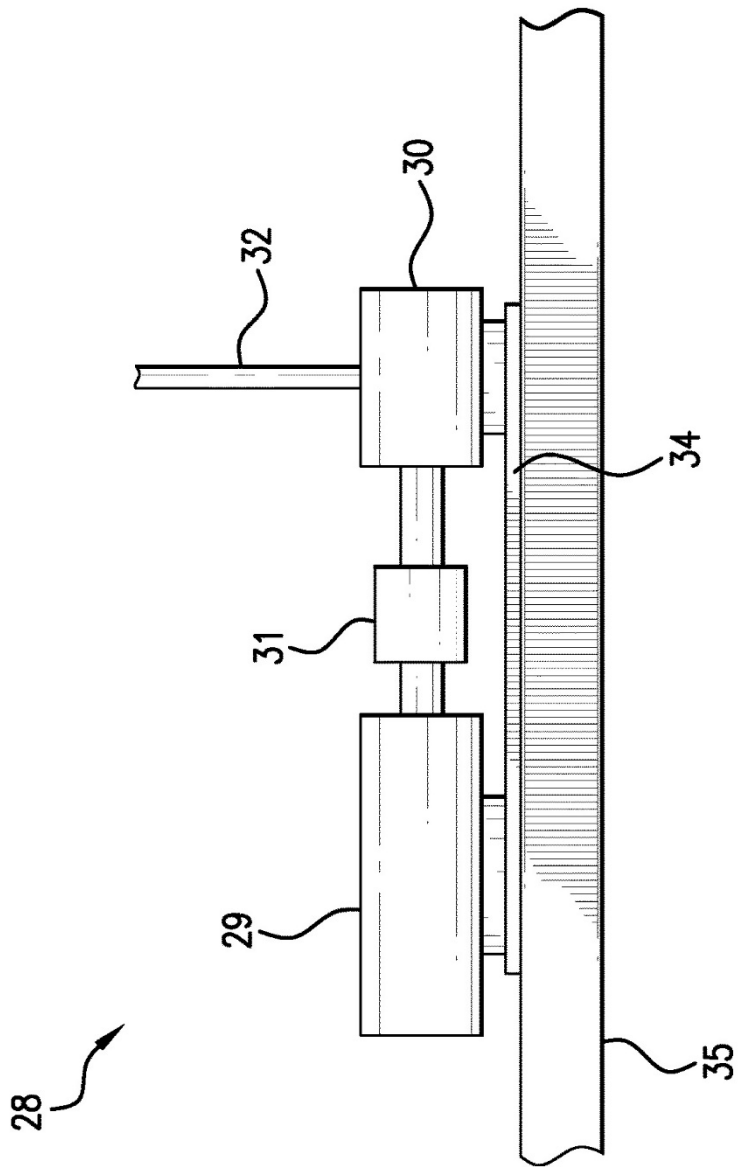


FIG. 3

Técnica anterior

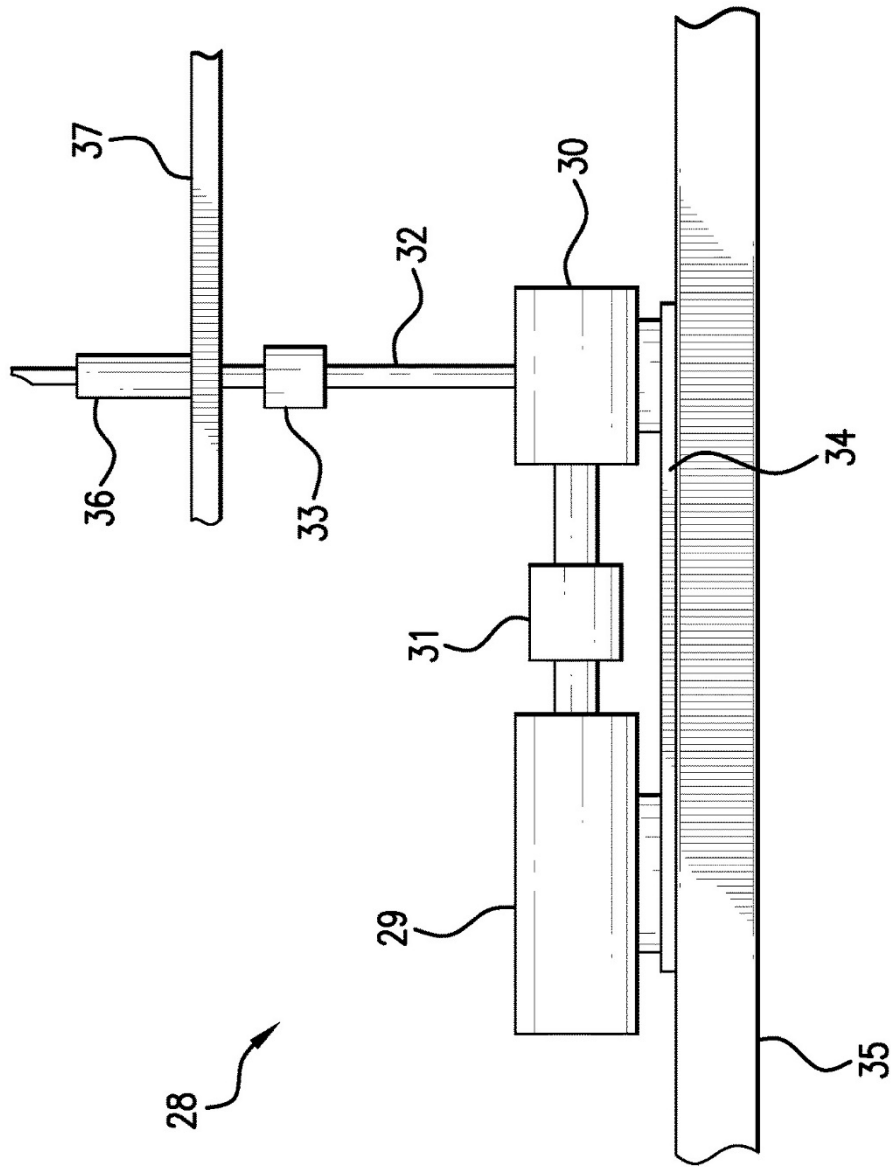


FIG. 4

Técnica anterior

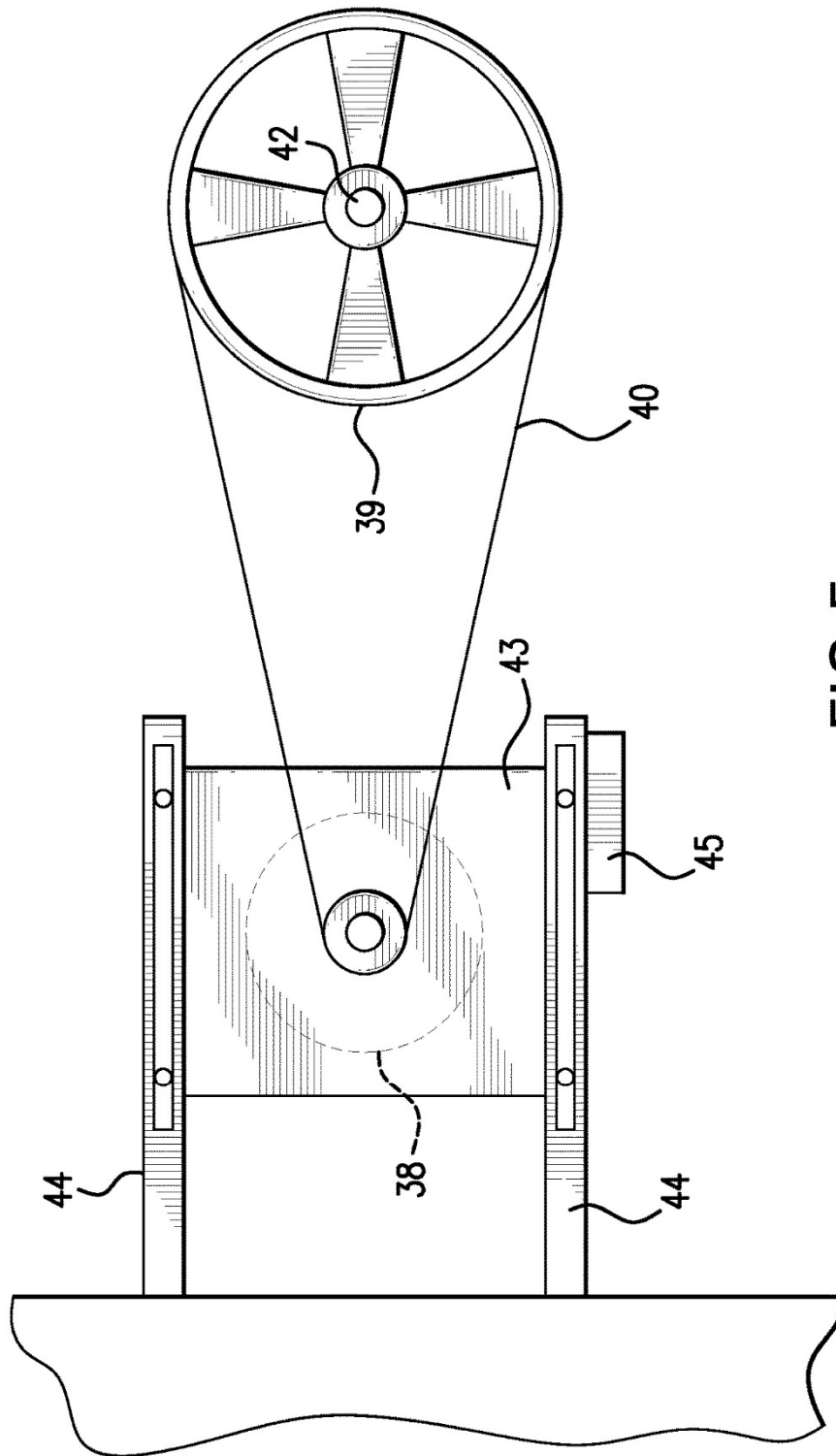
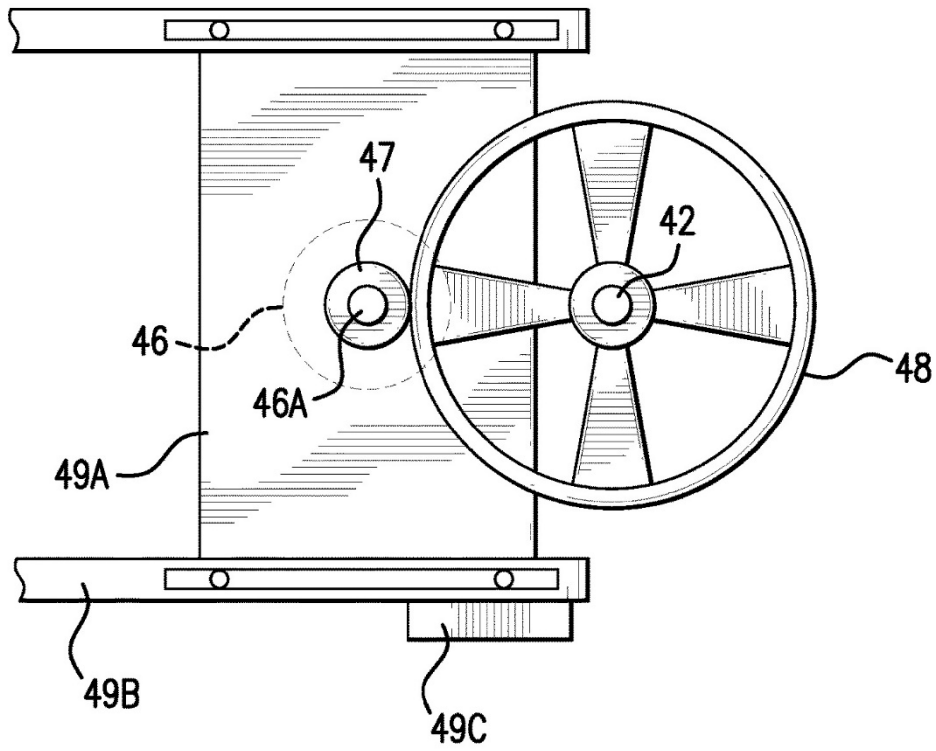


FIG.5

Técnica anterior





**FIG.6**

Técnica anterior

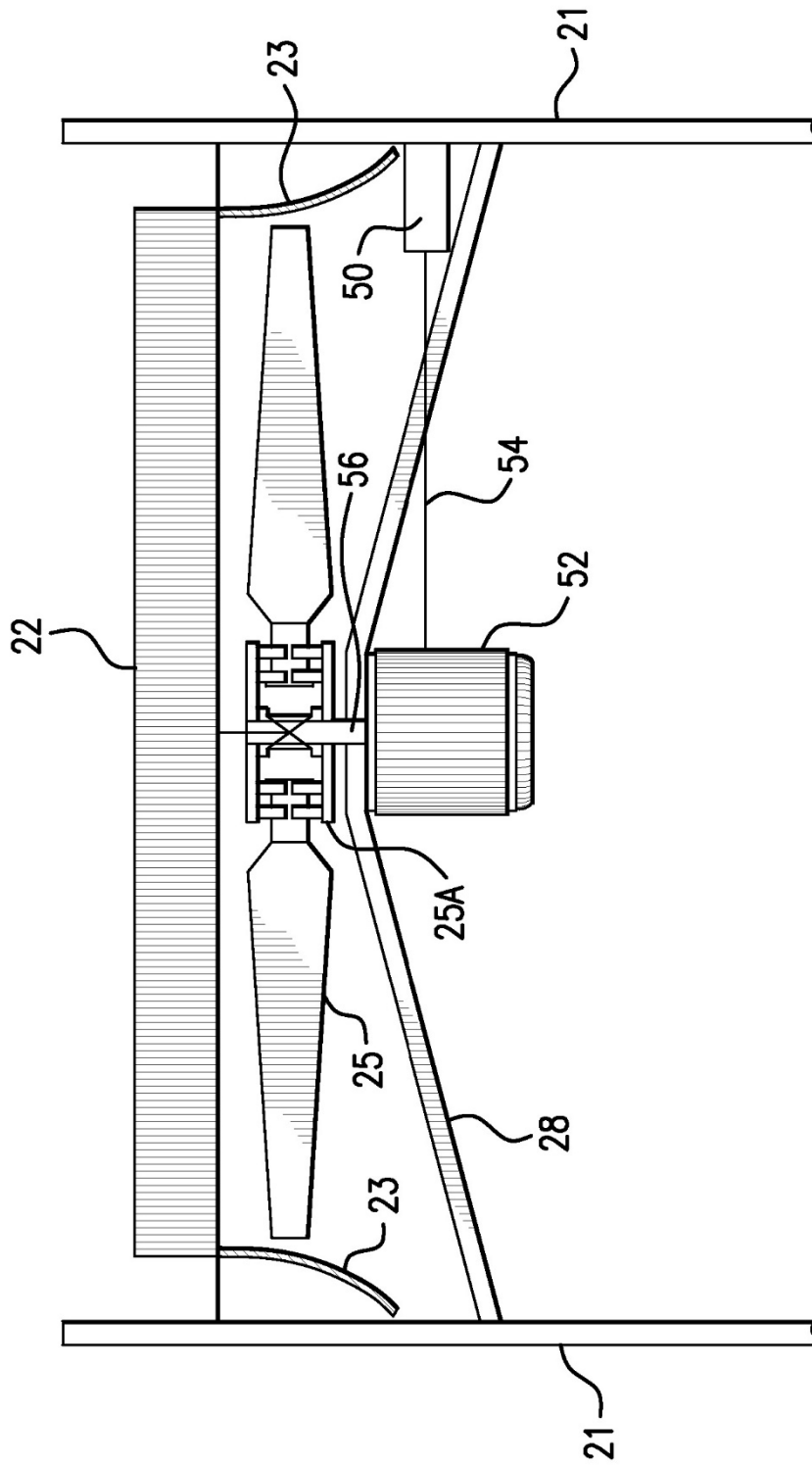


FIG.7

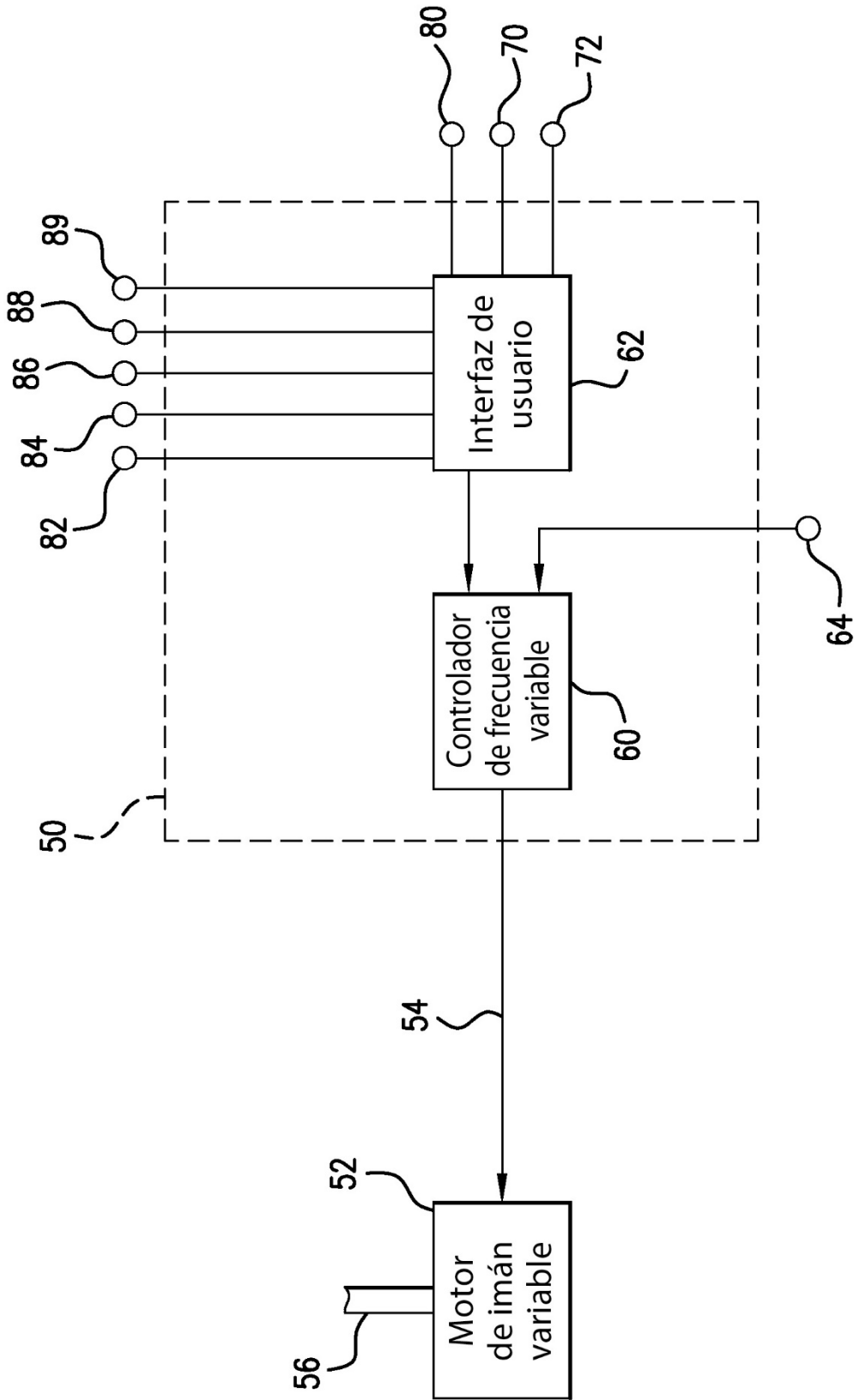


FIG.8

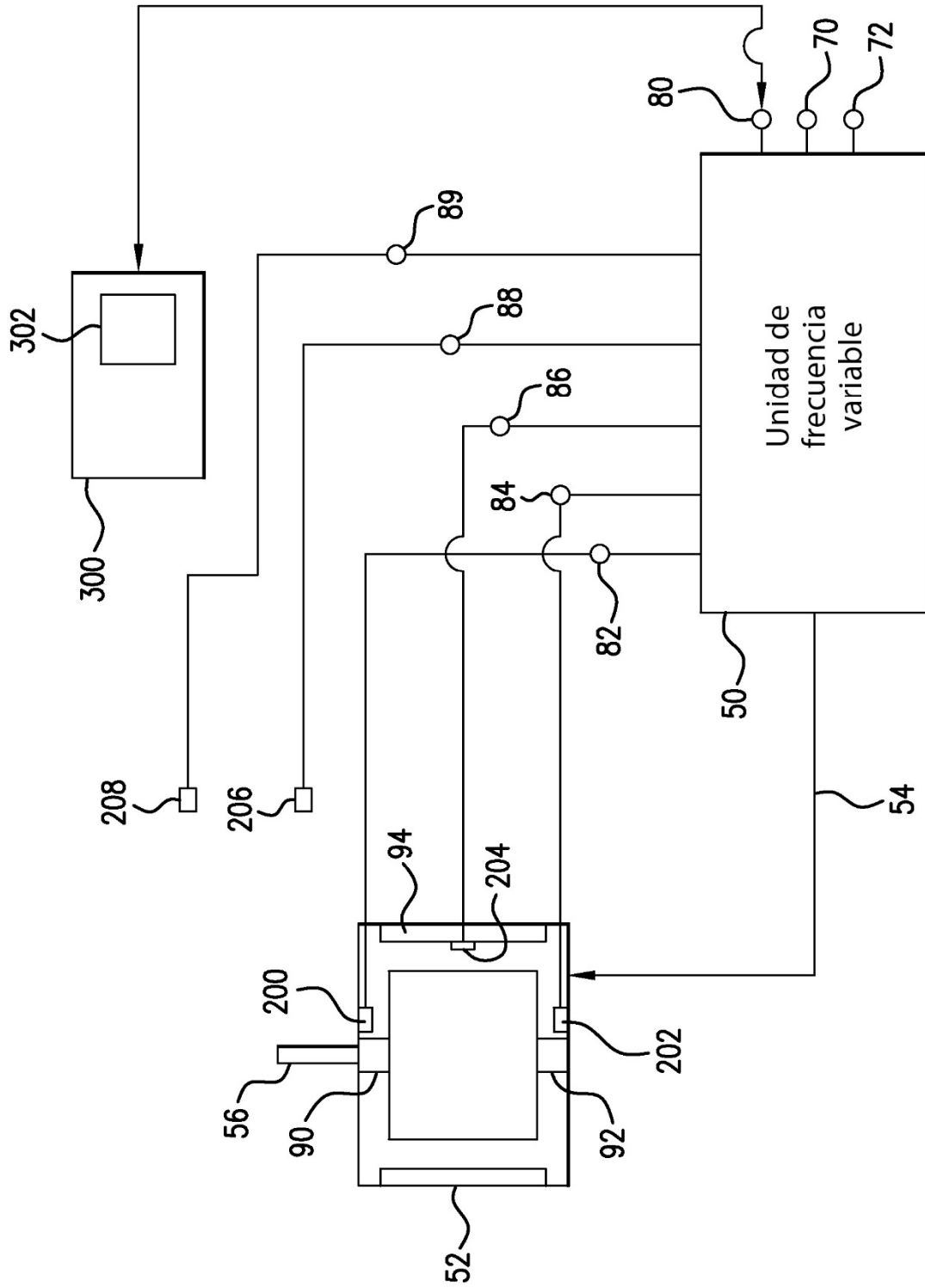
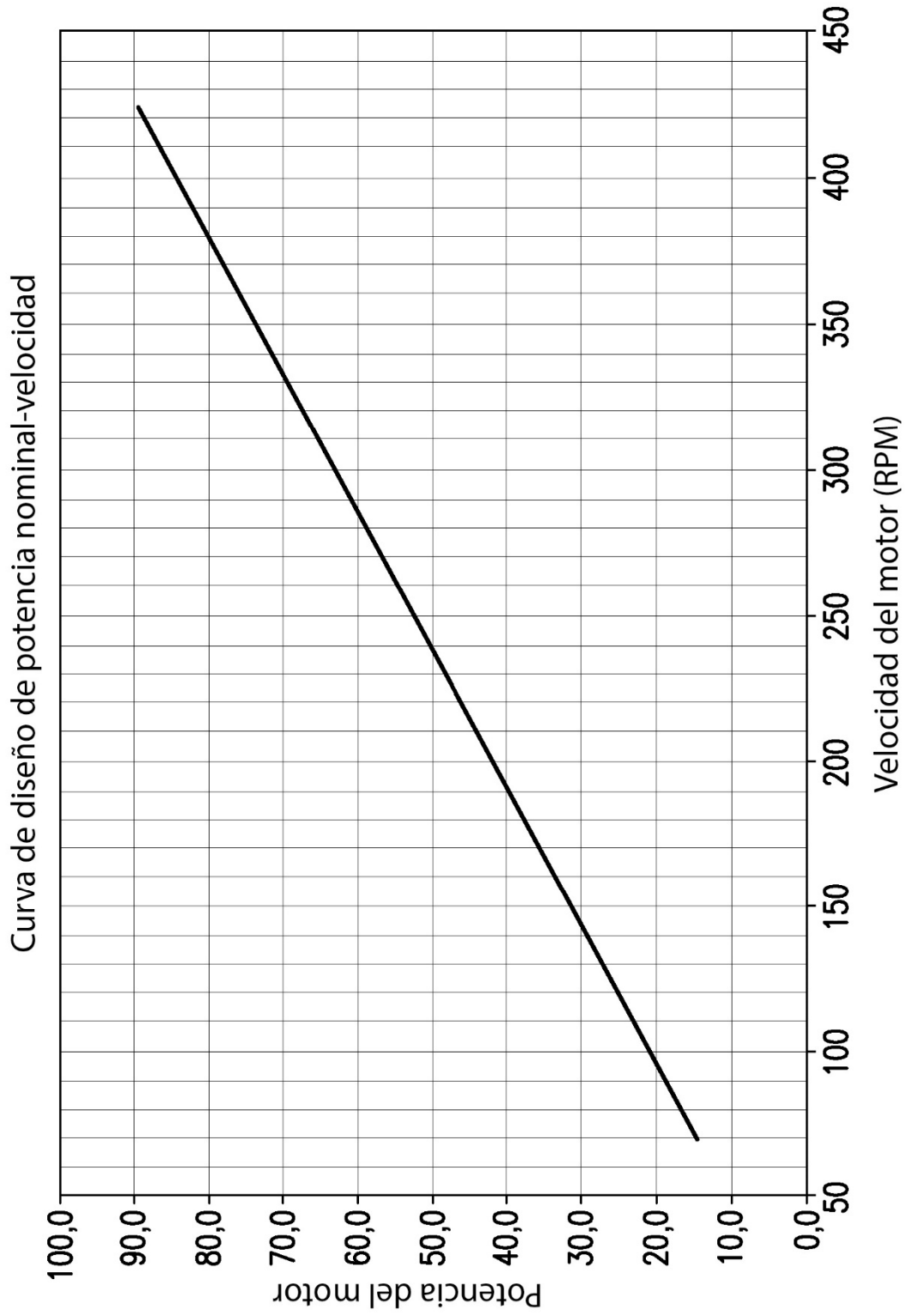


FIG. 9



**FIG.10**

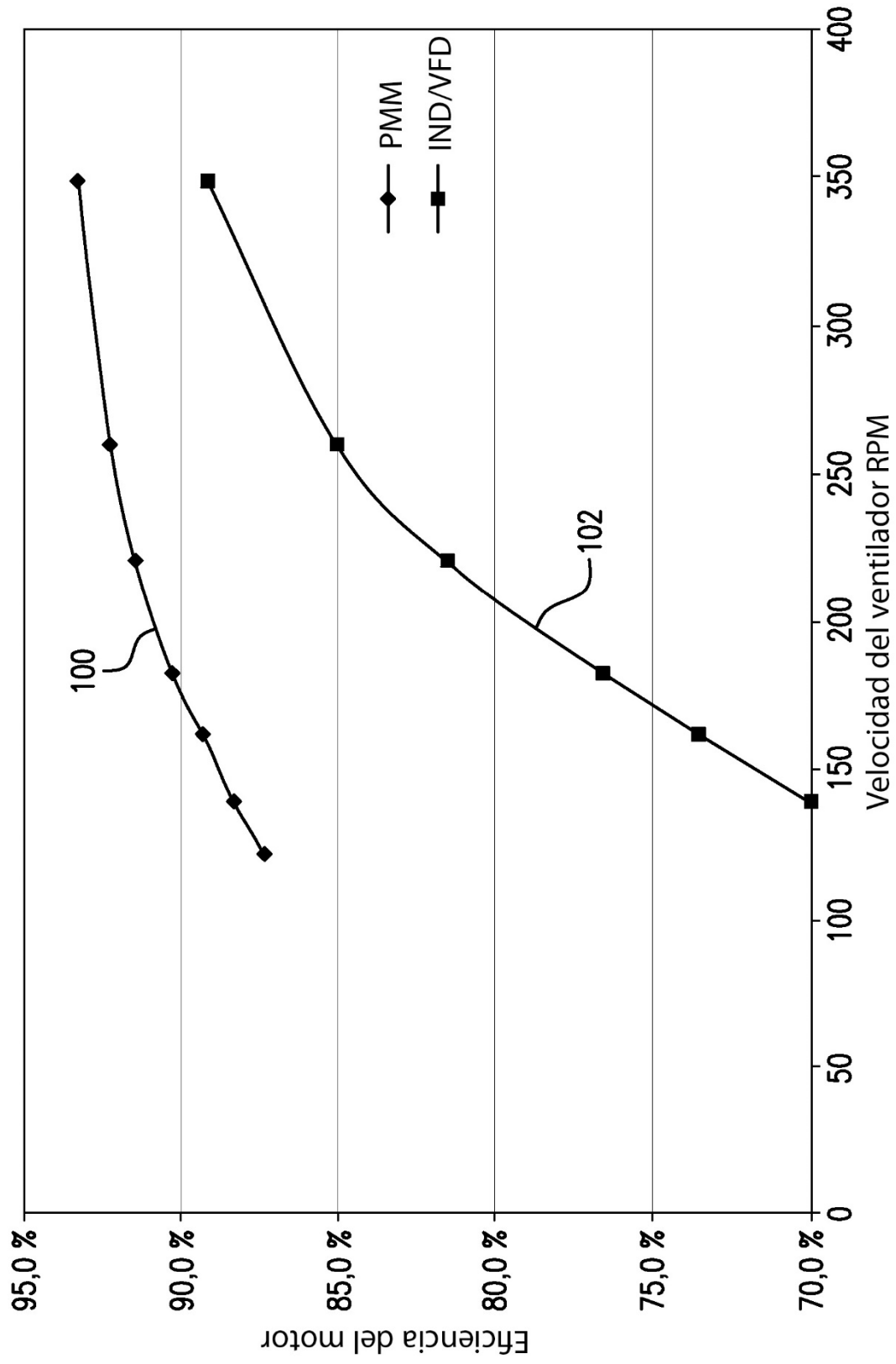
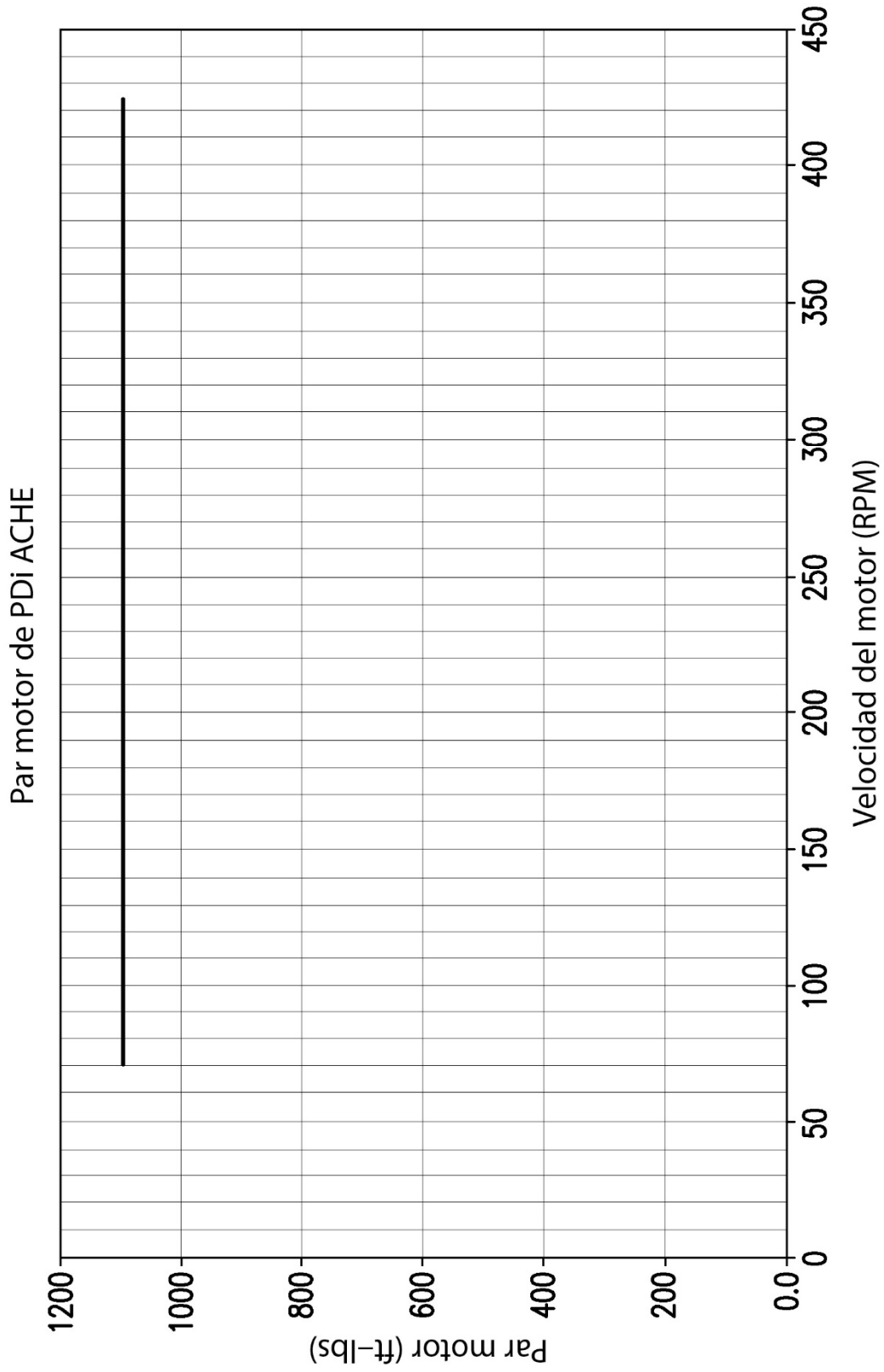


FIG.11



**FIG.12**

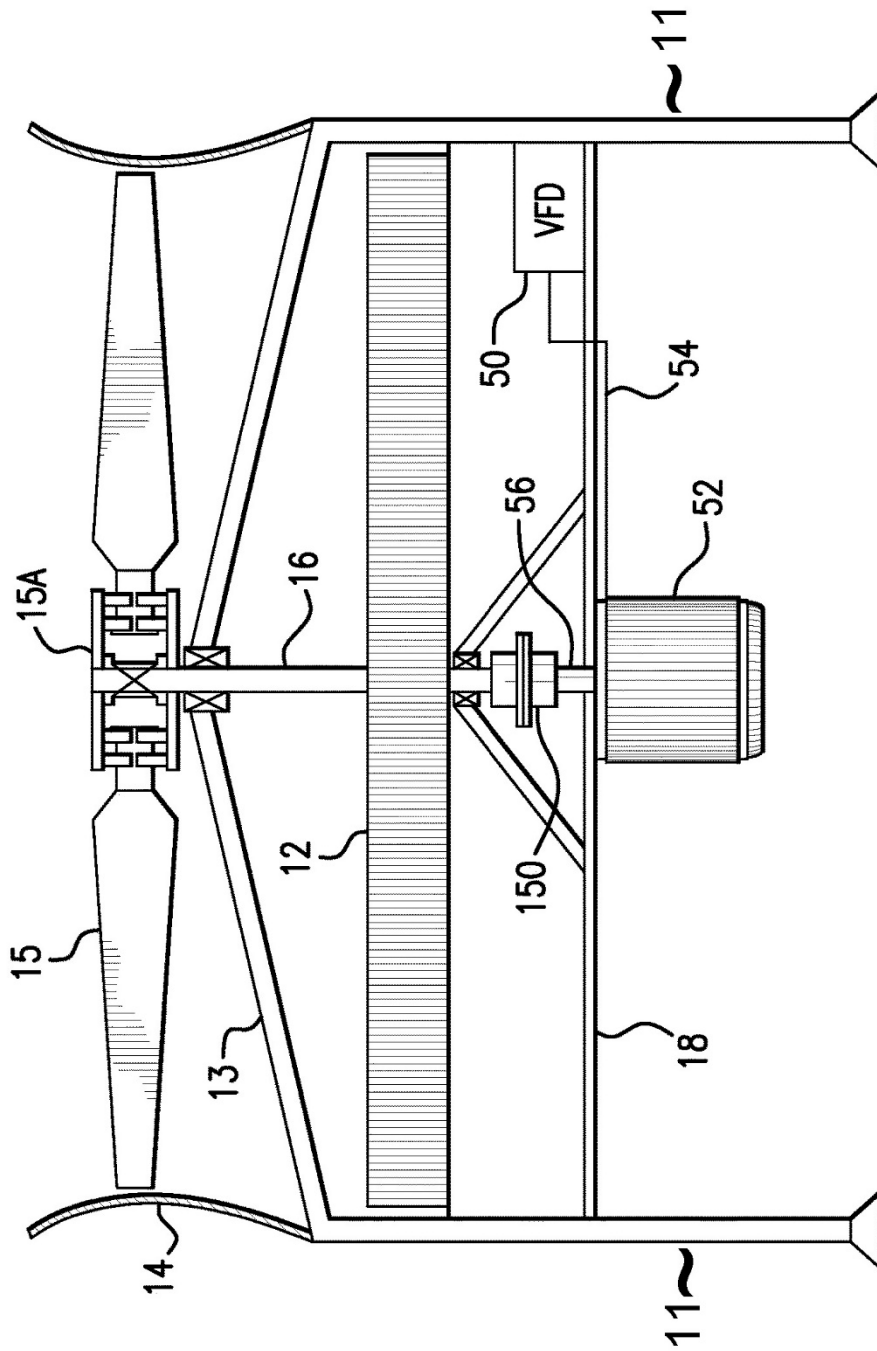


FIG.13



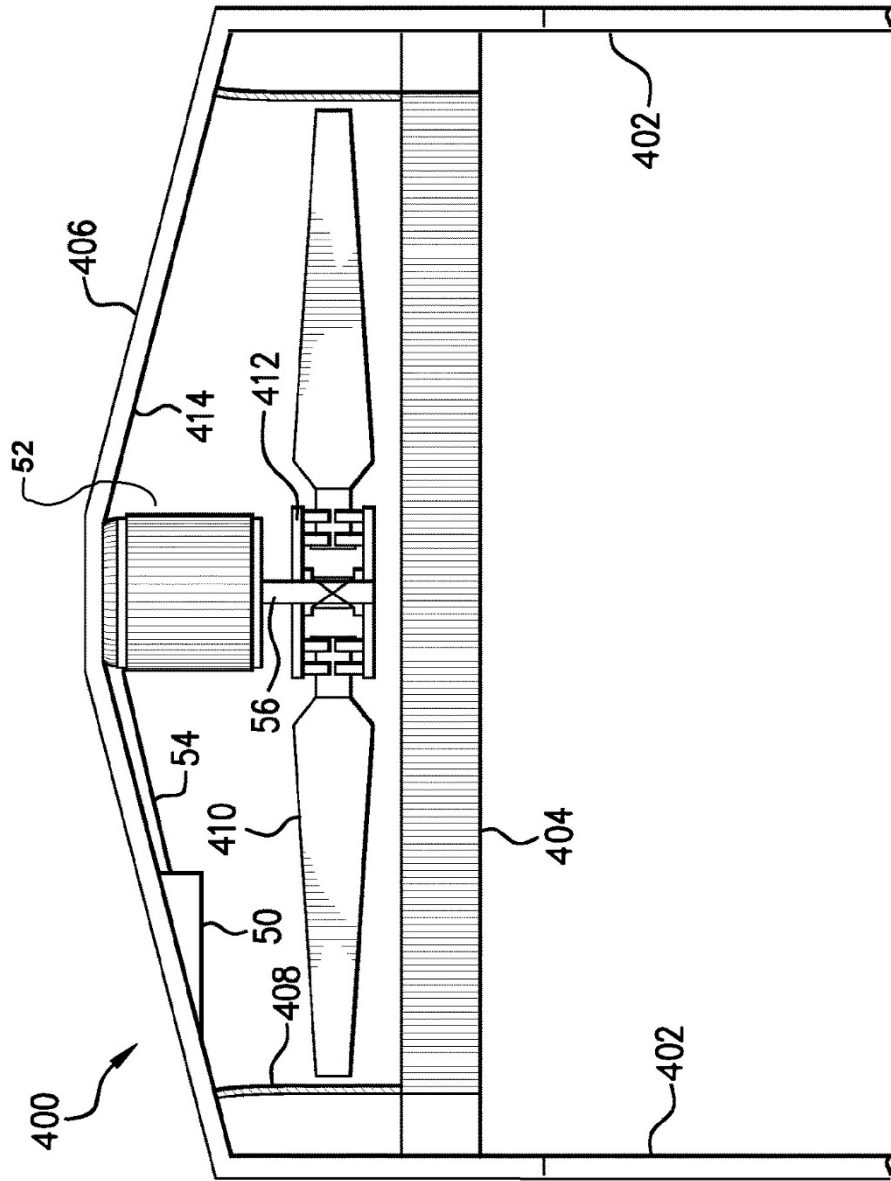


FIG. 14