

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 667 562**

21 Número de solicitud: 201631433

51 Int. Cl.:

F01D 15/10 (2006.01)

F01D 5/34 (2006.01)

F01D 5/14 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

10.11.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

11.05.2018

71 Solicitantes:

FUNDACIÓN TEKNIKER (100.0%)
Polo tecnológico de Eibar, c/ Iñaki Goenaga 5
20600 Eibar (Gipuzkoa) ES

72 Inventor/es:

POZO LARROCHA , Borja;
SERRAS MALILLOS, Adriana y
FERNÁNDEZ DE GOROSTIZA LÓPEZ DE
VIÑASPRES, Erlantz

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

54 Título: **MINI-TURBINA**

57 Resumen:

Mini-turbina (100) para ser instalada en conductos de gas para recolectar energía eléctrica a partir de la energía cinética del fluido que la atraviesa. La mini-turbina (100) tiene un rotor (130) que tiene una serie de álabes (131) entre un cubo (132) y un anillo de cierre (133). El rotor (130) es monopieza.

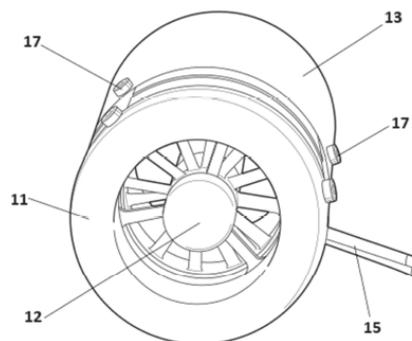


FIG. 31B

DESCRIPCIÓN

Mini-turbina

5 Campo de la invención

La presente invención pertenece al campo de los generadores/recolectores de energía eléctrica. Más concretamente, pertenece al campo de los generadores de energía eléctrica configurados para ser instalados en lugares de limitado y difícil acceso, para proporcionar energía suficiente a un nodo de acceso complicado.

10 Antecedentes de la invención

Existen las turbinas de viento para recolección de energía. Ejemplos de estas turbinas son las descritas por D. A. Howey, A Bansal y A. S. Holmes, en "Design and performance of a centimetre-scale shrouded wind turbine for energy harvesting," Smart Mater. Struct., vol. 20, no. 8, p. 085021, Aug. 2011 (en adelante Howey); o por A. Bansal, D. A. Howey y A. S. Holmes, en "CM-SCALE AIR TURBINE AND GENERATOR FOR ENERGY HARVESTING FROM LOW-SPEED FLOWS", Department of Electrical and Electronic Engineering, Imperial College, London SW7 2AZ, UK," pp. 529–532, 2009 (en adelante Bansal).

A. S. Holmes, D. A. Howey, A. Bansal y D. C. Yates describe, en "Self-Powered Wireless Sensor for Duct Monitoring," Proc. Int. Work. Micro Nanotechnol. Power Gener. Energy Convers. Appl., pp. 115–118, 2010, una aplicación de estas turbinas como sensor inalámbrico autoalimentado para la monitorización del caudal de fluido que fluye por un conducto (en adelante Holmes).

En efecto, para llegar a la geometría final de los álabes, el estado de la técnica (Howey) propone fabricar los álabes con un ángulo de paso inicial constante a lo largo de toda la longitud del álabe y después retorcer el álabe para conseguir la variación de ángulo de paso deseada a medida que aumenta el radio del rotor. Howey también propone un recubrimiento sobre el álabe para dotarlo de rigidez, puesto que los álabes inicialmente son demasiado flexibles. Este recubrimiento requiere primero una capa de cobre para depositar después sobre la capa de cobre una capa de níquel, haciendo necesario sujetar el álabe en un soporte auxiliar para llevar a cabo estas operaciones de recubrimiento. Por último, una vez que cada uno de los componentes del rotor (conocidos en el estado de la técnica) ha sido fabricado, han de ensamblarse para obtener el rotor montado como subconjunto único.

Por otro lado, aunque son conocidos (Howey) los anillos portaimanes de aluminio, el plástico es un material que presenta una permeabilidad magnética más baja que la del aluminio, por lo que se generan menos pérdidas por corrientes de Foucault en una turbina donde el anillo portaimanes es de plástico que en una donde el anillo portaimanes es de aluminio. Los anillos portaimanes son unos discos que alojan una pluralidad de imanes de manera que cuando el rotor está girando, se genera un flujo magnético variable sobre el estator. Además, precisamente los álabes descritos en Howey llevan un recubrimiento de níquel que es un material con elevada permeabilidad magnética, lo que va en contra de disminuir las pérdidas por corrientes de Foucault.

Teniendo en cuenta las enseñanzas de Howey tanto respecto a la formación del rotor (varias piezas fabricadas mediante diferentes procesos y después ensambladas entre sí para conformar el rotor) como respecto a la permeabilidad magnética de los materiales de los que están constituidos las piezas que conforman el rotor (materiales como el níquel con permeabilidad magnética que no disminuyen la formación de corrientes de Foucault), como puede verse, las turbinas conocidas presentan una serie de inconvenientes. Por una parte, al ser de metal, en ellas tienen lugar corrientes de Foucault. Por otro lado, el rotor de estas turbinas se compone de un elevado número de piezas, lo que dificulta la precisión de fabricación y disminuye la eficacia en el montaje del sistema al complicar el ensamblado de todos los componentes que forman la turbina. Derivado de este número de piezas, estas turbinas también son más proclives a malfuncionamientos o limitaciones en las condiciones de operación; por ejemplo, la velocidad máxima de giro de la mini-turbina puede verse limitada por la aparición de vibraciones debido a los más mínimos desajustes mecánicos que provocan un desequilibrado del rotor.

Descripción de la invención

50 La presente invención proporciona una turbina recolectora de energía (denominada en ocasiones "mini-turbina" a lo largo de este texto debido a sus reducidas dimensiones) cuyo funcionamiento se basa en aprovechar el giro del rotor de la turbina para provocar un campo magnético variable.

El término mini aplicado a la mini-turbina se refiere al reducido tamaño de la turbina. En efecto, la mini-turbina tiene ese tamaño tan reducido pues se busca que su interferencia en el flujo del conducto donde es instalada sea la menor posible. En turbinas de este tamaño, se dan unas condiciones de funcionamiento específicas que impiden trasladar directamente las conclusiones que puede extraerse de turbinas de tamaños más habituales como expone Howey. Por tanto, resulta relevante matizar el orden de magnitud en el que se engloba la mini-turbina de la invención. Así, en el contexto de la presente invención, una mini-turbina es una turbina cuyo diámetro máximo exterior es inferior a 100mm.

- 5 La existencia de un campo electromagnético variable induce una corriente eléctrica en un generador estático (estator) que comprende un circuito impreso (PCB) que comprende una serie de bobinas que pueden ser de cobre. La corriente eléctrica recolectada en el PCB a través del movimiento del rotor de la mini-turbina puede aprovecharse para diversos usos, como la alimentación de dispositivos. Entre los dispositivos a los que puede suministrar energía la mini-turbina pueden encontrarse dispositivos de comunicación inalámbrica y sensores de temperatura. La mini-turbina comprende un cuerpo de la mini-turbina y un generador incorporado en la propia mini-turbina.
- 10 Entre las posibles aplicaciones del dispositivo de la invención, el dispositivo puede instalarse en las tuberías de gas de un domicilio o de cualquier edificio que cuente con instalación de gas, de forma que el usuario pueda consultar de forma remota, desde una aplicación, los valores de consumo de gas de su hogar o del edificio. Al ser las tuberías de gas un lugar de limitado y difícil acceso, el dispositivo resuelve el problema de la alimentación del dispositivo, gracias a que no es necesario un cambio de batería, convirtiendo al sistema en perpetuo o cuasi-perpetuo al tratarse de un dispositivo autoalimentado. Otra ventaja del dispositivo de la invención es que la recolección de energía y la medición del consumo se realizan con un único y mismo dispositivo, la mini-turbina.
- 15 Otra posible aplicación del dispositivo es como recolector de energía para entornos con flujos de gas (chimeneas, transportes, etc.) que proporciona energía a una red de un sensor. Por ejemplo, al añadir un recolector de energía a un sensor que puede estar situado en un conducto de una refinería, se aprovecha la energía residual del flujo de fluido en el entorno del punto de monitorización para alimentar al sensor y alargar la vida de la batería del sensor en años o incluso para evitar la dependencia de una batería.
- 20 En un primer aspecto de la invención, se proporciona una mini-turbina configurada para ser instalada en conductos de un fluido, tal como un gas, para generar energía eléctrica a partir de la energía cinética del fluido que atraviesa la mini-turbina. La mini-turbina comprende un rotor monopieza que comprende una pluralidad de álabes entre un cubo y un anillo de cierre.
- 25 Como se ha indicado, un aspecto de la invención se refiere a una mini-turbina para generar energía eléctrica a partir de la energía cinética del fluido que atraviesa la mini-turbina, donde la mini-turbina comprende:
un rotor que comprende una pluralidad de álabes entre un cubo y un anillo de cierre;
un estator enfrentado al rotor;
donde:
30 una prolongación del anillo de cierre conforma un primer anillo portaimanes integrado en el anillo de cierre, donde el primer anillo portaimanes comprende una pluralidad de imanes configurados para, al girar, generar un flujo magnético variable sobre el estator;
los álabes tienen un primer extremo integrado en el cubo y un segundo extremo integrado en el anillo de cierre para conformar una estructura de rotor monopieza.
- 35 De acuerdo con la configuración del rotor definida, el anillo portaimanes conforma una corona circular cuyo diámetro interior coincide con el diámetro externo del rotor, es decir con el anillo de cierre. Es decir, que no hay uniones entre diferentes piezas para conformar un subconjunto, sino que el rotor es una única pieza entera que presenta una forma donde pueden identificarse diferentes zonas conforme a la función que desempeña cada una de estas zonas: así, el cubo es la zona del rotor configurada para acoplar el rotor en el eje de giro que va a ser arrastrado por el rotor; los álabes son los elementos del rotor que transforman la energía cinética del fluido que atraviesa la mini-turbina en un par que hace girar al rotor acoplado al eje de giro; el anillo de cierre es la zona del rotor que refuerza la estructura del rotor, especialmente los álabes, frente a un rotor con álabes con extremo libre, donde puede haber problemas de flexión y vibración de los álabes.
- 40 En otras palabras, el rotor es una única pieza que integra el cubo, donde está el primer extremo del álabes, el álabes y el anillo de cierre, donde está conectado el segundo extremo de los álabes. Esta configuración monopieza del rotor, permite un proceso de fabricación del rotor simplificado respecto al de otros rotores conocidos, donde cada una de estas piezas que conforman el rotor se fabrica por separado. Así, mediante el rotor monopieza, en primer lugar, se reduce el número de procesos de fabricación necesarios para llegar al producto final y, en segundo lugar, también se reduce el número de operaciones necesarias para obtener los álabes. Efectivamente, el número de procesos se reduce porque ya no hay un procedimiento de fabricación para cada componente del rotor, sino un único proceso para la totalidad del rotor. La máquina utilizada para la fabricación del rotor monopieza es preferentemente de 5 ejes, para poder mecanizar los álabes por dentro. Un posible método de fabricación es el siguiente: El rotor, es la pieza más compleja, y primeramente se mecaniza el bloque de material (en una posible realización, poliéster éter cetona (PEEK)) por los dos lados. Y luego, una vez la parte interna está acabada, se realiza un falso eje para poder sujetar el rotor y realizar el corte del taco exterior
45 que define un ranurado perimetral externo en forma de corona circular.
- 50 Por otro lado, el número de operaciones también se reduce, porque no son necesarias una serie de operaciones sucesivas sobre un mismo componente para llegar a su geometría final, como ocurría en las propuestas convencionales, como la de Howey. En cambio, el rotor de la invención, al ser de una pieza, no solo simplifica su proceso de fabricación, sino que también ahorra la operación de ensamblado. Adicionalmente, el rotor monopieza también permite obtener mayor precisión que el rotor multipieza conocido, dado que se evita acumular tolerancias necesarias para el montaje y desviaciones de las medidas de cada una de las piezas. Otra consecuencia de la mayor precisión alcanzada con el rotor monopieza de la invención es un rotor más
60

equilibrado, lo que disminuye las vibraciones durante su giro, permitiendo que la mini-turbina funcione a velocidades de giro más altas y por tanto puedan obtenerse mayores potencias.

Debido al poco peso de la pieza única rotor, álabes y anillos portaimanes, a la poca resistencia al giro del eje y los rodamientos, la tolerancia de 50000rpm máximo de los rodamientos y la estabilidad de la distancia entre el PCB y los anillos portaimanes en los giros, se alcanzan unos niveles de velocidad de giro muy altos con la mini-turbina de la invención. Las velocidades de giro (rpm) que se alcanzan con una carga eléctrica que apenas limita el par de los imanes, es decir, muy similar a circuito abierto, es con la configuración que se pueden alcanzar velocidades de giro más altas (rpm) pero no es una situación real. Frente a las velocidades de giro que se alcanzan con la mini-turbina de la invención, el estado de la técnica, por ejemplo Howey, tiene como tope máximo de velocidad de giro 4000rpm, por vibraciones por desequilibrio mecánico en el rotor.

Debido a que la mini-turbina de la invención alcanza unas grandes velocidades de giro, el campo magnético que se genera y posteriormente la energía que se recolecta es mucho mayor en la mini-turbina de la invención que en la de Howey. En la siguiente tabla A se pueden observar las diferencias:

	Invención	Howey
3 m/s	15,2839mW	0,08mW
7 m/s	160,7162mW	2,5mW
10 m /s	333,1456mW	4,3mW

Tabla A: Comparativa de resultados entre la mini-turbina de la invención y Howey.

En una posible implementación de la invención, en la que el fluido es aire, la mini-turbina es operativa entre 1m/s y 12m/s de velocidad de aire. Por debajo de 1m/s la señal eléctrica generada no es detectable ya que no se crea suficiente campo magnético por la baja velocidad de giro de los álabes y del anillo portaimanes a causa de la escasa velocidad del aire que atraviesa la mini-turbina. Pero la mini-turbina no se detiene, sigue girando mientras tenga un flujo de aire por muy baja que sea su velocidad, es decir, la resistencia de inicio para que la turbina comience a girar es muy pequeña. Dicho de otra manera, el par de arranque de la turbina es muy bajo. El límite superior de 12m/s se debe a la tolerancia de los rodamientos, ya que estos tienen un límite de funcionamiento de 50000rpm. A 10m/s, con apenas carga, la mini-turbina gira a 39062,5rpm; dado que el sistema es lineal, sobrepasando los 12m/s se alcanzarían los 50000rpm por lo que existe el riesgo de rotura.

Como puede verse, la invención permite obtener un nivel mucho mayor de energía con cada velocidad del fluido, multiplicando por 77 la potencia máxima. Esto se debe a la ausencia de cualquier anomalía como pueden ser vibraciones, fricciones mecánicas entre elementos con movimiento relativo entre ellos y al poco peso del rotor. Todas estas mejoras aumentan la eficiencia en el traspaso de energía cinética del fluido a energía de giro del rotor. El sistema es capaz de girar a unas elevadas velocidades de giro (rpm). Se ha comprobado hasta casi 40000rpm, pudiendo asegurarse un régimen máximo de 50000rpm. En cambio, las turbinas conocidas solo pueden alcanzar hasta 4000rpm por problemas de vibraciones.

Por otro lado, cuando el fluido es aire, el rango de velocidad del viento incidente en la mini-turbina de la invención va desde 1 hasta 12m/s cuando el rango operativo de las turbinas conocidas va desde 3 hasta 10m/s.

Conforme a otras características de la invención:

En una posible realización, el anillo portaimanes es de material plástico. El anillo portaimanes, que tiene forma de corona circular, comprende una pluralidad de alojamientos configurados para albergar los imanes en dichos alojamientos. La configuración del anillo portaimanes es la que permite que los imanes, al girar el rotor, generen un flujo magnético variable sobre el estator. El material plástico puede ser PEEK. Unas piezas de la mini-turbina pueden ser de PEEK y otras pueden ser de poliamida, siendo tanto el PEEK como la poliamida, materiales plásticos. Conforme a otra posible realización de la invención, el anillo portaimanes comprende:

- Una jaula provista de alojamientos para contener los imanes que, en una realización, por un lado, es una prolongación del rotor y, por otro lado, tiene forma de casquillo exterior que se acopla sobre la prolongación del rotor.

- Los imanes integrados en los alojamientos o cavidades.

- Un aro a modo de tapa de la jaula que colabora con los imanes en la canalización del campo magnético y con la jaula en la sujeción de los imanes.

Como también se ha señalado anteriormente, es importante disminuir las pérdidas debidas a corrientes de Foucault para maximizar la energía eléctrica generada. Para ello, se intenta que los materiales de todos los componentes que podrían distorsionar el campo electromagnético generado desde los imanes hacia las bobinas sea magnéticamente inerte, es decir, que no sea un material ferromagnético. En esta realización, la jaula del anillo portaimanes es de plástico (PEEK en una realización de la invención).

Conforme a otra posible realización, la mini-turbina comprende una carcasa configurada para situar el estator respecto del rotor, donde la carcasa es de plástico; el plástico puede ser de PEEK.

En otra realización, la mini-turbina comprende una segunda pieza que conforma un carenado para canalizar un

ES 2 667 562 A1

flujo de fluido que atraviesa la mini-turbina, donde la segunda pieza es de plástico. La segunda pieza puede ser de poliamida o PEEK.

5 Como ya se ha señalado, para aumentar el rendimiento de la mini-turbina, hay que minimizar las pérdidas en la energía generada. Una forma de minimizar estas pérdidas es disminuyendo las corrientes de Foucault. Para ello, hay que emplear materiales no ferromagnéticos en todos aquellos componentes susceptibles de permitir la generación de corrientes de Foucault. La invención contempla que tanto el rotor como la carcasa sean de plástico. Tanto el rotor como la carcasa pueden ser de PEEK.

10 Según otra realización de la mini-turbina, la prolongación del anillo de cierre conforma dos anillos portaimanes que comprende una pluralidad de imanes, donde dichos primer y segundos anillos portaimanes están dispuestos en dos coronas circulares rotativas que tienen un diámetro interior coincidente con un diámetro exterior del rotor determinado por el anillo de cierre; un diámetro exterior mayor que el diámetro exterior del rotor; estando dichos primer y segundos anillos portaimanes separados axialmente una distancia configurada para alojar el estator, donde el estator tiene forma de corona circular estática comprendida entre los dos anillos portaimanes, comprendiendo el estator un circuito impreso PCB y una pluralidad de bobinas; donde los imanes y las bobinas están configurados para que, durante un giro del rotor, una corriente eléctrica sea inducida en las bobinas por los imanes en movimiento.

20 En esta realización de la invención, como en todas las anteriores, el rotor sigue siendo monopieza. Es decir, que el rotor, aunque pueda presentar una geometría más o menos compleja, en este caso con una prolongación del anillo de cierre en dos anillos portaimanes, sigue estando constituido por una única pieza entera donde las diferentes zonas que pueden identificarse se presentan sin solución de continuidad. La monopieza se fabrica, por ejemplo, mediante la técnica de mecanizado de 5 ejes, para poder mecanizar los álabes por dentro.

De acuerdo a otra realización, la mini-turbina comprende medios de fijación configurados para asegurar un estator de manera intercambiable.

25 Según una realización, las bobinas están dispuestas en una configuración seleccionada entre monofásica y trifásica.

La configuración del estator intercambiable permite la posibilidad de generar la energía de modo monofásico y trifásico solo con intercambiar el estator en la mini-turbina.

Conforme a una posible realización, los anillos portaimanes tienen unas dimensiones seleccionadas entre:

30 un diámetro interior menor de 40mm, preferentemente menor de 35mm y más preferentemente menor de 30mm;
un diámetro exterior menor de 45mm, preferentemente menor de 40mm y más preferentemente menor de 35mm;
un espesor menor de 2mm, preferentemente menor de 1,5mm y más preferentemente menor de 1,3mm;
una pluralidad de alojamientos de diámetro de alojamiento menor de 2,3mm, preferentemente menor de 2,2mm y más preferentemente menor de 2,1mm;
y combinaciones de las mismas.

35 De acuerdo con otra realización, la mini-turbina tiene un diámetro máximo exterior menor de 100 mm, preferentemente menor de 50mm, más preferentemente menor de 45mm y todavía más preferentemente menor de 40mm.

40 En una realización de la invención, la mini-turbina tiene un diámetro interior de 22,7mm; un diámetro exterior de 27,7mm; un espesor de 1mm; 32 alojamientos para imanes de diámetro de alojamiento 2mm; un diámetro máximo exterior de 32mm.

Conforme a otra realización de la invención, los imanes tienen unas dimensiones seleccionadas entre:

un diámetro magnético menor de 8mm, preferentemente menor de 6mm y más preferentemente menor de 4mm;
una longitud menor de 4mm, preferentemente menor de 3mm y más preferentemente menor de 2mm.

En una posible realización, la mini-turbina está configurada para ser instalada en conductos de gas.

45 Otra característica que presenta la mini-turbina de la invención, es que comprende un generador seleccionado entre monofásico y trifásico. Además, la mini-turbina comprende medios para montar/desmontar fácilmente el generador. Así, tanto tareas de mantenimiento como de reparación e, incluso, cambio de un tipo de generador a otro (monofásico o trifásico) se ven enormemente facilitadas.

50 El dispositivo de la invención puede: proporcionar energía suficiente para alimentar un nodo de una red de sensores; aumentar la vida útil de una batería en un nodo de la red de sensores o no tener que cambiar la batería de un nodo de la red sensores; aumentar las funcionalidades de un nodo de una red de sensores respecto a la energía que suministran otro tipo de recolectores; permitir una instalación fácil y miniaturizada de un recolector de energía del tipo de los aerogeneradores.

55 En la mini-turbina de la invención, las piezas que componen el rotor han disminuido en número, optimizando su diseñado y fabricación. La reducción del número de elementos que componen el dispositivo aporta mayor precisión de fabricación y eficacia en el montaje del dispositivo, resultando en un dispositivo más robusto y que

puede trabajar a mayores velocidades de giro y con mayores caudales de fluido que atraviesan la turbina.

Como puede verse, la mini-turbina presenta dos campos de aplicación: por un lado, puede emplearse como un recolector de energía de un ambiente ventoso, para alimentar nodos de una red de sensores, por ejemplo, y, por otro lado, cuando es instalada en una tubería o en una conducción, puede actuar como recolector de energía para otros consumos.

Ventajas y características adicionales de la invención serán evidentes a partir de la descripción en detalle que sigue y se señalarán en particular en las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de las figuras

- 10 Para complementar la descripción y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de la descripción, un juego de figuras en el que, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:
- La figura 1 muestra un despiece de la mini-turbina de acuerdo con una posible realización de la invención.
- 15 La figura 2 muestra una sección axial de una mini-turbina de acuerdo con una posible realización de la invención.
- La figura 3 muestra una vista del conjunto formado por un rotor con una jaula para alojar los imanes integrada y otra jaula configurada para ser acoplada sobre el conjunto anterior rotor-jaula.
- La figura 4A muestra una perspectiva del rotor de la figura 3 con una jaula para alojar los imanes integrada.
- La figura 4B muestra una perspectiva de la jaula de la figura 3.
- 20 Las figuras 5A y 5B ilustran una perspectiva trasera y frontal, respectivamente, de la mini-turbina de las figuras 1 y 2.
- La figura 6A muestra los anillos portaimanes y el circuito impreso PCB situado entre los anillos portaimanes.
- La figura 6B es una vista en detalle de la figura 6A que muestra las bobinas en el circuito impreso PCB situado entre los anillos portaimanes.
- 25 La figura 7A muestra los anillos portaimanes que contienen los imanes en las jaulas y los aros.
- La figura 7B muestra la disposición de los imanes en los anillos portaimanes.
- Las figuras 8A y 8B muestran el efecto del aro de chapa de los anillos portaimanes en el campo magnético.
- Las figuras 9A y 9B representan las fases y los polos magnéticos. La figura 9C muestra las tres fases generadas.
- 30 Las figuras 10A y 10B muestran, respectivamente, un generador monofásico y un detalle de la representación de la bobina.
- Las figuras 11A y 11B muestran, respectivamente, un generador trifásico y un detalle de la conexión de las bobinas.
- Las figuras 12A y 12B muestran el modelado electrónico equivalente monofásico y trifásico, respectivamente, del generador.
- 35 La figura 13A muestra una simulación de la densidad de flujo magnético (B) generado por los imanes de los anillos portaimanes.
- La figura 13B muestra la disposición de los imanes y las bobinas para analizar la densidad de flujo magnético inducido y recolectado.
- 40 La figura 14 muestra los valores del voltaje que se obtienen a diferentes velocidades de giro del rotor mediante el modelado matemático-electrónico del generador monofásico.
- La figura 15, representa un análisis en frecuencia mediante el modelado matemático-electrónico del generador monofásico.
- La figura 16 muestra los valores del voltaje que se obtienen con diferentes velocidades de giro del rotor mediante el modelado matemático-electrónico del generador trifásico. En las leyendas de las gráficas de voltaje se indica con qué velocidad de giro del rotor se obtiene cada una de las gráficas.
- 45 La figura 17, representa un análisis en frecuencia mediante el modelado matemático-electrónico del generador trifásico.
- La figura 18 es una vista en detalle de las bobinas del generador monofásico.
- La figura 19 es una vista en detalle de las bobinas del generador trifásico.
- 50 La figura 20 muestra las formas de onda obtenidas en pruebas realizadas con el generador monofásico con una velocidad de viento incidente de 5m/s.

ES 2 667 562 A1

- La figura 21 muestra las formas de onda obtenidas en pruebas realizadas con el generador monofásico con una velocidad de viento incidente de 10m/s.
- La figura 22 muestra la resonancia de carga de la mini-turbina y la importancia de la adaptación de impedancias para un mayor rendimiento en la obtención de potencia con el generador monofásico.
- 5 La figura 23 muestra las potencias obtenidas con diferentes cargas y velocidades de viento con el generador monofásico.
- La figura 24 muestra las frecuencias obtenidas y su linealidad con diferentes cargas y velocidades de viento con el generador monofásico. En las leyendas de las gráficas de frecuencia se indica con qué carga se obtiene cada una de las gráficas.
- 10 La figura 25 muestra las formas de onda obtenidas en pruebas realizadas con el generador trifásico con una velocidad de viento incidente de 5m/s.
- La figura 26 muestra las formas de onda obtenidas en las pruebas realizadas con el generador trifásico con una velocidad de viento incidente de 10m/s.
- 15 La figura 27 muestra la resonancia de carga de la mini-turbina y la importancia de la adaptación de impedancias para un mayor rendimiento en la obtención de potencia con el generador trifásico.
- La figura 28 muestra las potencias obtenidas con diferentes cargas y velocidades de viento con el generador trifásico.
- 20 La figura 29 muestra las frecuencias obtenidas y su linealidad con diferentes cargas y velocidades de viento con el generador trifásico. En las leyendas de las gráficas de frecuencia se indica con qué carga se obtiene cada una de las gráficas.
- La figura 30 muestra las diferentes velocidades máximas de giro del rotor en revoluciones por minuto (rpm) en función de la velocidad del viento incidente.
- La figura 31A muestra una vista lateral de una mini-turbina.
- La figura 31B muestra una perspectiva frontal de una mini-turbina.
- 25 La mini-turbina comprende los elementos listados a continuación:
- 100 Mini-turbina
 - 1 Eje de giro
 - 2 Rodamientos
 - 3 Rosca de empuje
 - 30 4 Pieza de empuje y alineamiento
 - 5 Jaula
 - 6 Imanes
 - 7 Aro
 - 8 Pasadores de alineamiento
 - 35 9 Carcasas
 - 10 Elementos de conexión
 - 110 Primera pieza aerodinámica
 - 12 Cuerpo de entrada
 - 14 Cuerpo de salida
 - 40 120 Segunda pieza aerodinámica o góndola o carenado
 - 11 Primer cuerpo
 - 13 Segundo cuerpo
 - 15 Circuito impreso, PCB
 - 15' Bobinas
 - 45 16 Abrazadera
 - 17 Tornillos de carenado
- D Diámetro máximo exterior de la mini-turbina
- 130 Rotor

- 131 Álabes
- 132 Cubo
- 133 Anillo de cierre
- 140 Anillo portaimanes
- 5 Diámetro interior del anillo portaimanes
- De diámetro exterior del anillo portaimanes
- e Espesor del anillo portaimanes
- Da diámetro de alojamiento
- Dm Diámetro magnético o diámetro de los imanes
- 10 L Longitud de los imanes

Descripción de un modo de realización de la invención

15 La figura 1 muestra una sección axial de la mini-turbina 100 de la invención. Las figuras 5A y 5B ilustran una perspectiva trasera y frontal, respectivamente, de la mini-turbina 100 de la invención. La mini-turbina 100 está formada por un cuerpo de mini-turbina y un generador electro-magnético de la mini-turbina.

20 La mini-turbina 100 comprende varios elementos, que se ilustran en las figuras 1 y 2. Una primera pieza 110 aerodinámica, comprende dos cuerpos 12, 14 y está dispuesta a lo largo de un eje de giro 1. El cuerpo de entrada 12 se dispone en la parte delantera del eje de giro 1, mientras que el cuerpo de salida 14 se dispone en la parte trasera del eje de giro 1. El cuerpo de salida 14 reduce su sección a medida que se aleja del eje de giro 1, hasta terminar prácticamente en una punta. De ahí la definición de la primera pieza 110 formada por los cuerpos 12, 14 como "aerodinámica". La forma exterior redondeada del cuerpo de entrada 12 también dota a la primera pieza 110 de carácter aerodinámico. El eje de giro 1 está montado en dos rodamientos 2 (un rodamiento 2 está en un extremo del eje de giro 1 en el que se encuentra el cuerpo de entrada 12, y otro rodamiento 2 está en el extremo opuesto del eje de giro 1, en el que se encuentra el cuerpo de salida 14). Conectado a cada rodamiento 2 se encuentra una pieza 4 de empuje y alineamiento; la pieza 4 de empuje y alineamiento es ajustada mediante la rosca de empuje 3; la rosca de empuje 3 es colocada posteriormente a las piezas 4 de empuje y alineamiento a ambos lados del eje de giro 1 y es accesible al desmontar el cuerpo de entrada 12 y el cuerpo de salida 14. Los rodamientos 2 permiten un giro del rotor 130, es decir, del eje de giro 1 respecto de sus puntos de apoyo, al ser arrastrado el rotor 130 por el flujo de fluido que atraviesa la mini-turbina 100. Las roscas de empuje 3 y las piezas de empuje y alineamiento 4 permiten que los puntos de apoyo del eje de giro soporten un empuje axial ejercido sobre ellos por el flujo incidente sobre el rotor 130. Las piezas de empuje y alineamiento 4 también permiten un alineamiento del rotor 130, a través del eje de giro 1, con la góndola, o segunda pieza aerodinámica 120.

35 La segunda pieza 120 aerodinámica (góndola o carenado) de la mini-turbina 100 comprende un primer cuerpo 11 delantero y un segundo cuerpo 13 trasero. La segunda pieza 120 tiene forma sustancialmente cilíndrica, abierta en sus extremos para permitir una entrada y salida de fluido que atraviesa la mini-turbina 100. El eje longitudinal de la segunda pieza 120 coincide con el eje de giro 1. El segundo cuerpo 13 trasero tiene un espesor que va disminuyendo a medida que se aleja del primer cuerpo 11 delantero, de forma que el extremo trasero del segundo cuerpo 13 trasero (el extremo más alejado del primer cuerpo 11 delantero) es muy afilado. Es decir, en su extremo posterior, el segundo cuerpo 13 trasero reduce su espesor de forma que el extremo de la superficie interna se une al extremo de la superficie externa, conformando por tanto un conducto que aumenta de sección transversal en el sentido del flujo, es decir, que conforma un conducto divergente. De ahí la definición de la pieza 120 formada por los cuerpos 11, 13 como "aerodinámica". La forma exterior redondeada del primer cuerpo 11 delantero también dota a la pieza 120 de carácter aerodinámico.

45 La mini-turbina 100 comprende una serie de elementos portantes que constituyen, junto con el eje de giro 1, los componentes resistentes de la mini-turbina 100. Estos elementos portantes conforman un bloque que sirve para conectar otros componentes de la mini-turbina 100. Los elementos que conforman el bloque son los siguientes: unos elementos de conexión 10, en forma de disco, montados sobre unas carcasas 9, de forma sustancialmente cilíndrica. Las carcasas 9, dispuestas una a continuación de la otra en dirección axial, alojan entre ellas el circuito impreso PCB 15. Unos elementos auxiliares colaboran con los elementos de conexión 10 y las carcasas 9 para mantener la cohesión del paquete. Estos elementos auxiliares son unas abrazaderas 16 que ejercen una compresión axial entre los elementos de conexión 10 para asegurar la compacidad del paquete en el que las carcasas 9 están comprimidas por los elementos de conexión 10 gracias a la acción de las abrazaderas 16. Otros elementos auxiliares, los pasadores de alineamiento 8, ayudan en la correcta colocación de los elementos para el posterior aseguramiento de unos con otros gracias a las abrazaderas 16. Es decir, que las abrazaderas 16 dotan al bastidor de rigidez axial y los pasadores de alineamiento 8 permiten un montaje con alineamiento axial de diferentes componentes del bastidor.

Puede decirse que estos elementos portantes que comprenden los elementos de conexión 10, las carcasas 9, las abrazaderas 16 y los pasadores de alineamiento 8 constituyen el núcleo central de la segunda pieza

ES 2 667 562 A1

aerodinámica 120, puesto que están ubicados en la parte de la mini-turbina 100 que rodea al rotor 130. De hecho, como puede verse en las figuras 1, 5A, 5B y 31A, el contorno de los elementos de conexión 10, las carcasas 9, las abrazaderas 16 y los pasadores de alineamiento 8 está expuesto a la corriente de fluido donde está instalada la mini-turbina 100 (las abrazaderas 16 y los pasadores de alineamiento 8 en la superficie exterior de la segunda pieza aerodinámica 120).

Dentro del bloque portante, las carcasas 9 unen o ensamblan la primera pieza aerodinámica 110 con la segunda pieza aerodinámica 120. Las carcasas 9 establecen, de esta manera, la relación entre la primera pieza 110 y la segunda pieza 120, que se mantienen fijas entre sí mediante los elementos de conexión 10.

Por otro lado, los elementos de conexión 10, por una cara enfrentada a las carcasas 9 están fijados a las carcasas 9. Por la cara opuesta, el elemento de conexión 10 colocado hacia la entrada de la mini-turbina 100 comprende medios de fijación para soportar el primer cuerpo 110 mientras que el elemento de conexión 10 colocado hacia la salida de la mini-turbina 100 comprende medios de fijación para soportar el segundo cuerpo 13.

Asimismo, la carcasa 9 colocada hacia la entrada de la mini-turbina 100 comprende, en la zona central correspondiente al eje de giro 1, medios de fijación para soportar el cuerpo de entrada 10 mientras que la carcasa 9 colocada hacia la salida de la mini-turbina 100 comprende, en la zona central correspondiente al eje de giro 1, medios de fijación para soportar el cuerpo de salida 12.

Los elementos anteriores forman el cuerpo de la mini-turbina 100. La mini-turbina 100 comprende también un generador. El generador comprende una pluralidad de imanes 6 y un circuito impreso o PCB 15, ilustrados en las figuras 1, 6A y 6B. En una posible realización, no limitativa, el generador comprende 64 imanes 6. Sobre el circuito impreso o PCB 15 se integran o implementan unas bobinas 15' configuradas para conducir electricidad. Las bobinas 15' son preferentemente de cobre. El cobre es el mejor material a utilizar, por sus buenas características para recolectar campo magnético y su uso habitual en la fabricación. No obstante, también se podría usar otro material como la plata, que es mejor conductor eléctrico, pero más difícil de fabricar. Siguiendo con la explicación del generador, los elementos que intervienen en la generación de una intensidad de corriente con origen en el giro del rotor 130 son los imanes 6, que giran al girar el rotor 130, y las bobinas 15', estáticas en el circuito impreso o PCB 15 y el aro 7 que está unido a los imanes 6.

Preferentemente, el circuito impreso o PCB 15 está posicionado equidistante entre las dos jaulas 5 (donde están albergados los imanes 6) en las inmediaciones del campo magnético. La corriente eléctrica inducida en el PCB 15, en concreto en las bobinas 15', generada por el movimiento del rotor 130, puede aprovecharse para diversos usos, como la alimentación de dispositivos de comunicación inalámbrica, sensores de temperatura etc.

Una vez vista la configuración básica del generador, se procede a continuación a detallar la configuración básica de la mini-turbina 100. El funcionamiento de la mini-turbina 100 se basa en aprovechar el movimiento rotatorio del rotor 130 para provocar un campo magnético variable. En concreto, en el funcionamiento de la mini-turbina 100, cuando el rotor 130 está girando, se produce el movimiento rotatorio de los anillos portaimanes 140 puesto que los anillos portaimanes 140 están dispuestos en la periferia del rotor 130 como puede verse en la figura 1. Al rotar los anillos portaimanes 140 se provoca un campo magnético variable. El campo magnético generado es variable porque los anillos portaimanes 140 llevan dispuestos, en su parte más periférica, es decir, en su parte más alejada del eje 1, los imanes 6 del generador. Estos imanes 6 describen un movimiento circular al formar parte del rotor 130 que es girado por el flujo de un fluido que atraviesa la mini-turbina 100 (el fluido puede ser un gas, que puede ser el de suministro de una vivienda o el aire de un conducto de aire acondicionado). La existencia de un campo electromagnético variable induce una corriente eléctrica en las bobinas 15' dispuestas en el circuito impreso PCB 15 del estator. Como se ha indicado anteriormente, el circuito impreso PCB 15 está posicionado equidistante entre los anillos portaimanes 140 en las inmediaciones del campo magnético.

Para conseguir maximizar la energía generada es necesario minimizar las pérdidas que pueden ser producidas por varias vías: (i) rozamiento provocado por movimiento relativo entre elementos, (ii) reluctancia en el circuito magnético provocada por la masa de aire entre los imanes 6 y las bobinas 15' y (iii) corrientes de Foucault (o parásitas) que pueden afectar negativamente a la intensidad eléctrica generada en las bobinas 15'. La estructura de la mini-turbina 100 busca el mejor equilibrio entre la maximización de la energía generada y la viabilidad en términos de fabricación, montaje e instalación de la mini-turbina 100.

A continuación, se describe en detalle el generador electro-magnético de la mini-turbina 100, de acuerdo con una posible implementación de la invención. El generador electro-magnético comprende los siguientes elementos principales: dos anillos portaimanes 140 respectivamente, configurados para generar un flujo/campo magnético variable y un circuito impreso (PCB) 15 que tiene una pluralidad de bobinas 15', preferentemente de cobre, configuradas para generar una corriente eléctrica inducida por el campo magnético variable. Las figuras 6A y 6B muestran varios de estos componentes.

Como se ha indicado, los anillos portaimanes 140, son solidarios al rotor 130, conforman una corona circular en la periferia del rotor 130, y albergan una pluralidad de imanes 6 que, al girar, generan un flujo magnético variable sobre el estator donde está colocado el circuito impreso PCB 15. La disposición de los imanes 6 se expone a continuación y también se muestra en las figuras 7A y 7B:

- Los imanes 6 en gris claro y gris oscuro tienen polaridad opuesta para generar un flujo magnético alterno al girar.

ES 2 667 562 A1

- Los imanes 6 enfrentados en los dos anillos portaimanes 140, tienen la misma polaridad para no anular el campo magnético en el centro.

Los anillos portaimanes 140 comprenden tres elementos: imanes 6, jaulas 5 y aros 7. En las figuras 7A y 7B se muestra parte de la estructura de los anillos portaimanes 140 respectivamente: en gris claro y gris oscuro se representan los imanes 6, las jaulas 5, y los aros 7.

El aro 7 está configurado para asegurar la permanencia de los imanes 6 en sus cavidades de las jaulas 5, lo que resulta muy importante a velocidades de rotación elevadas, del orden de 10.000rpm, manteniendo por otro lado un fácil desmontaje/montaje en caso de requerir el cambio de imanes 6.

Se ha diseñado un prototipo de la mini-turbina 100 con las siguientes características:

10 Las jaulas 5 tienen un diámetro exterior D_e de 27.7mm, un diámetro interior D_i de 22.7mm, un espesor e de 1mm y tienen 32 alojamientos de 2mm de diámetro de alojamiento D_a . La mini-turbina 100 tiene un diámetro máximo exterior D de 32mm. Los alojamientos están distribuidos de manera equidistante, y situados en el diámetro medio de los anillos portaimanes 140.

15 La mini-turbina 100 comprende un total de 32 imanes 6 (por tanto 16 polos) que pueden ser de NdFeB (grado 50H) por cada jaula 5. Los imanes 6 tienen forma cilíndrica o de disco. Los imanes 6 tienen un diámetro magnético D_m inferior a 8mm, preferentemente inferior a 6mm, más preferentemente inferior a 4mm. En el prototipo de la invención, su diámetro es de 2mm. En cuanto a la longitud, los imanes tienen una longitud menor de 4mm, preferentemente menor de 3mm, más preferentemente menor de 2mm y todavía más preferentemente menor de 1,4mm. Según una posible realización, la longitud de los imanes es de 1mm.

20 Aunque con imanes de mayor longitud (2mm) se genera un campo magnético mayor y, por tanto, un flujo eléctrico mayor también en las bobinas 15', aumentar la longitud total de la mini-turbina 100 puede provocar problemas en la rigidez de la misma. La realización descrita busca el equilibrio entre el tamaño de los imanes 6 y la generación de campo magnético.

25 Las jaulas 5, son el elemento mecánico de los anillos portaimanes 140 que comprende un disco con orificios para albergar los imanes 6. Las jaulas 5 respectivamente, deben ser de material no magnético para que no haya pérdidas magnéticas por histéresis y corrientes inducidas, es decir, por corrientes de Foucault. Aunque un material magnético puede aportar valor cuando se quiere direccionar el campo de una manera específica, en el caso de la invención, son los imanes 6 junto con el aro 7 los encargados de encauzar dicho flujo magnético en la dirección axial de la mini-turbina 100. La figura 8A muestra el efecto del aro 7 sobre el campo magnético frente a una realización sin aro ilustrada en la figura 8B.

30 En el circuito impreso PCB 15:

- La geometría global del circuito impreso PCB 15 está condicionada por el diseño global de la mini-turbina 100.

- El circuito impreso PCB 15 puede comprender dos materiales: un aislante (FR4) y un conductor (Cu).

35 - La generación de energía eléctrica depende del diseño del circuito impreso PCB 15: espesor de los materiales, tanto del material aislante como del material conductor, espaciado entre bobinas 15', estructura/disposición/forma de las bobinas 15', tipo de conexión entre las bobinas 15' para conformar un circuito monofásico o un circuito trifásico.

40 - Las dimensiones del circuito impreso PCB 15 se definen con el objetivo de lograr la integración de la parte mecánica con el circuito impreso PCB 15, además de obtener la máxima energía posible del campo electromagnético generado por los anillos portaimanes 140.

45 El número de bobinas 15' en cada una de las caras del circuito impreso PCB 15 queda definido por el número de imanes 6 según la relación 3 a 2 (3 fases, 2 polos magnéticos), por lo que el número total de bobinas en cada una de las caras en una realización de la invención será 48. Las figuras 9A y 9B representan las fases con círculos vacíos y los polos magnéticos con círculos sólidos. La figura 9A muestra la relación 3 a 2 (3 fases, 2 polos magnéticos). La figura 9B muestra un sector de la mini-turbina 100 que ilustra una pluralidad de fases y de polos magnéticos. La figura 9C muestra las tres fases generadas.

50 Conforme a una realización de la invención, el generador es monofásico. El generador monofásico comprende bobinas 15' serpenteantes como las ilustradas en la figura 10B. Las bobinas 15' están conectadas en serie entre sí y los dos lados del generador se conectan en el exterior, que hacen de este diseño más fácil y barato de fabricar. Las figuras 10A y 10B muestran, respectivamente, un generador monofásico y un detalle de la representación de la bobina 15' serpenteante.

55 Conforme a otra realización de la invención, el generador es trifásico. El generador trifásico contiene bobinas 15' cuadradas espirales que hacen esta configuración más compleja pero mucho más eficiente. Las bobinas 15' están conectadas en serie en la misma cara y en paralelo con las de la otra cara del generador. Además, las bobinas 15' se conectan de tres en tres para obtener las tres fases de la señal. Las figuras 11A y 11B muestran, respectivamente, un generador trifásico y un detalle de la conexión de las bobinas en espiral rectangular.

Respecto a la aplicabilidad del sistema, con el generador monofásico se dispone de una mini-turbina 100 más económica, aunque menos eficiente, mientras que con el generador trifásico se obtiene una mini-turbina 100 más

ES 2 667 562 A1

costosa pero más eficiente. Por lo tanto, dependiendo de la aplicación será preferible usar uno u otro (la mini-turbina de generador monofásico o la turbina de generador trifásico).

La invención también se refiere a un modelado matemático y electrónico. La modelización matemática del circuito impreso PCB 15 sirve para simular los resultados de la energía que puede generarse a través del generador de la invención. El modelado comprende:

- Un modelado matemático, que comprende a su vez un modelado del generador monofásico y un modelado del generador trifásico;
- Una simulación de la generación de energía a través del generador monofásico y una simulación de la generación de energía a través del generador trifásico.

Los dos modelados comprenden un generador (caso monofásico) y tres generadores (caso trifásico), una bobina equivalente, una resistencia equivalente y un condensador equivalente. La bobina corresponde a todas las bobinas (o inductancias) del generador (caso monofásico) o de la fase (en caso del trifásico). La resistencia viene determinada por la resistencia del conductor, en la realización elegida para el modelado, cobre. El condensador representa la capacidad que se generan entre las pistas que forman las bobinas.

Las figuras 12A y 12B muestran el modelado electrónico equivalente monofásico y trifásico, respectivamente, del generador.

A continuación, se detalla el procedimiento para la obtención de los valores de los diferentes elementos que componen el modelado.

En primer lugar, se obtienen los valores de tensión y frecuencia de los generadores para cada régimen de giro establecido.

Se realiza una simulación magnética con las configuraciones descritas en el apartado de los anillos portaimanes 140 y descripción del generador. Para ello se realiza una simulación magnética de la densidad de flujo magnético (B) en la superficie del circuito impreso PCB 15 y la fuerza electromotriz inducida en las bobinas 15'. Con esto se obtiene tanto el campo generado por los imanes 6 en base a la velocidad de giro del rotor 130 como la energía generada en las bobinas 15'. En las figuras 13A y 13B se muestran imágenes de la simulación magnética realizada: en la figura 13A se muestra una simulación de la densidad de flujo magnético (B) en la superficie del circuito impreso PCB 15 y en la figura 13B se muestra la fuerza electromotriz inducida en las bobinas 15'.

En la siguiente Tabla B se resumen los valores de tensión inducida obtenidos a partir de la simulación de una pareja de bobinas, y calculados para cada fase para diferentes velocidades de giro. El valor que se muestra es el valor rms.

	Trifásico	Monofásico
ω (rpm)	ϵ_{phase} (mV)	ϵ_{phase} (mV)
1000	245.61	34.86
2000	464.54	66.55
3000	714.51	101.42
4000	960.12	136.27
5000	1183.42	167.97

Tabla B: Resumen de los valores de tensión inducida obtenidos con simulación magnética.

A partir de las siguientes ecuaciones se obtienen los valores necesarios, tales como resistencia, capacidad e inductancia, para el modelado del generador. Para realizar los cálculos y obtener el modelado del generador es indispensable definir la longitud de conductor y material (por ejemplo, cobre) de las bobinas ya que la resistencia, la capacidad y la inductancia equivalentes son dependientes de la cantidad de conductor y del material.

La resistencia del generador se calcula con la siguiente ecuación:

$$R = \rho_c \cdot \frac{l_c}{w} \cdot \left[\frac{1}{\delta(1 - e^{-tc/\delta})} \right] \quad (1)$$

La capacidad equivalente del circuito se obtiene con la siguiente ecuación:

$$C_p = (\alpha\epsilon_{rc} + \beta\epsilon_{rs}) \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{l_c}{s} \cdot l_g \quad (2)$$

En el caso de la inductancia equivalente, su modelado es distinto dependiendo del generador utilizado, monofásico o trifásico (forma de la bobina, número de fases y tipo de conexión entre las fases).

Ecuaciones necesarias para un generador monofásico con bobinado serpenteante:

$$L_{tot} = L_{selftot} + M_{tot} \quad (3)$$

$$L_{selftot} = N \cdot L_h + (N + 1) \cdot L_d \quad (3.1)$$

ES 2 667 562 A1

$$L = 0.002 \cdot l \cdot \left\{ \ln \left[\frac{2l}{(w+t)} \right] - 1.25 + \left[\frac{(w+t)}{3l} \right] + \left(\frac{\mu}{4} \right) T \right\} \quad (3.1.1)$$

$$L = 0.002 \cdot l \cdot \left\{ \ln \left[\frac{2l}{(w+t)} \right] + 0.50049 + \left[\frac{(w+t)}{3l} \right] \right\} \quad (3.1.2)$$

$$M_{tot} = M_2 + M_5 \quad (3.2)$$

$$M_2 = \sum_{i=1}^{(N-1)/2} (2N + 2 - 4i) \cdot M_b(d, d, (2i - 1)d) \quad (3.2.1)$$

$$M_5 = \sum_{i=1}^{N-1} (-1)^i \cdot 2(N - 1) \cdot M_c(h, id) \quad (3.2.2)$$

$$M_b(l_1, l_2, s) = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot [(l_1 + l_2 + s) \ln(l_1 + l_2 + s) - (l_1 + s) \ln(l_1 + s) - (l_2 + s) \ln(l_2 + s) + s \ln s] \quad (3.2.2.1)$$

$$M_c(l, r) = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot l \cdot \left[\ln \left(\frac{l}{r} + \sqrt{1 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} \right) - \sqrt{1 + \left(\frac{r}{l} \right)^2} + \frac{r}{l} \right] \quad (3.2.2.2)$$

Ecuaciones necesarias para un generador trifásico con bobinado cuadrado:

$$L = L_1 + L_2 \pm 2M \quad (4)$$

$$M = k_c \sqrt{L_1 L_2} = \frac{n^2}{0.64 \cdot (Ax^3 + Bx^2 + Cx + D)(1.67n^2 - 5.84n + 65)} \quad (4.1)$$

$$L_1, L_2 = \frac{\mu \cdot n^2 \cdot D_{avg} \cdot C_1}{2} \cdot \left(\ln \left(\frac{C_2}{\sigma} \right) + C_3 \cdot \sigma + C_4 \cdot \sigma^2 \right) \quad (4.2)$$

$$\sigma = \frac{D_{out} - D_{in}}{D_{out} + D_{in}} = \frac{n \cdot (w+s) + w}{2 \cdot D_{out} - (n \cdot (w+s) + w)} \quad (4.2.1)$$

$$D_{avg} = \frac{D_{out} + D_{in}}{2} = D_{out} - \frac{w \cdot (n+1) + n \cdot s}{2} \quad (4.2.2)$$

$$L = 2 \cdot \left(1 + \frac{n^2}{0.64 \cdot (Ax^3 + Bx^2 + Cx + D)(1.67n^2 - 5.84n + 65)} \right) \cdot \frac{\mu \cdot n^2 \cdot (D_{out} - \frac{w \cdot (n+1) + n \cdot s}{2}) \cdot C_1}{2} \cdot \left[\ln \left(\frac{C_2}{\frac{n \cdot (w+s) + w}{2 \cdot D_{out} - (n \cdot (w+s) + w)}} \right) + C_3 \cdot \left(\frac{n \cdot (w+s)}{2 \cdot D_{out} - (n \cdot (w+s) + w)} \right) + C_4 \cdot \left(\frac{n \cdot (w+s)}{2 \cdot D_{out} - (n \cdot (w+s) + w)} \right)^2 \right] \quad (4.3)$$

Teniendo en cuenta el tamaño, el diseño mecánico y las propiedades electrónicas del generador de la invención, se pasa a obtener los resultados del modelado con el que se obtienen los resultados preliminares respecto a los reales.

Para el generador monofásico, los resultados de voltaje y análisis en frecuencia son los siguientes:

En la figura 14 se observan los valores del voltaje que se obtienen a diferentes velocidades de giro del rotor 130 mediante el modelado matemático-electrónico del generador monofásico. En la figura 14 se observa que tanto el voltaje como la frecuencia aumentan con el aumento de la velocidad de giro.

Existe la posibilidad que las bobinas 15' del generador actúen como un filtro a partir de una frecuencia o en alguna/s frecuencia/s determinada/s. Mediante el modelado puede obtenerse la frecuencia crítica para el generador monofásico, la cual se observa en la figura 15, que representa un análisis en frecuencia mediante el modelado matemático-electrónico del generador monofásico.

La frecuencia crítica se encuentra en 60MHz, que trasladándolo a velocidad de giro en rpm del rotor 130 (rpm= (f*60)/(16*3)), son 75·10⁶ rpm. Por lo tanto, el generador monofásico de la invención nunca actuará como filtro, ya que es imposible que el rotor 130 alcance esa velocidad de giro.

Para el generador trifásico, los resultados del modelado son los siguientes:

En la figura 16 se muestran los valores del voltaje que se obtienen con diferentes velocidades de giro del rotor 130 mediante el modelado matemático-electrónico del generador trifásico.

En el caso del generador trifásico la frecuencia crítica cambia, ya que el modelado y los valores de la resistencia R, capacidad C e inductancia L también varían respecto al generador monofásico.

La frecuencia crítica se encuentra para el generador trifásico en 2.5MHz, como puede verse en la figura 17, que trasladándolo a velocidad de giro en rpm del rotor 130 (rpm= (f*60)/(16*3)), sería 3.125·10⁶ rpm. Por lo tanto, el generador trifásico nunca actuará como filtro ya que es imposible que el rotor 130 alcance esa velocidad de giro.

Una vez explicado el funcionamiento del generador, se incluye a continuación un desglose de los principales componentes que conforman la turbina y las características destacadas de esos componentes en cuanto a criterios mecánicos.

(i) En primer lugar, atendiendo a las altas prestaciones que han de cumplir los elementos para soportar las condiciones de trabajo, por ejemplo, en canalizaciones de gas para uso doméstico y/o industrial. En estas instalaciones, una posible aplicación de la turbina de la invención es como medidor del consumo de gas.

Los elementos dentro de este primer grupo comprenden:

ES 2 667 562 A1

- Por un lado, el eje de giro 1, los rodamientos 2 y las piezas 3 y 4 de rosca de empuje y alineamiento: El desequilibrio del eje de giro 1 de la turbina 100 puede provocar la generación de fuerzas adicionales que se oponen al giro de los álabes.
- 5 - Por otro lado, los anillos portaimanes 140: La introducción del circuito impreso PCB 15, con forma sustancialmente de corona circular entre los dos anillos portaimanes 140, añade posibles errores de precisión en comparación al comportamiento que mostraría una pieza única cumpliendo la misma función. Por lo tanto, la estructura que comprende los dos anillos portaimanes 140 se optimiza para obtener un montaje sencillo y un conjunto robusto una vez montado y en funcionamiento (las velocidades de giro del rotor 130 pueden ser del orden de 10.000rpm).
- 10 (ii) En segundo lugar, es necesario controlar la distancia máxima óptima entre imanes 6 y bobinas 15' para evitar un aislamiento excesivo provocado por la masa de aire entre imanes 6 y bobinas 15'.
Los elementos dentro de este segundo grupo comprenden:
 - Las carcasas 9, las abrazaderas 16 y los pasadores de alineamiento 8, pues es crítico asegurar de manera precisa la distancia entre el circuito impreso PCB 15, posicionado entre las caras interiores enfrentadas de los anillos portaimanes 140, y estas caras interiores enfrentadas de los anillos portaimanes 140. Las carcasas 9, las abrazaderas 16 y los pasadores de alineamiento 8 conforman una estructura que garantiza la sujeción del circuito impreso PCB 15 manteniéndolo estático, mientras el rotor 130, que comprende el eje de giro 1, y los anillos portaimanes 140, gira respecto al estator, provocando un campo magnético variable.
 - 15 Los pasadores de alineamiento 8 se encargan de mantener el circuito impreso PCB 15 unido a las carcasas 9, mientras que las abrazaderas 16 se encargan de mantener la unión/cierre entre las carcasas 9; las carcasas 9 y las abrazaderas 16 están configuradas y fabricadas para mantener exactamente el espesor del circuito impreso PCB 15.
 - 20
 - (iii) En tercer lugar, hay que minimizar las corrientes de Foucault. Para minimizar las pérdidas por estas corrientes de Foucault, lo ideal sería que la mini-turbina 100 estuviera íntegramente construida en un material "inerte" al campo electromagnético generado. No obstante, para cumplir con otros criterios de funcionamiento, algunos componentes de la mini-turbina 100 son de materiales "no inertes" al campo electromagnético. Por ello, aquellos elementos cuyos requerimientos de funcionamiento lo permitan, son de un material plástico, que además cumple otros requisitos adicionales, más relacionados con la aplicación particular a que se destine la mini-turbina 100. En el caso concreto de la medición de gas (gas natural para el caso de uso doméstico), se emplea un material inerte a humedad y otros compuestos químicos. El material utilizado puede ser PEEK.
 - 25
 - Las PEEK son unos termoplásticos con unas características especiales. La buena resistencia mecánica del polímero semi-cristalino aromático se mantiene incluso a altas temperaturas. Además, estos materiales presentan una buena resistencia al impacto a bajas temperaturas, alta resistencia a la fatiga, poca tendencia al *creep* así como buenas propiedades de deslizamiento y al desgaste. Su resistencia a agentes químicos es también excelente. Debido a sus excelentes propiedades, las poliéter éter cetona se utilizan en aplicaciones donde se requieran solicitaciones exigentes.
 - 30
 - 35
 - Exceptuando el eje de giro 1, los rodamientos 2, los pasadores de alineamiento 8, los aros 7 de los anillos portaimanes 140, los tornillos de carenado 17 y, naturalmente los imanes 6, los elementos dentro de este tercer grupo de material inerte al campo electromagnético comprenden: la rosca de empuje 3, la pieza de alineamiento 4, las jaulas 5, las carcasas 9, las abrazaderas 16, el cuerpo de entrada 12, el primer cuerpo 11, el cuerpo de salida 14 y el segundo cuerpo 13.
 - 40
 - Tras el desglose de los componentes de la mini-turbina 100 teniendo en cuenta las diferentes funciones que desempeñan, se explica a continuación el procedimiento de fabricación de la mini-turbina 100 de acuerdo con una posible realización de la invención.
 - 45
 - El rotor 130 es la pieza más compleja de la turbina 100. Conforme a una realización de la invención, el rotor 130 se obtiene por mecanizado con una máquina de 5 ejes, para poder conformar los álabes y obtener acabados de la precisión requerida.
 - Primero se mecaniza el bloque de partida del rotor 130 por la cara frontal, es decir, el lado de entrada del fluido, y por la cara posterior, es decir, el lado de salida del fluido;
 - 50 - A continuación, se mecanizan los álabes;
 - Se realiza un falso eje para la sujeción del rotor 130 que permita la realización del ranurado periférico configurado para permitir el giro de los anillos portaimanes 140 sobre el circuito impreso PCB 15 y los alojamientos de los imanes 6 en las caras enfrentadas de los anillos portaimanes 140.
 - 55
 - La fabricación del resto de elementos inertes al campo electromagnético se realiza mediante tecnología de impresión 3D, *Selective Laser Melting* (SLM), en poliamida, debido a que aporta precisión suficiente en piezas no críticas para el funcionamiento del conjunto global. También puede efectuarse el proceso de fabricación de la mini-turbina mediante inyección de polímero con el objetivo de reducir costes y tiempo de fabricación.
 - 60
 - Una realización de la invención se ha ejecutado en poliamida, que es un material utilizado con la tecnología de fabricación SLM. No obstante, teniendo en cuenta las condiciones operativas de la mini-turbina 100, trabajando

con gas, a una temperatura y humedad determinadas, puede resultar más conveniente que las piezas sean de PEEK, dadas sus buenas propiedades mecánicas. Las piezas en PEEK pueden ser fabricadas por mecanizado de 5 ejes. Las piezas en PEEK, además de tener una estabilidad térmica muy buena, presentan unas propiedades mecánicas requeridas en las piezas críticas como la carcasa, el rotor y las jaulas.

5 Para una fabricación de grandes series, en lugar de mecanizar el plástico, se pueden obtener las piezas por inyección. En el caso de fabricación por inyección, en lugar de mecanizar el plástico, se mecaniza el molde metálico, para posteriormente inyectar material PEEK (existente para utilizar en procesos de inyección) y obtener las piezas por inyección (un proceso muy rentable para fabricación de grandes lotes).

10 Una vez descritos los métodos de fabricación de los diferentes componentes de la mini-turbina 100, se indica a continuación cómo se lleva a cabo el montaje de la mini-turbina 100, donde puede verse lo simplificado que resulta llegar a la turbina montada a partir de sus componentes:

- La unión entre las carcasas 9 y los elementos de conexión 10 se realiza por ensamblado; es decir, que las carcasas 9 y los elementos de conexión 10 comprenden forman conjugadas entre sí para permitir un acoplamiento y fijación entre ellos.

15 - Por un lado, la unión entre el primer cuerpo 11 y los elementos de conexión 10 y, por otro lado, la unión entre el segundo cuerpo 13 y los elementos de conexión 10 se realiza mediante los tornillos de carenado 17.

- La unión entre las carcasas 9 y el circuito impreso PCB 15 dispuesto entre las carcasas 9 se realiza mediante los pasadores 8 y las abrazaderas 7.

20 La mini-turbina 100 montada se ilustra en las figuras 31A y 31B. Como puede verse, el proceso de montaje de la mini-turbina 100 no requiere de conocimientos especializados ni de herramientas de manejo complicado, facilitando por tanto las operaciones del montaje de la mini-turbina 100, disminuyendo el tiempo necesario para el montaje y la cualificación requerida al operario encargado del montaje. Además, la estructura de la mini-turbina 100 permite cambiar fácilmente el generador, de modo que operaciones de reparación, mantenimiento o modificación (por ejemplo, cambiar de generador monofásico a trifásico y viceversa) están contempladas en la estructura de la mini-turbina 100 para que tales tareas puedan ser realizadas sin necesidad de complicadas operaciones auxiliares.

25 En una realización particular de la invención, la mini-turbina 100 tiene un diámetro máximo exterior D de 32mm.

La configuración de los componentes de la mini-turbina 100 permite alcanzar velocidades de giro en el rotor 130 de 50.000rpm.

30 En cuanto al generador monofásico, la fabricación se realiza mediante el mecanizado de un material 'sandwich' (Cu-FR4-Cu) mediante un láser ultra rápido de picosegundos. Este procedimiento de fabricación permite, por un lado, conseguir las tolerancias dimensionales del circuito impreso PCB 15 y, por otro lado, conseguir la configuración requerida para las bobinas 15'. La figura 10A muestra una vista del circuito impreso PCB 15 que comprende las bobinas 15'. La figura 10B es una vista en detalle de las bobinas 15'.

35 Las figuras 20 y 21 ilustran las formas de onda obtenidas en las pruebas realizadas con el generador monofásico de la invención con 5m/s y 10m/s de viento incidiendo sobre la mini-turbina. En estas figuras se observa el aumento de la tensión y de la frecuencia a la vez que aumenta la velocidad del aire incidente.

40 Para obtener la mayor cantidad de potencia a la salida debe realizarse la adaptación de impedancias. Para ello se han colocado diferentes cargas resistivas a la salida y con diferentes velocidades de viento. Los resultados se pueden observar en la gráfica de la figura 22 y se aprecia la resistencia adecuada para la obtención de la máxima potencia a la salida. En este caso es de 30Ω debido a la suma de la parte resistiva y la reactiva que componen la suma de las bobinas.

A continuación (Tabla C), se incluyen los resultados obtenidos con el generador monofásico de la invención girando con diferentes velocidades de viento incidente y con una carga de 30Ω:

Velocidad del aire (m/s)	Frecuencia (Hz)	Velocidad angular (rpm)	Vpp(mV)	Potencia (μW)
3	9090,909	11363,636	0,03568	17,633
4	11111,111	13888,889	0,03897	26,133
5	13333,333	16666,666	0,04794	40,833
6	16666,667	20833,334	0,05839	76,800
7	18181,818	22727,273	0,07069	83,333
8	20000,000	25000,000	0,06736	112,133
9	25641,025	32051,281	0,08819	140,833
10	27027,027	33783,784	0,09723	187,500

45 Tabla C: Resumen de los valores máximos de potencia obtenidos en las pruebas con generador monofásico.

ES 2 667 562 A1

Es importante conocer los resultados de potencia obtenida con otras cargas debido a que la adaptación perfecta de impedancias puede ser imposible de obtener. Por ello en la figura 23 se puede observar los diferentes valores de potencia obtenidos con diferentes cargas a diferentes velocidades de incidencia.

5 Otro aspecto a analizar es la linealidad de los resultados, tanto en potencia como en frecuencia. Se debe mantener una linealidad relativa para asegurar que los resultados son correctos, ya que un generador dependiente del viento debe ir ascendiendo linealmente su cantidad de potencia generada a la vez que sube la velocidad del viento incidente. Tanto en la figura 23 como en la 24 se pueden observar la linealidad del sistema.

10 En cuanto al generador trifásico, está fabricado como un PCB tradicional, pero con detalles de gran precisión. La poca distancia entre las pistas (50µm) la poca anchura de las pistas (80µm) y la interconexión de las 3 fases por las capas interiores hacían el proceso de fabricación de este PCB muy complejo. Este procedimiento de fabricación permite, por un lado, conseguir las tolerancias dimensionales del circuito impreso PCB 15 y, por otro lado, conseguir la configuración requerida para las bobinas 15'. La figura 11A muestra una vista del circuito impreso PCB 15 que comprende las bobinas espirales 15'. Las figuras 11B y 19 son unas vistas en detalle de estas bobinas 15'.

15 De la misma forma que con el generador monofásico, se han realizado y obtenido los datos equivalentes para el generador trifásico.

Las figuras 25 y 26 ilustran las formas de onda obtenidas en las pruebas realizadas con el generador monofásico de la invención con 5m/s y 10m/s de viento incidiendo sobre la mini-turbina. En estas figuras se observa el aumento de la tensión y de la frecuencia a la vez que aumenta la velocidad del aire incidente.

20 Como se ha expuesto anteriormente para obtener la mayor potencia a la salida debe realizarse la adaptación de impedancias. Para ello se han colocado diferentes cargas resistivas a la salida y con diferentes velocidades de viento. Los resultados se pueden observar en la gráfica de la figura 27 y se aprecia la resistencia adecuada para la obtención de la máxima potencia a la salida. En este caso es de 27 Ω debido a la suma de la parte resistiva y la reactiva que componen la suma de las bobinas.

25 A continuación (Tabla D), se incluyen los resultados obtenidos con el generador trifásico de la invención girando con diferentes velocidades de viento incidente y con una carga de 27 Ω:

Velocidad del aire (m/s)	Frecuencia (Hz)	Velocidad angular (rpm)	Vpp_1 (mV)	Vpp_2 (mV)	Vpp_3 (mV)	Potencia (mW)
3	1906,99	7151,21	1,06772	1,05902	1,06053	15,2839
4	2569,55	9635,81	1,48582	1,48626	1,50446	31,1551
5	3452,47	12946,76	1,97386	1,96996	1,98282	55,4889
6	5047,34	18927,53	2,83191	2,83440	2,85048	111,0226
7	6093,47	22850,51	3,40838	3,38208	3,44205	160,7162
8	7311,04	27416,40	4,13470	4,11370	4,16710	239,6858
9	7794,04	29227,65	4,41450	4,41650	4,42610	272,5435
10	8766,88	32875,80	4,90550	4,88260	4,94000	333,1456

Tabla D: Resumen de los valores máximos de potencia obtenidos en las pruebas con generador trifásico.

30 Los resultados para conocer la adaptación de impedancias se pueden consultar en la figura 28. Se encuentran diferentes valores de potencia obtenidos con diferentes cargas a diferentes velocidades de incidencia. En este caso al ser un generador trifásico el cálculo de la potencia se realiza con la siguiente fórmula:

$$P = \frac{3 * (V_p)^2}{2 * |Z|} \cos \varphi \xrightarrow{\varphi=1, (carga resistiva)} P = \frac{3 * (V_p)^2}{2 * |Z|}$$

La linealidad sigue siendo un aspecto importante, es independiente del tipo de generador, por lo que se han obtenido los resultados de linealidad para el generador trifásico en potencia y frecuencia. En las figuras 28 y 29 se puede observar la linealidad del sistema.

35 En la tabla E se muestra la diferencia de potencia máxima obtenida con cada uno de los generadores:

Velocidad del aire (m/s)	Potencia máx. trifásico (mW)	Potencia máx. monofásico (µW)
3	15,2839	17,633
4	31,1551	26,133
5	55,4889	40,833

ES 2 667 562 A1

6	111,0226	76,800
7	160,7162	83,333
8	239,6858	112,133
9	272,5435	140,833
10	333,1456	187,500

Tabla E: Diferencia de los valores máximos de potencia obtenidos con cada tipo de generador.

Se puede observar que los resultados obtenidos con el generador trifásico son con gran diferencia mejores. Pero esto no excluye usar el generador monofásico para aplicaciones que requieran menos energía ya que este generador es más sencillo de fabricar.

5 En este texto, la palabra “comprende” y sus variantes (como “comprendiendo”, etc.) no deben interpretarse de forma excluyente, es decir, no excluyen la posibilidad de que lo descrito incluya otros elementos, pasos etc.

10 Por otra parte, la invención no está limitada a las realizaciones concretas que se han descrito sino abarca también, por ejemplo, las variantes que pueden ser realizadas por el experto medio en la materia (por ejemplo, en cuanto a la elección de materiales, dimensiones, componentes, configuración, etc.), dentro de lo que se desprende de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Mini-turbina (100) para generar energía eléctrica a partir de la energía cinética de un fluido que atraviesa la mini-turbina (100), donde la mini-turbina (100) comprende:
- 5 un rotor (130) que comprende una pluralidad de álabes (131) entre un cubo (132) y un anillo de cierre (133);
un estator (15, 15') enfrentado al rotor (130);
donde una prolongación del anillo de cierre (133) conforma un primer anillo portaimanes (140) integrado en el anillo de cierre (133), donde el primer anillo portaimanes (140) comprende una pluralidad de imanes (6) configurados para, al girar, generar un flujo magnético variable sobre el estator (15, 15');
10 **caracterizada porque:**
los álabes (131) tienen un primer extremo integrado en el cubo (132) y un segundo extremo integrado en el anillo de cierre (133) para conformar una estructura de rotor (130) monopieza.
- 15 2. Mini-turbina (100) según la reivindicación 1 **caracterizada por que** el anillo portaimanes (140) configurado para alojar una pluralidad de imanes (6) es de plástico.
3. Mini-turbina (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1-2 **caracterizada por que** comprende una carcasa (9) configurada para situar el estator (15, 15') respecto del rotor (130), donde la carcasa (9) es de plástico.
20
4. Mini-turbina (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1-3 **caracterizada por que** comprende una segunda pieza (120) que conforma un carenado para canalizar un flujo de fluido que atraviesa la mini-turbina (100), donde la segunda pieza (120) es de plástico.
- 25 5. Mini-turbina (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1-4 **caracterizada porque** la prolongación del anillo de cierre (133) conforma un segundo anillo portaimanes (140) que comprende una pluralidad de imanes, donde dichos primer y segundos anillos portaimanes (140) están dispuestos en dos coronas circulares rotativas que tienen un diámetro interior (Di) coincidente con un diámetro exterior del rotor (130) determinado por el anillo de cierre (133); un diámetro exterior (De) mayor que el diámetro exterior del rotor (130); estando dichos primer y segundos anillos portaimanes (140) separados axialmente una distancia configurada para alojar el estator (15, 15'), donde el estator (15, 15') tiene forma de corona circular estática comprendida entre los dos anillos portaimanes (140), comprendiendo el estator (15, 15') un circuito impreso PCB (15) y una pluralidad de bobinas (15'); donde los imanes (6) y las bobinas (15') están configurados para que, durante un giro del rotor (130), una corriente eléctrica sea inducida en las bobinas (15') por los imanes (6) en movimiento.
30
35
6. Mini-turbina (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1-5 **caracterizada por que** comprende medios de fijación (8, 9) configurados para asegurar el estator (15, 15') de manera intercambiable.
- 40 7. Mini-turbina (100) según cualquiera de las reivindicaciones 5-6 **caracterizada por que** las bobinas (15') están dispuestas en una configuración seleccionada entre monofásica y trifásica.
8. Mini-turbina (100) según cualquiera de las reivindicaciones 5-7 **caracterizada por que** los anillos portaimanes (140) tienen unas dimensiones seleccionadas entre:
45 un diámetro interior (Di) menor de 40mm, preferentemente menor de 35mm y más preferentemente menor de 30mm;
un diámetro exterior (De) menor de 45mm, preferentemente menor de 40mm y más preferentemente menor de 35mm;
un espesor (e) menor de 2mm, preferentemente menor de 1,5mm y más preferentemente menor de 1,3mm;
50 una pluralidad de alojamientos de diámetro de alojamiento (Da) menor de 2,3mm, preferentemente menor de 2,2mm y más preferentemente menor de 2,1mm;
y combinaciones de las mismas.
9. Mini-turbina (100) según cualquiera de las reivindicaciones 5-8 **caracterizada por que** tiene un diámetro

ES 2 667 562 A1

máximo exterior (D) menor de 50mm, preferentemente menor de 45mm y más preferentemente menor de 40mm.

5 10. Mini-turbina (100) según las reivindicaciones 8 y 9 **caracterizada por que** los anillos portaimanes (140) tienen un diámetro interior (Di) de 22,7mm; un diámetro exterior (De) de 27,7mm; un espesor (e) de 1mm; 32 alojamientos de diámetro de alojamiento (Da) 2mm; un diámetro máximo exterior (D) de 32mm.

11. Mini-turbina (100) según cualquiera de las reivindicaciones 8-10 **caracterizada por que** los imanes (6) tienen unas dimensiones seleccionadas entre:

10 un diámetro magnético (Dm) menor de 8mm, preferentemente menor de 6mm y más preferentemente menor de 4mm;

una longitud (L) menor de 4mm, preferentemente menor de 3mm y más preferentemente menor de 2mm.

12. Mini-turbina (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1-11 **caracterizada por que** está configurada para ser instalada en conductos de gas.

15 13. Mini-turbina (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1-12 **caracterizada por que** comprende un generador seleccionado entre monofásico y trifásico.

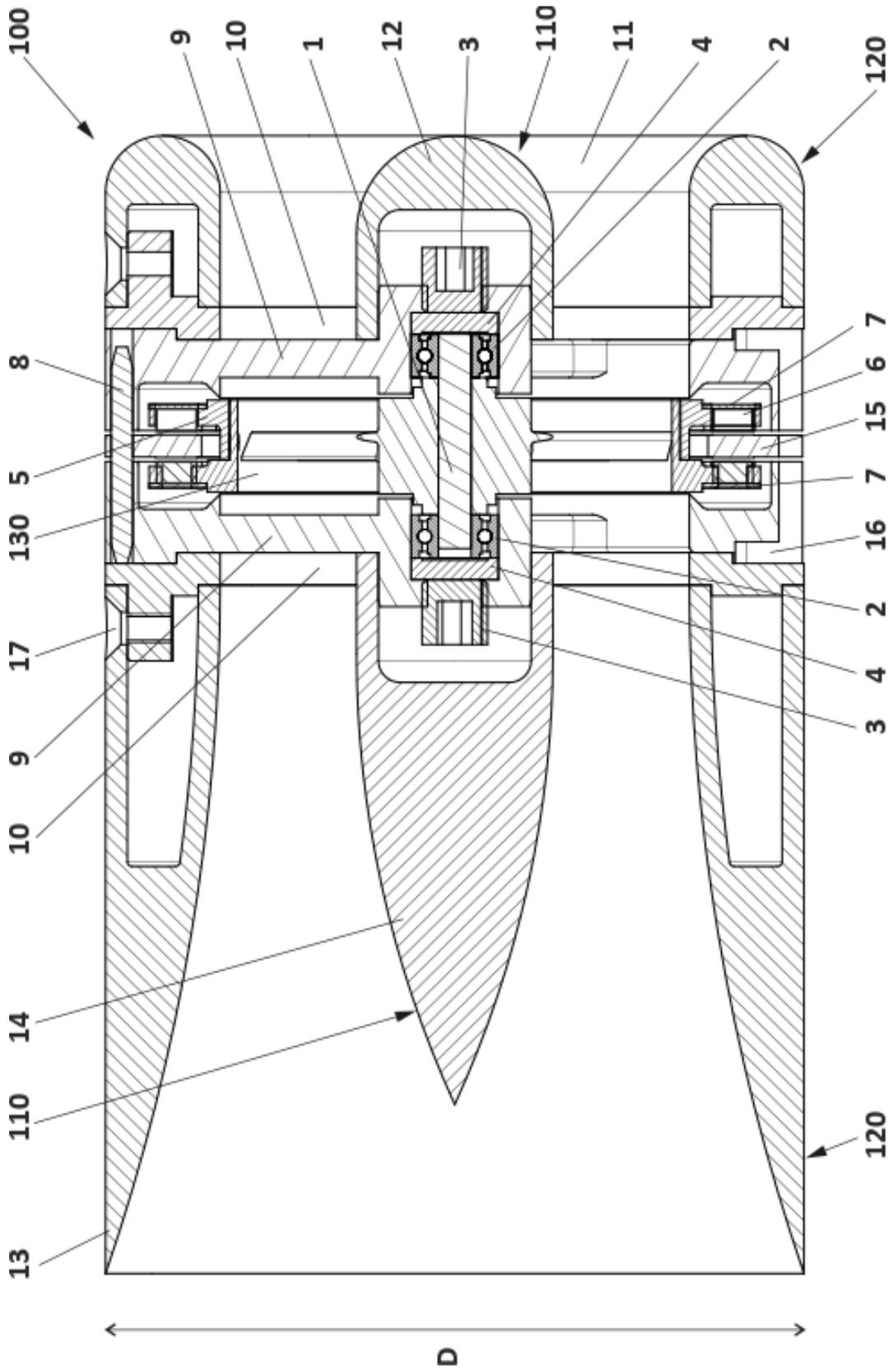


FIG. 2

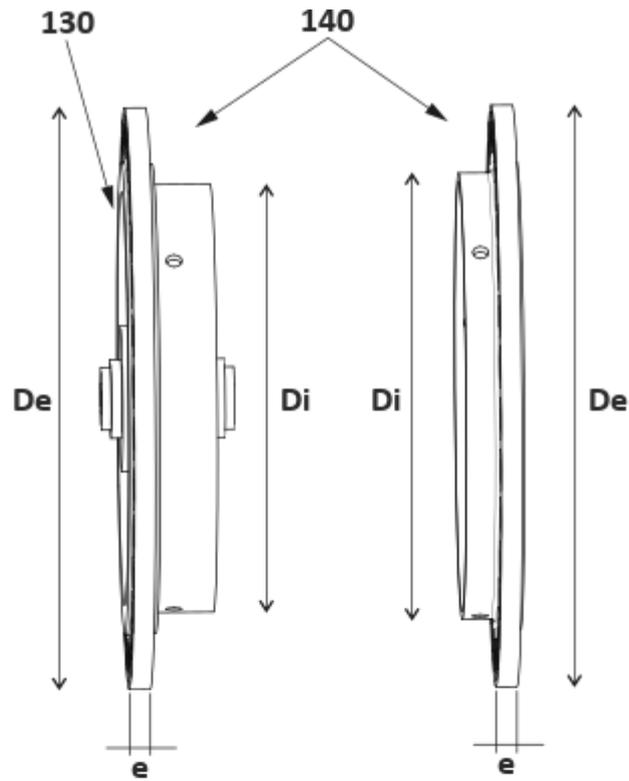


FIG. 3

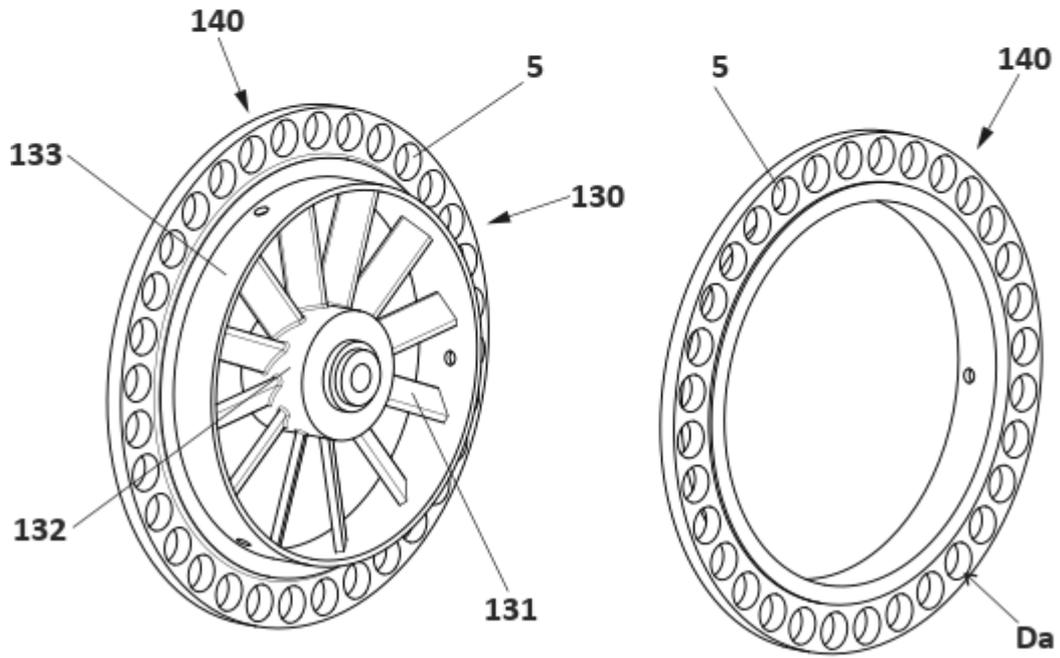


FIG. 4A

FIG. 4B

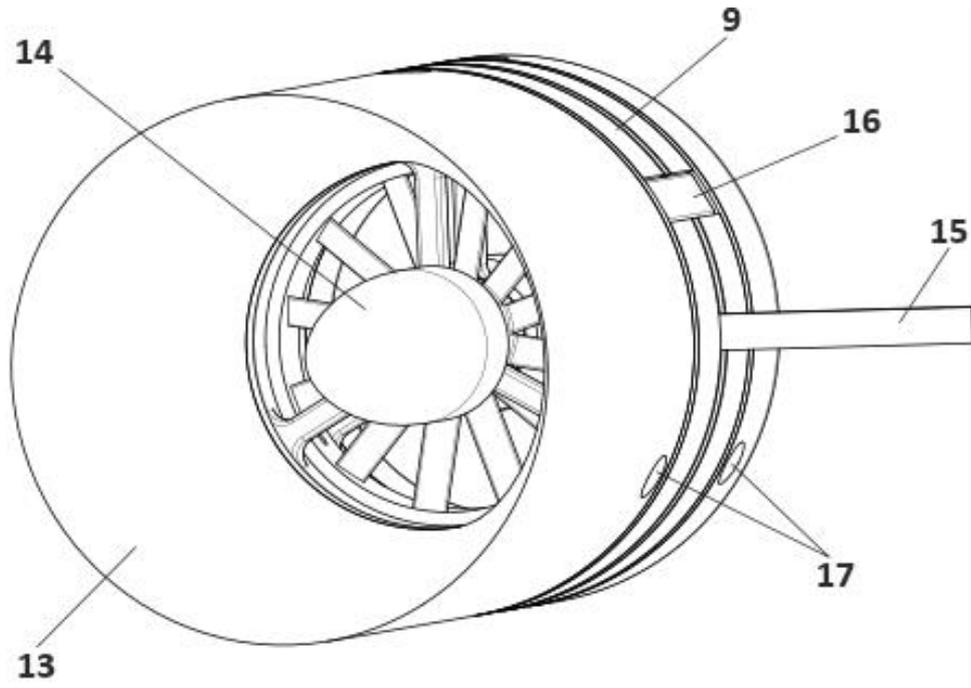


FIG. 5A

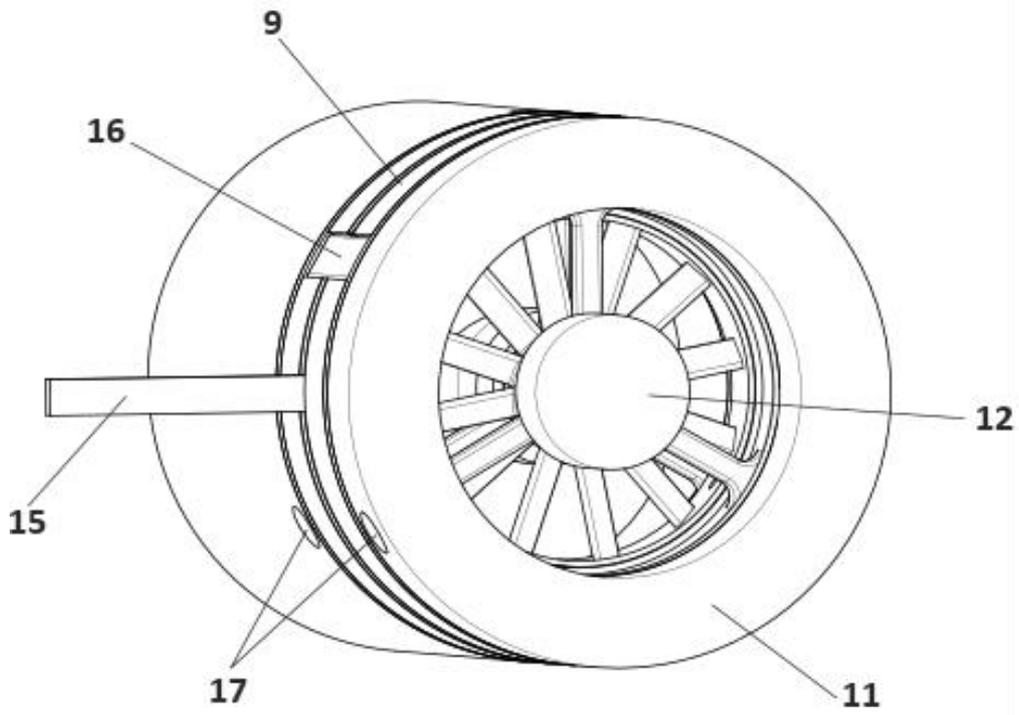


FIG. 5B

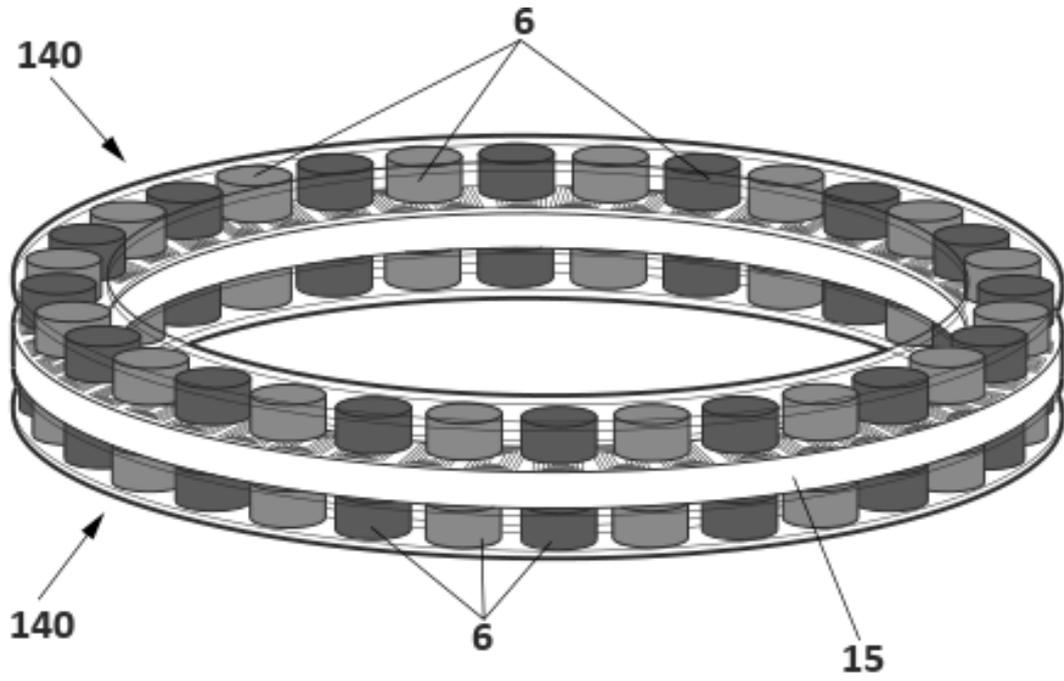


FIG. 6A

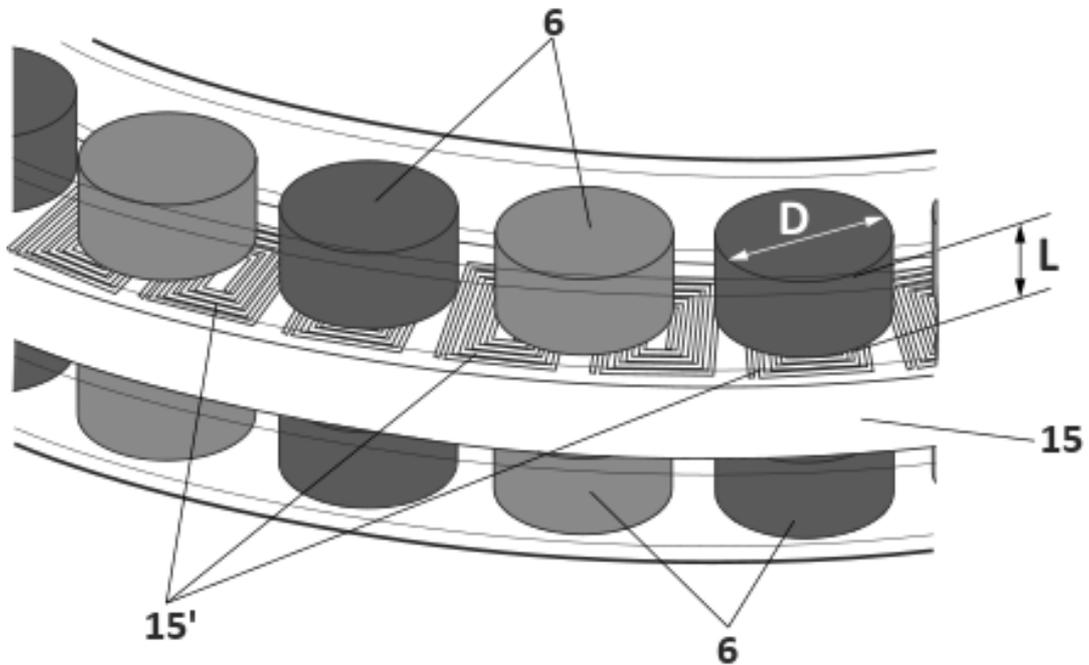


FIG. 6B

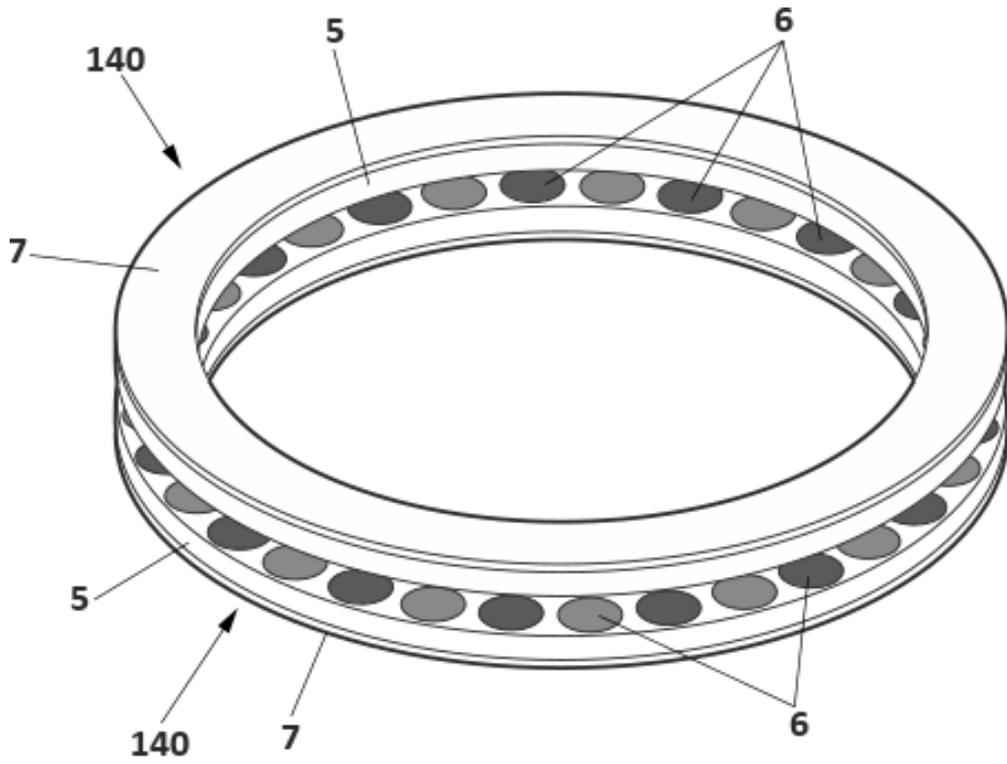


FIG. 7A

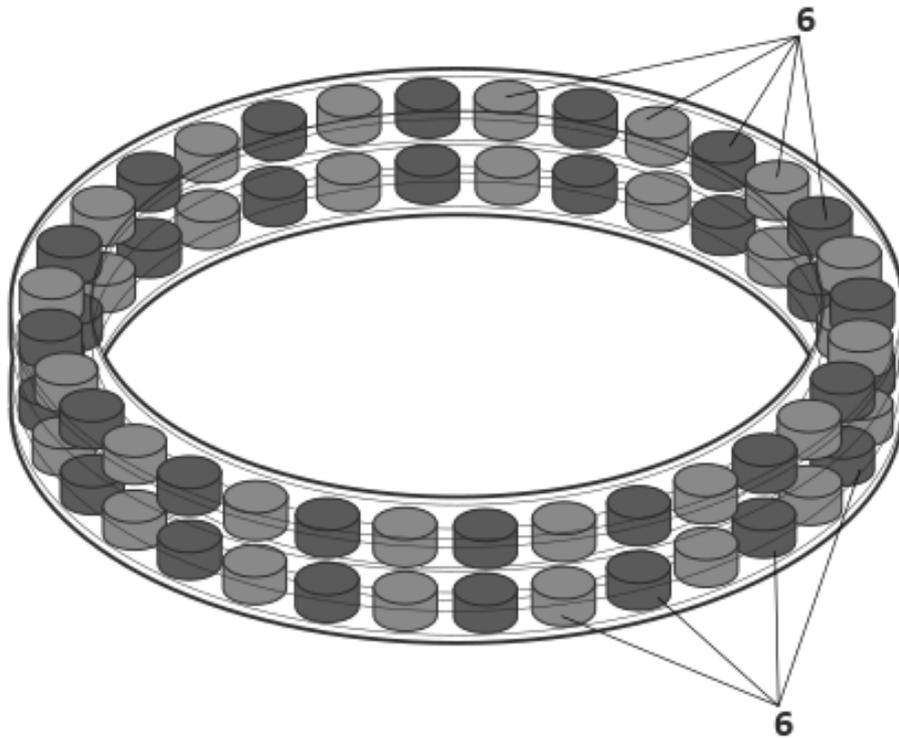


FIG. 7B

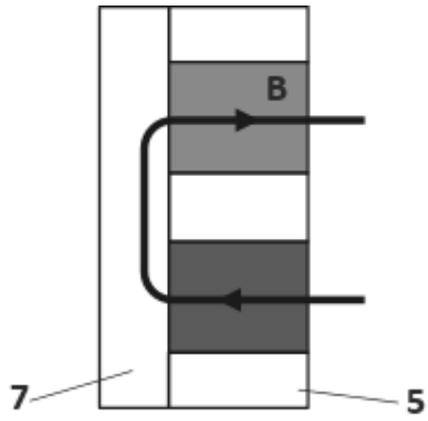


FIG. 8A

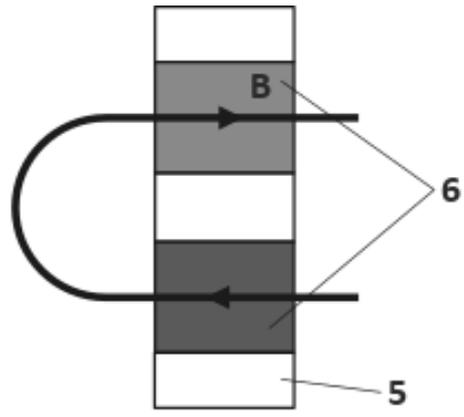


FIG. 8B

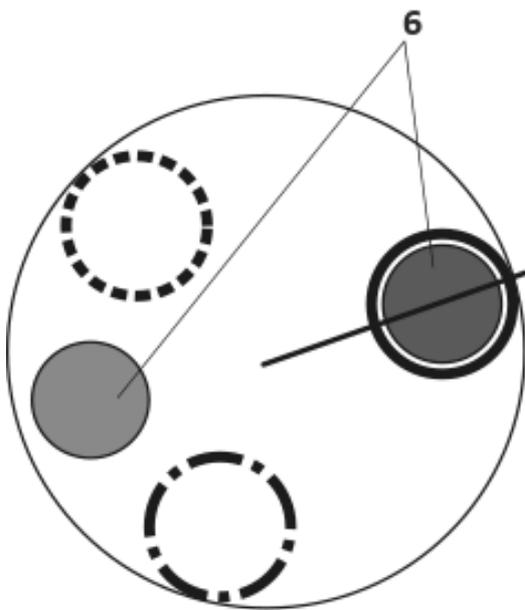


FIG. 9A

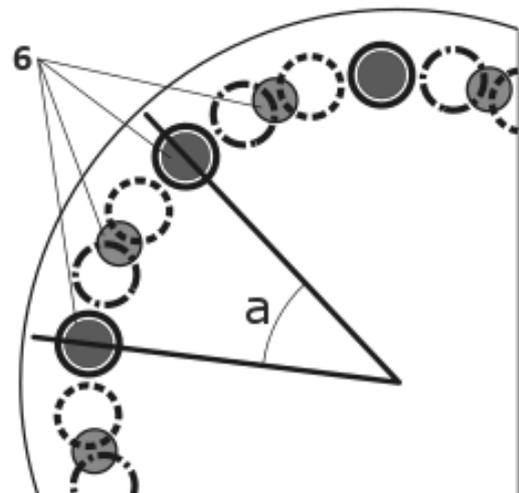


FIG. 9B

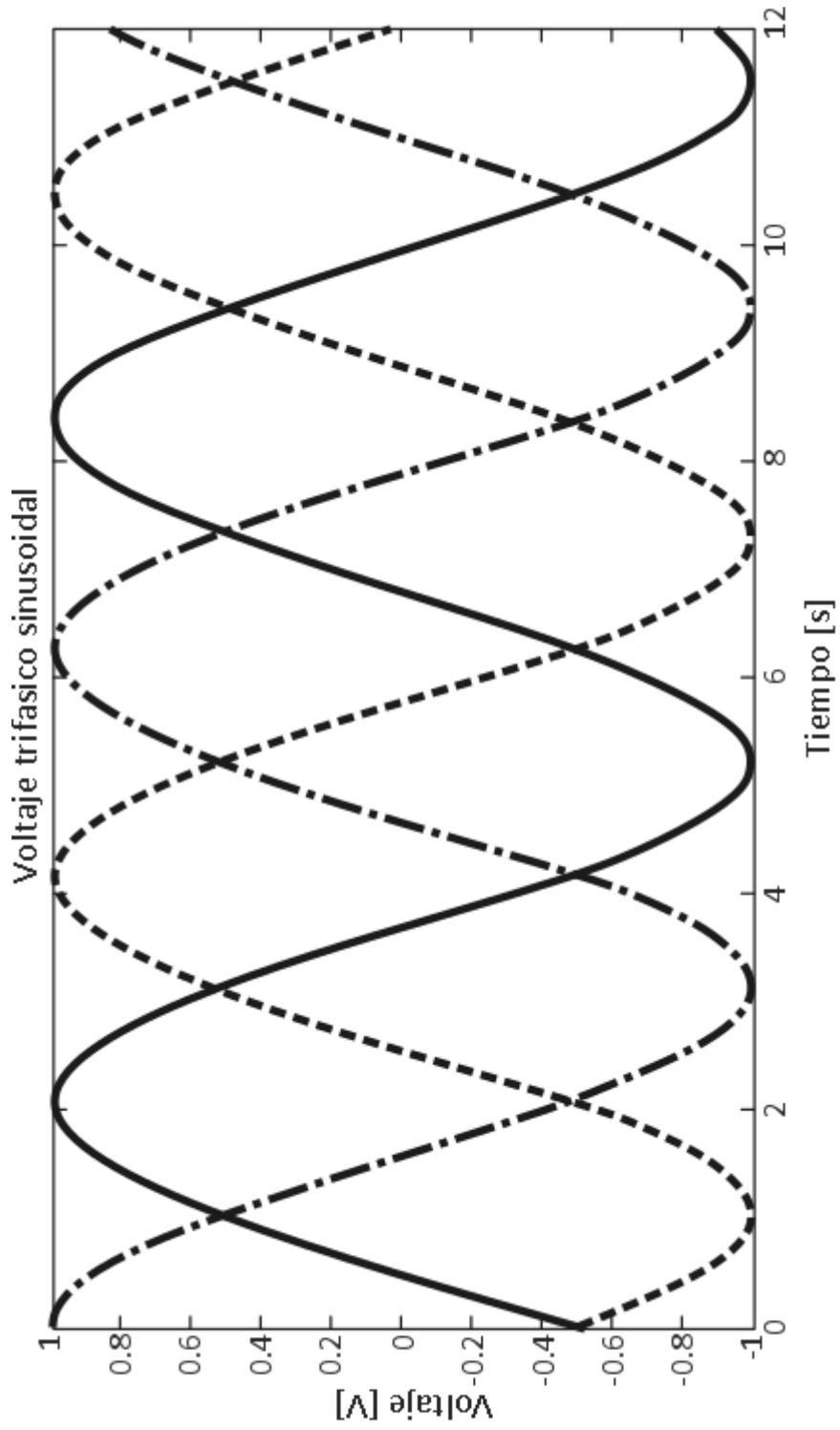


FIG. 9C

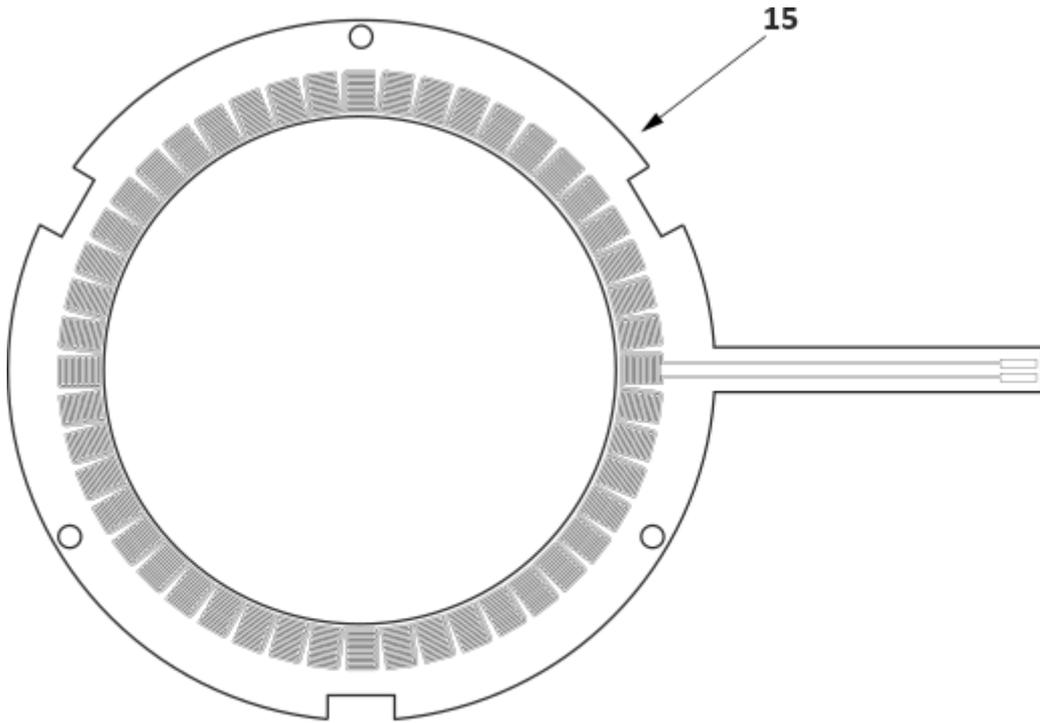


FIG. 10A



FIG. 10B

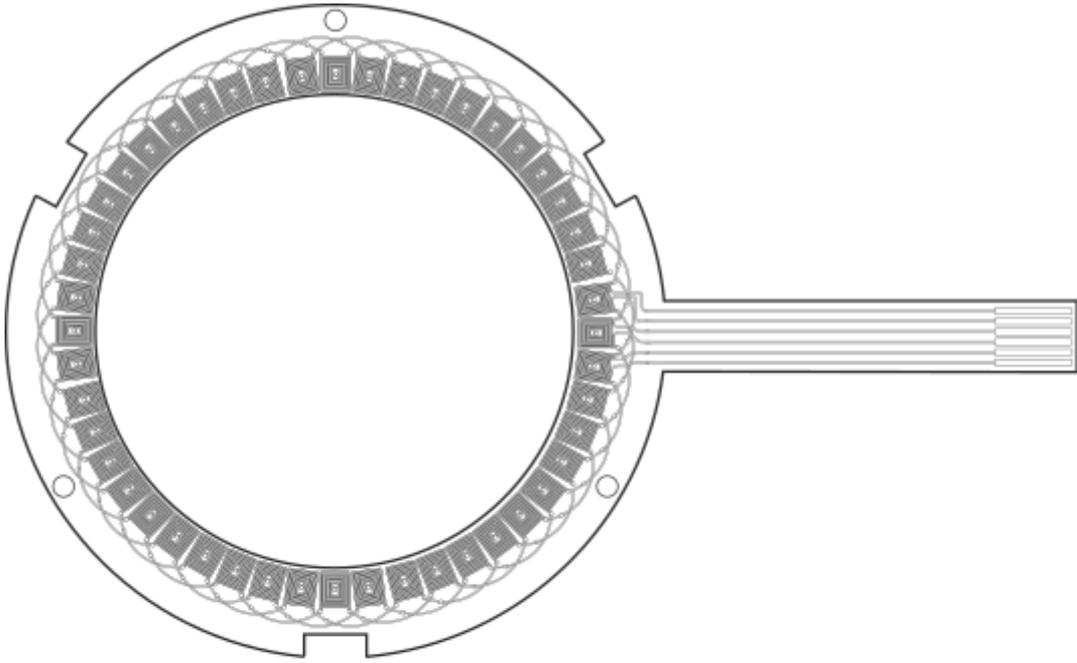


FIG. 11A

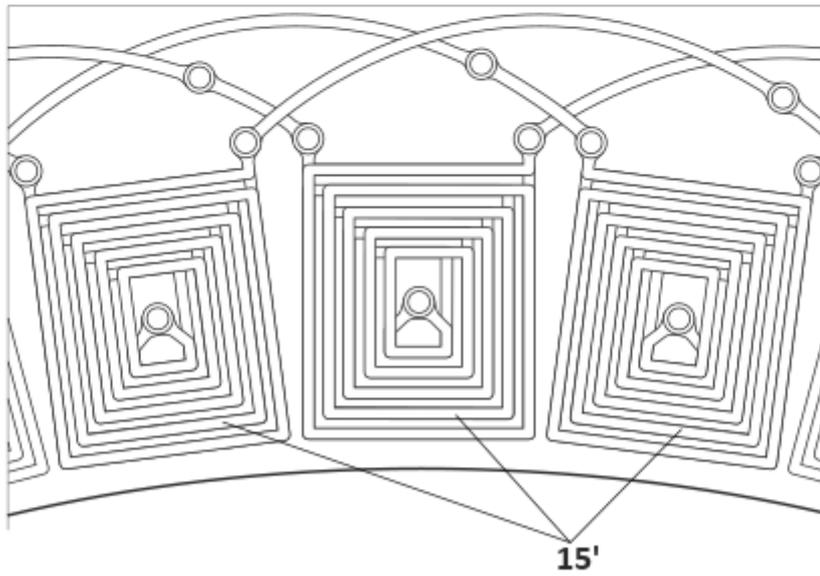


FIG. 11B

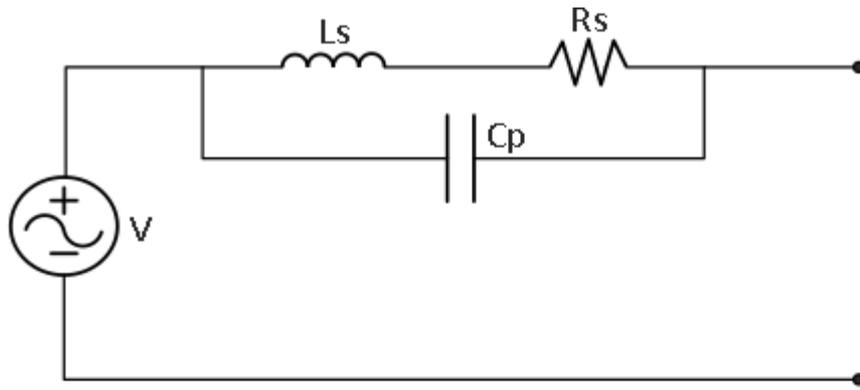


FIG. 12A

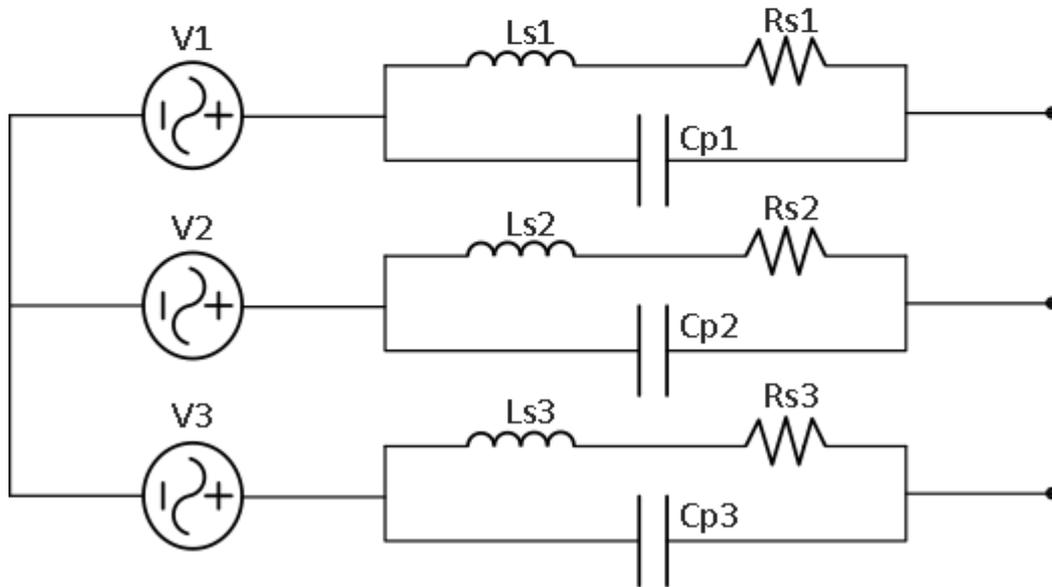


FIG. 12B

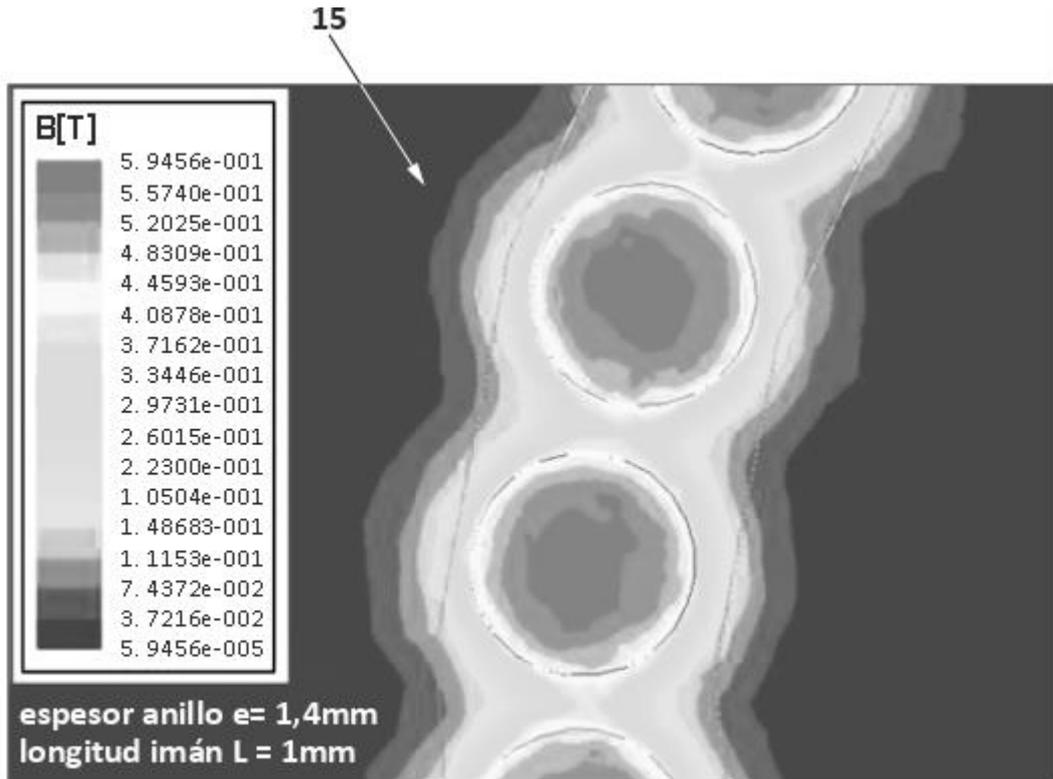


FIG. 13A

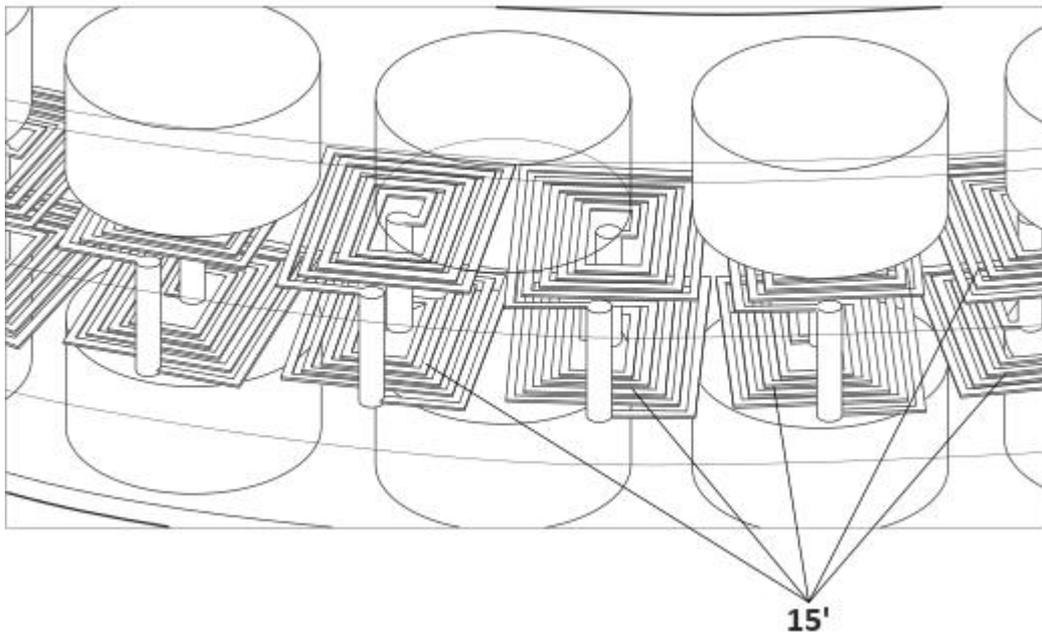


FIG. 13B

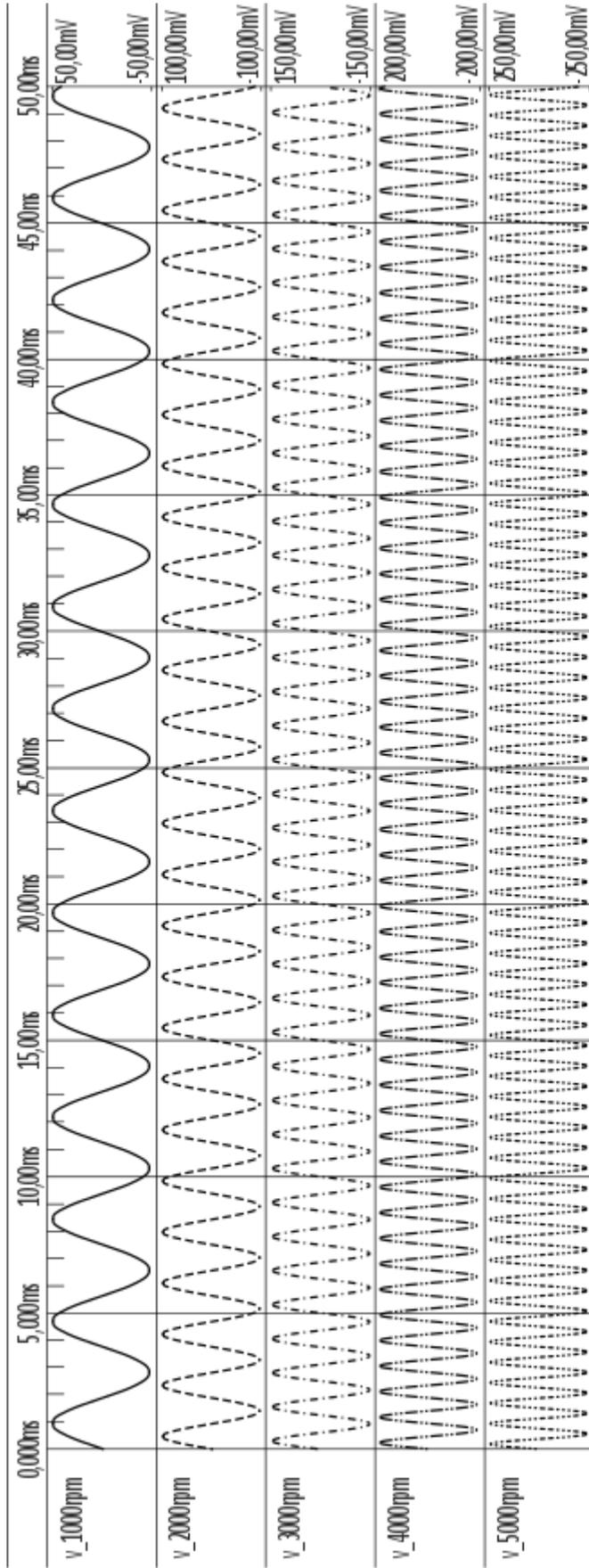


FIG. 14

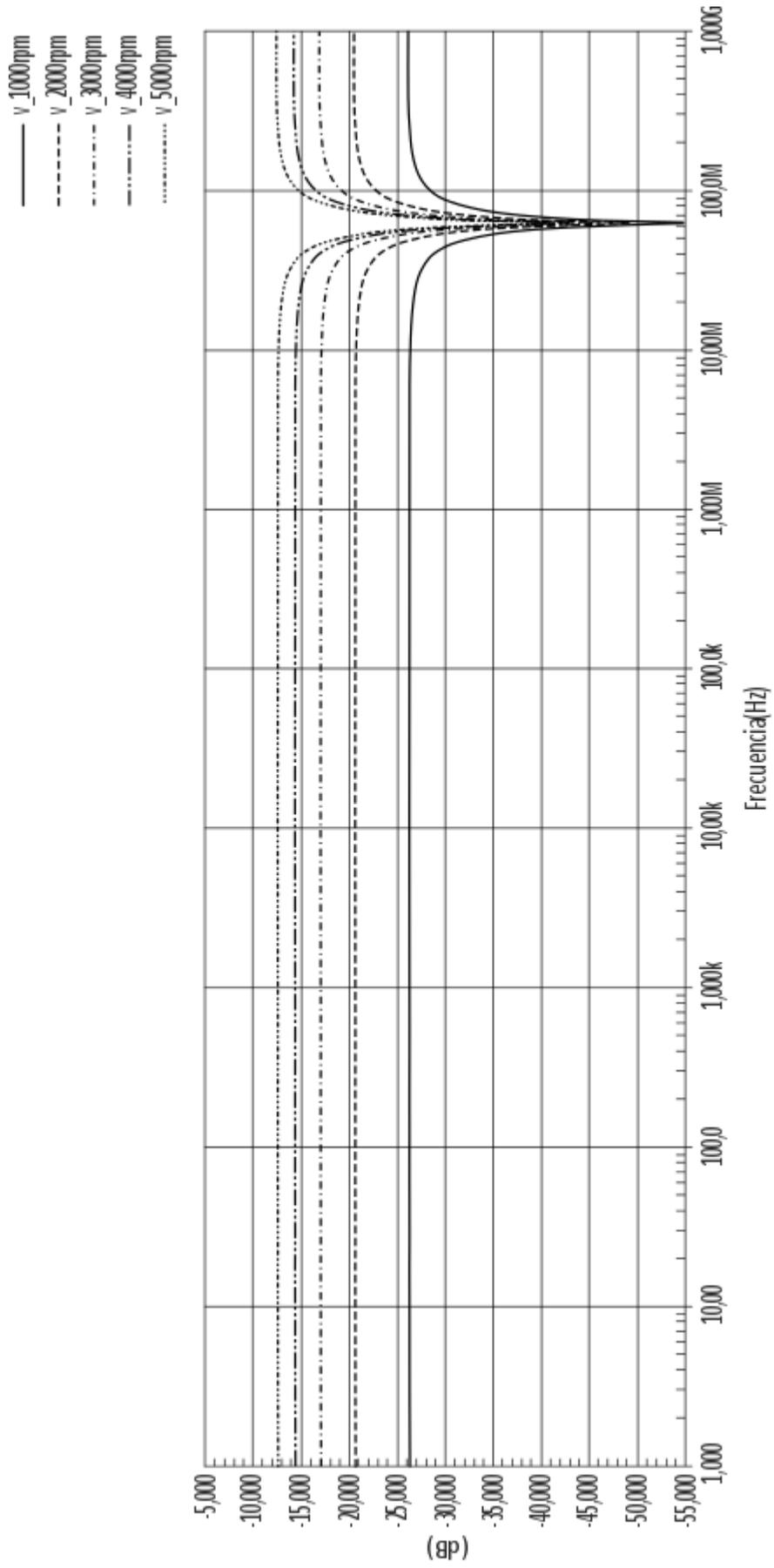


FIG. 15

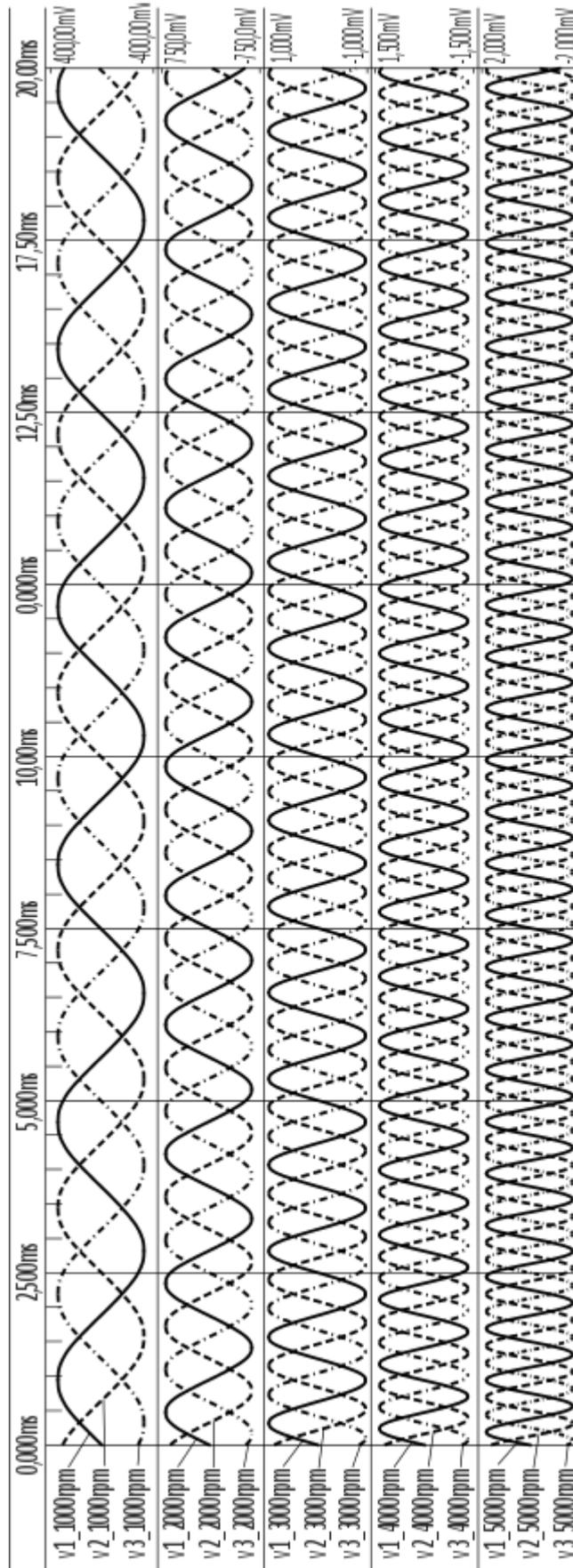


FIG. 16

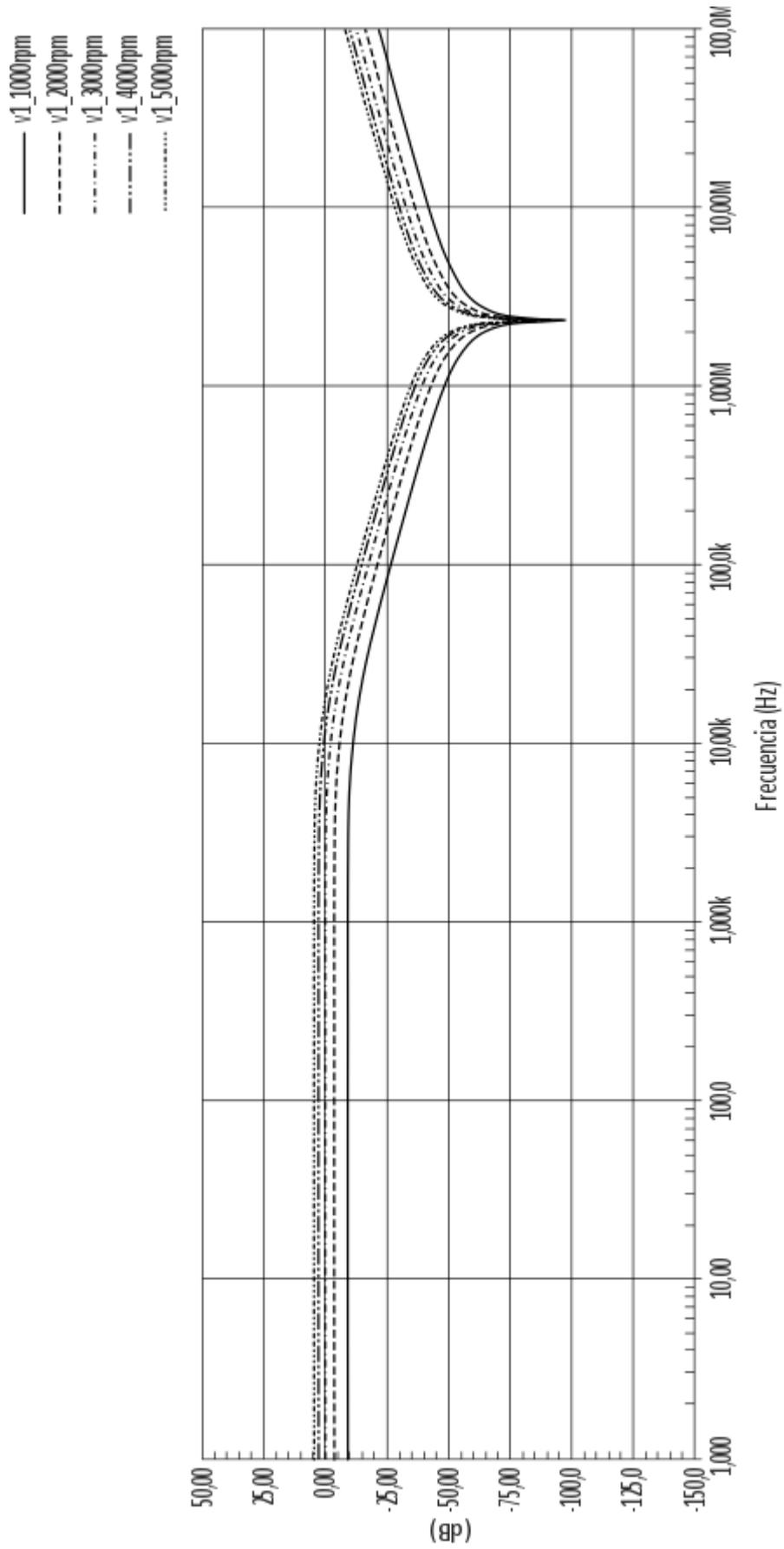


FIG. 17

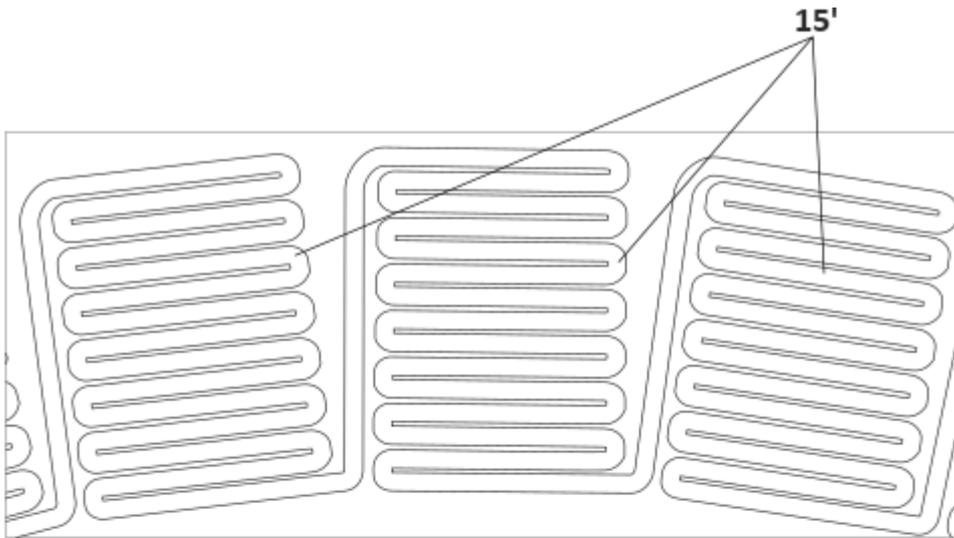


FIG. 18

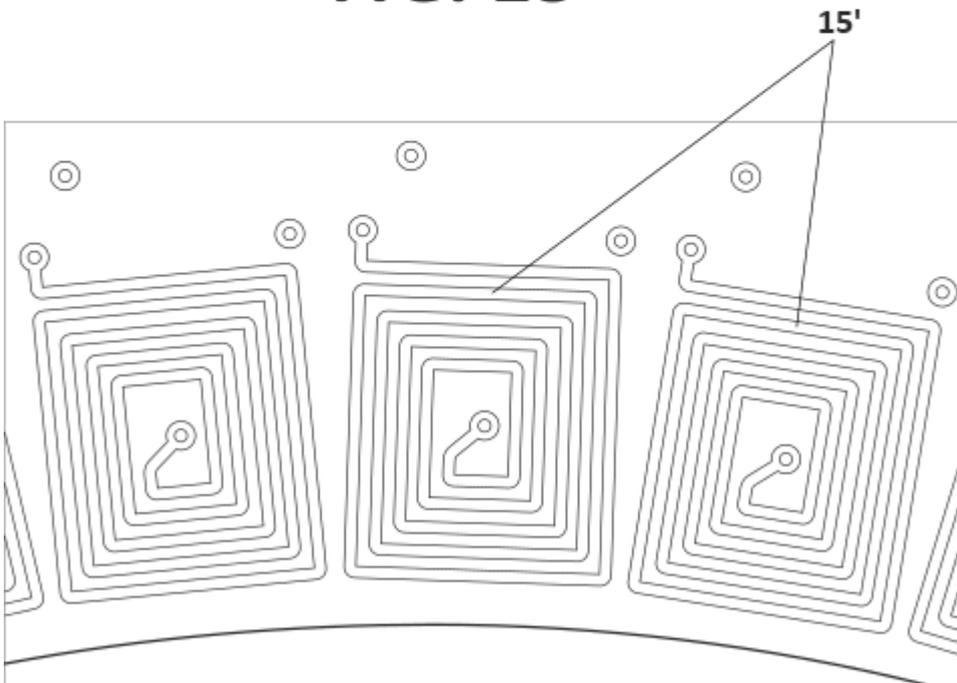


FIG. 19

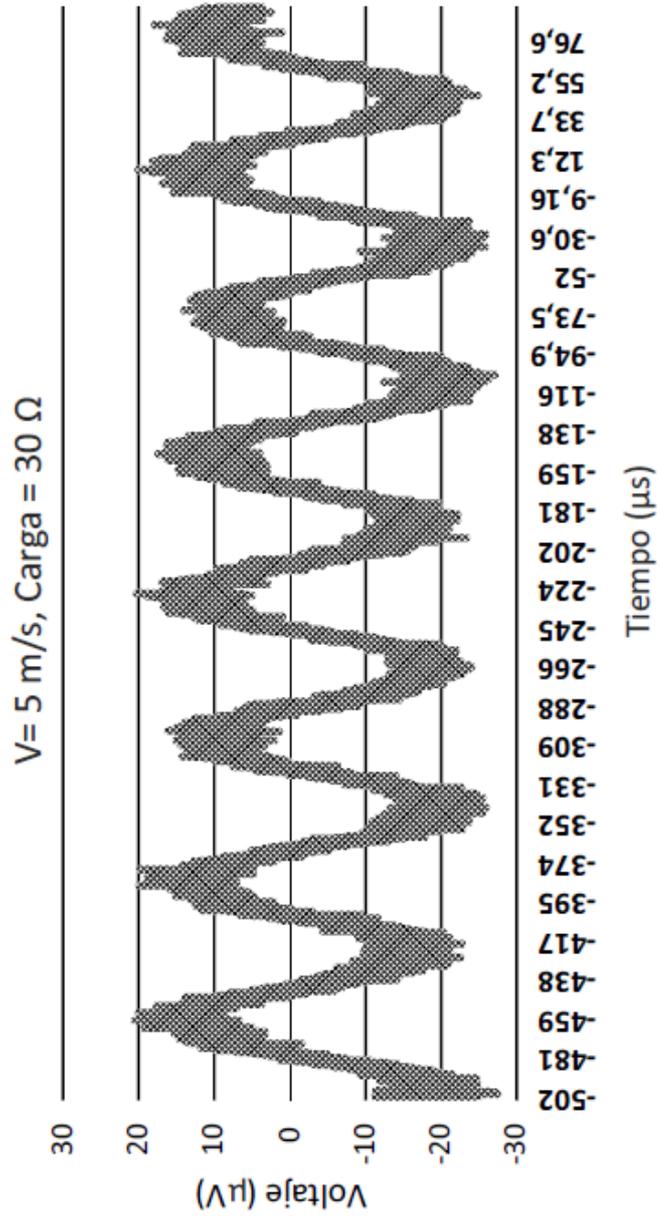


FIG. 20

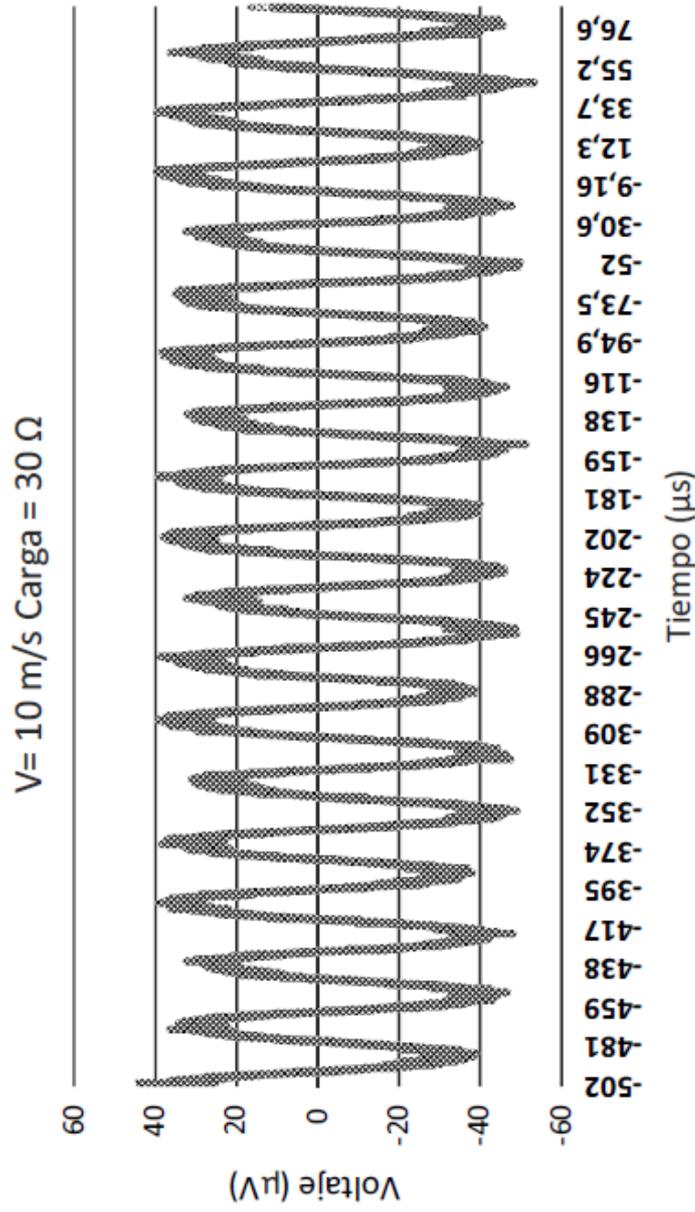


FIG. 21

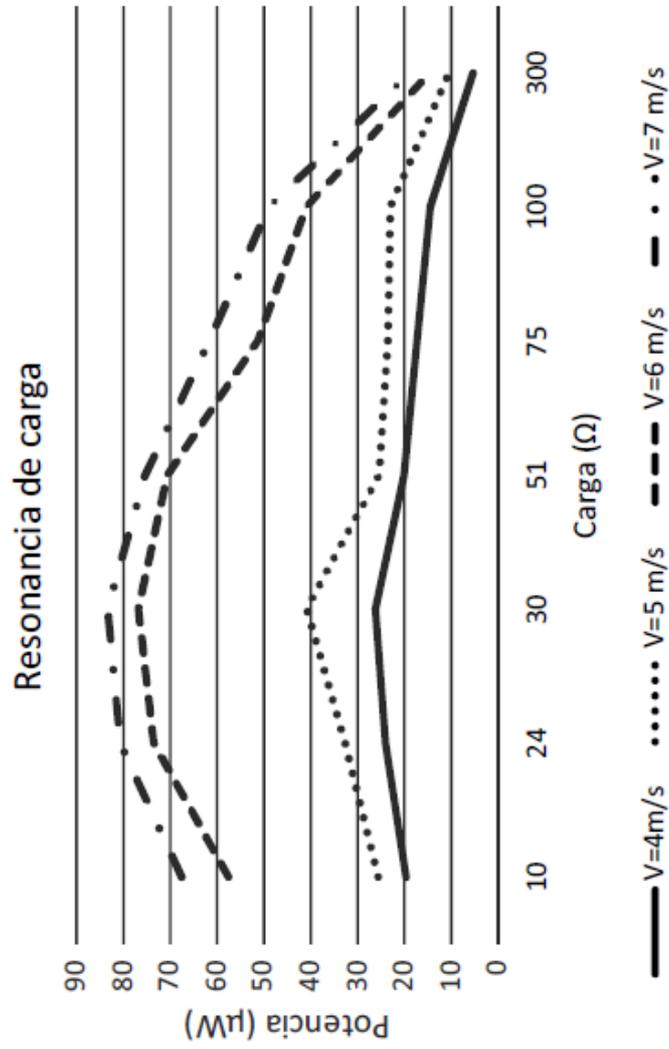


FIG. 22

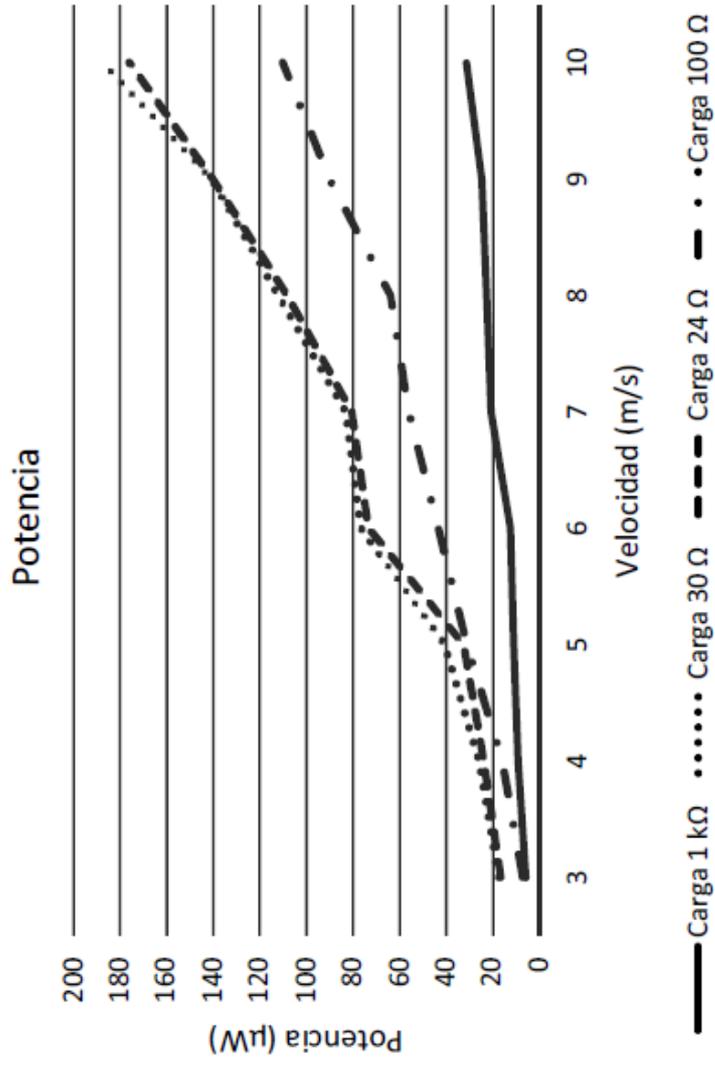


FIG. 23

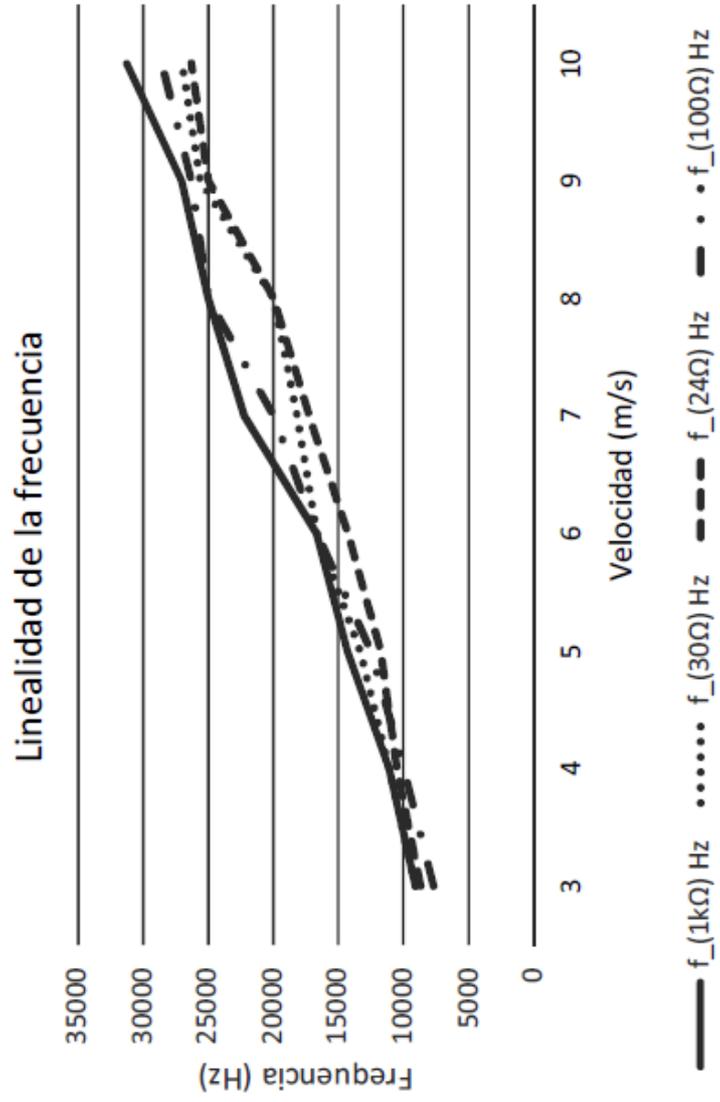


FIG. 24

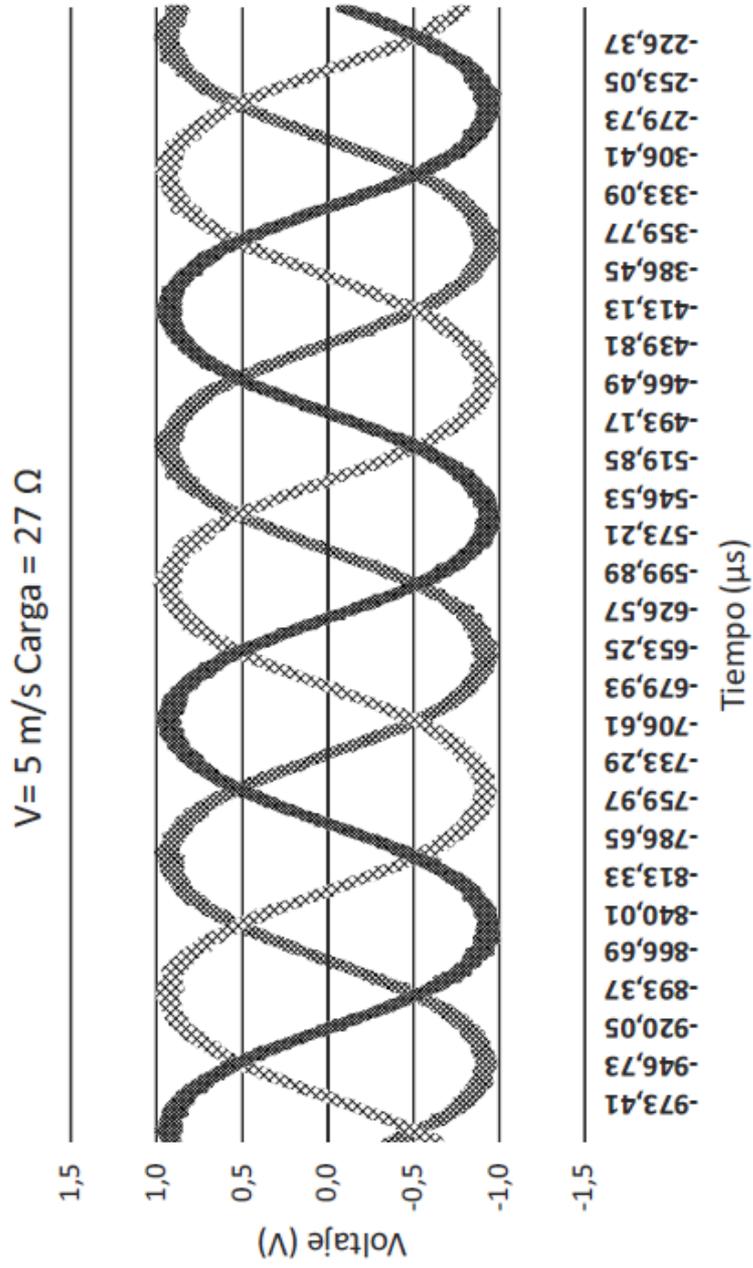


FIG. 25

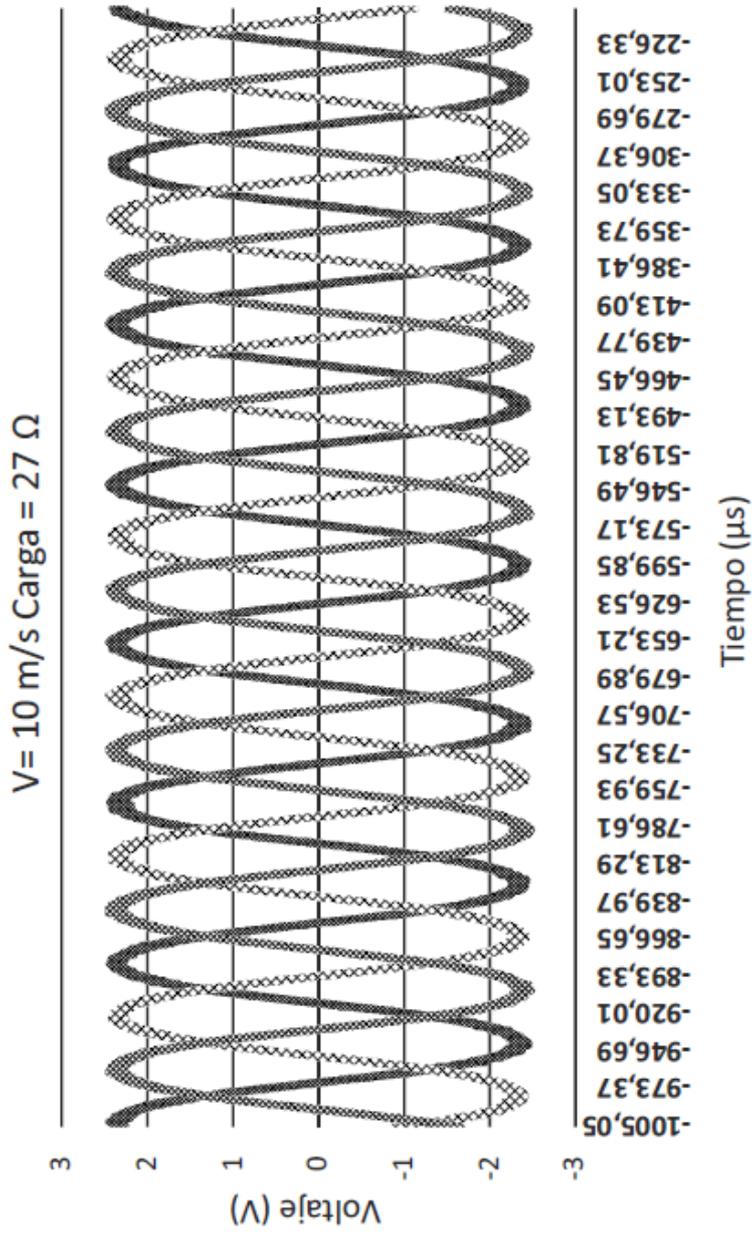


FIG. 26

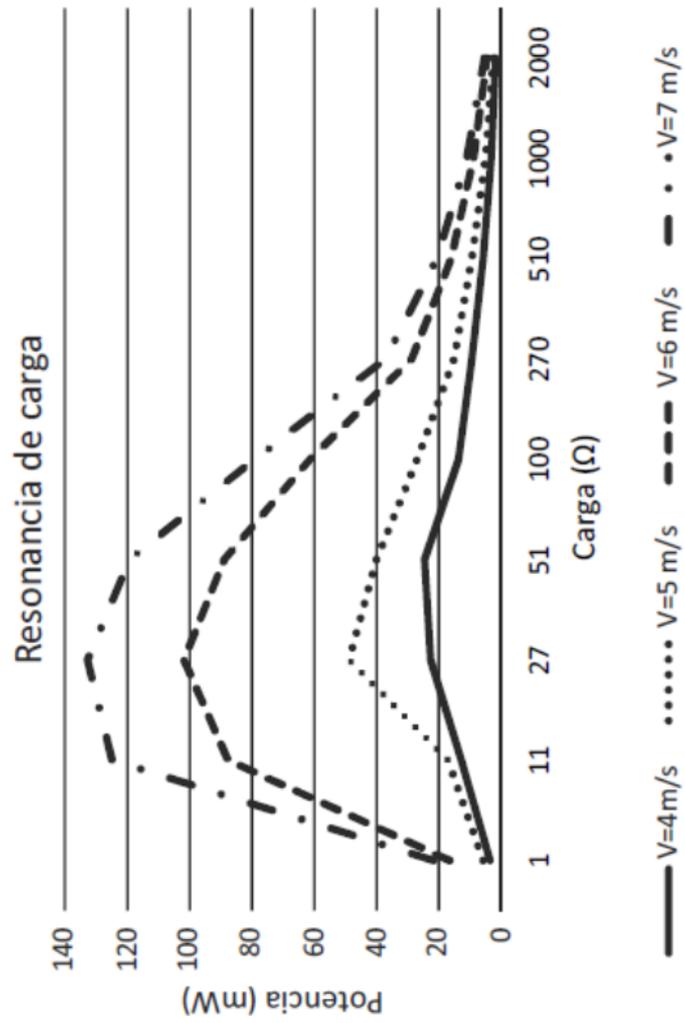


FIG. 27

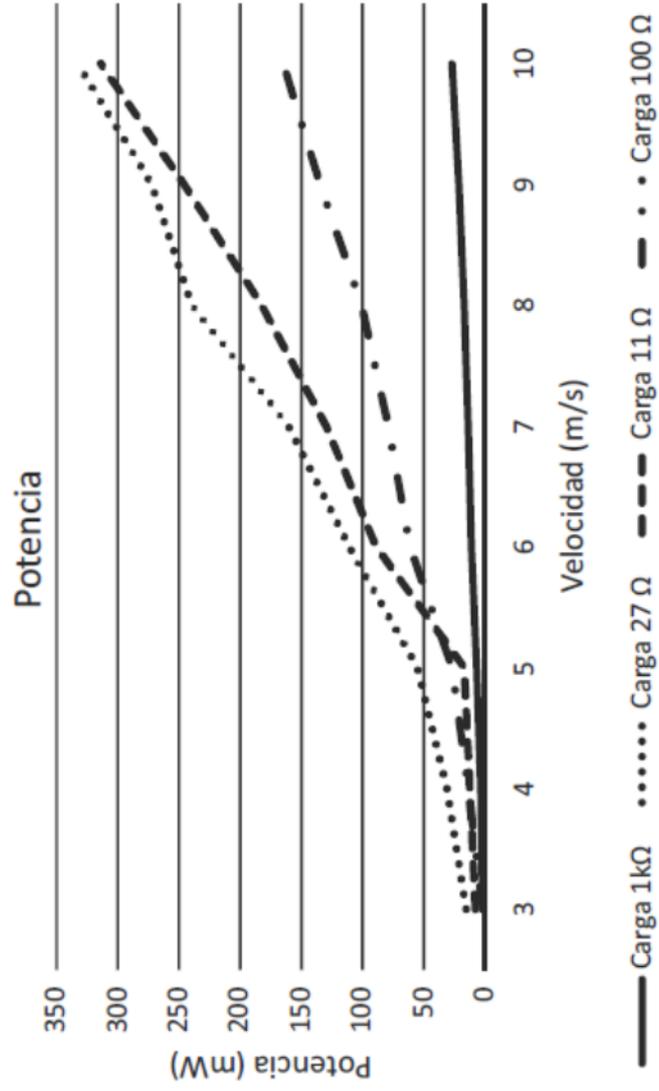


FIG. 28

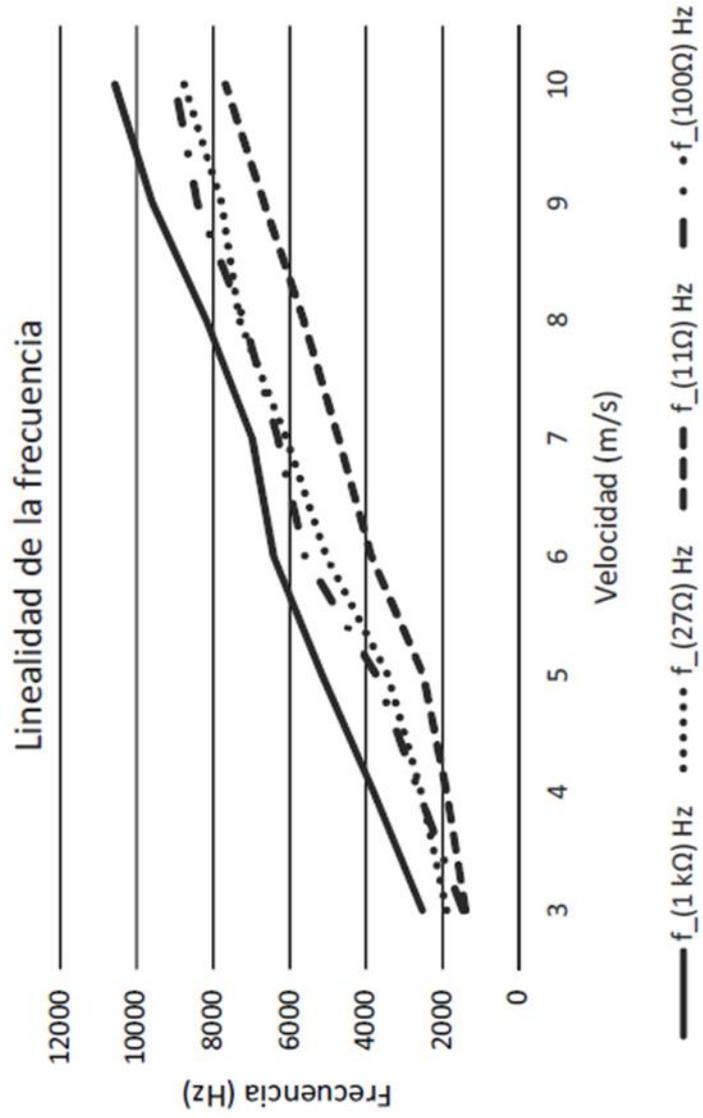


FIG. 29

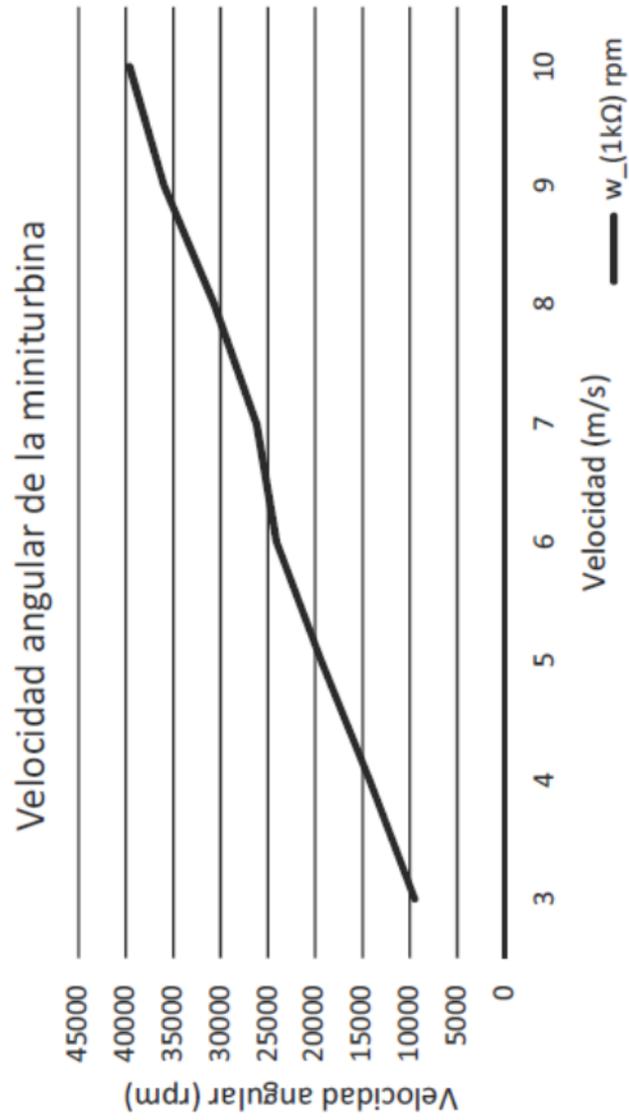


FIG. 30

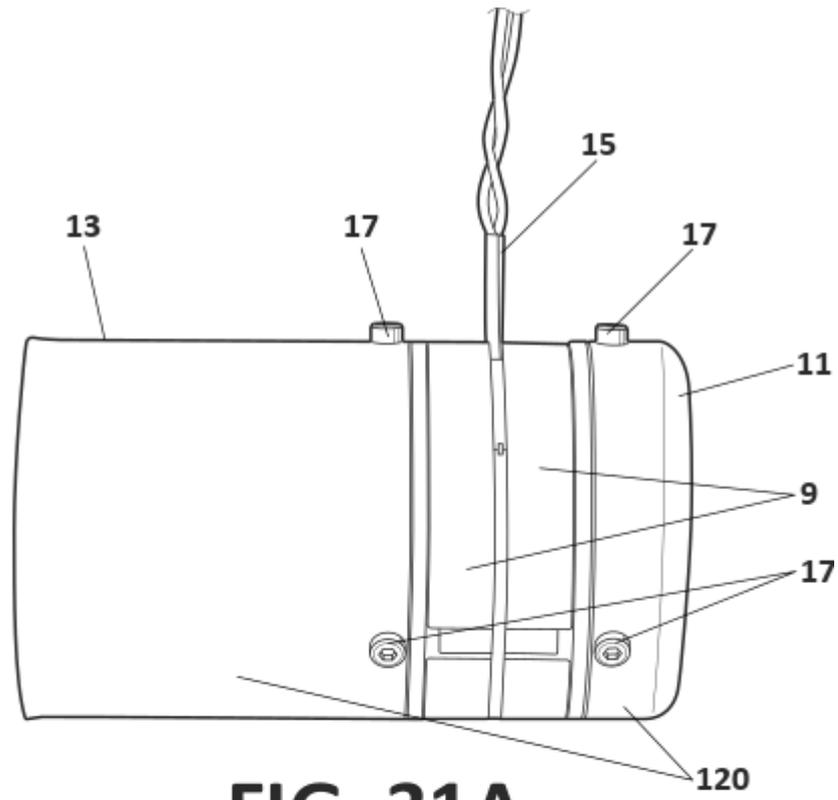


FIG. 31A

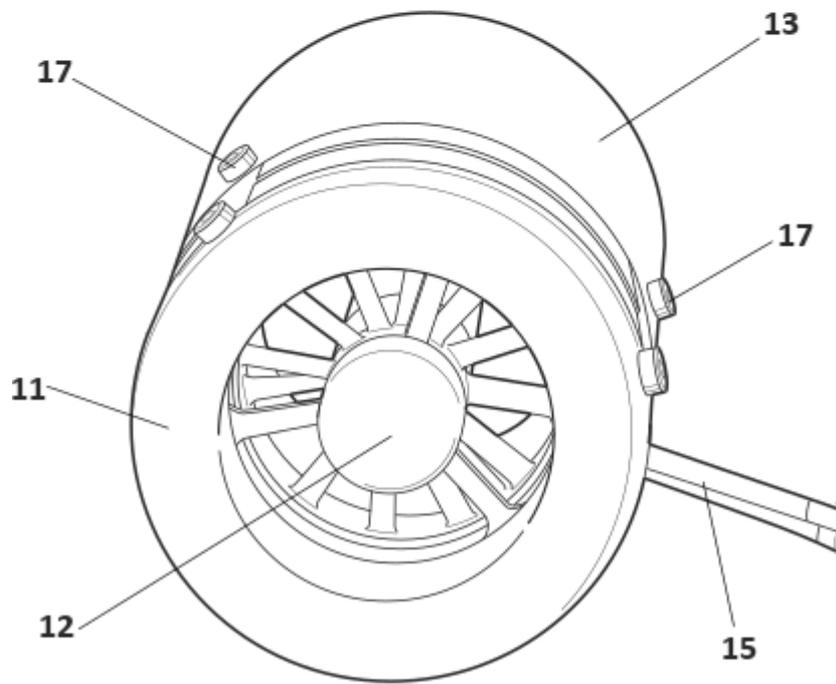


FIG. 31B



- ②① N.º solicitud: 201631433
 ②② Fecha de presentación de la solicitud: 10.11.2016
 ③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	D A Howey, A Bansal, A S Holmes. DESIGN AND PERFORMANCE OF A CENTIMETRE-SCALE SHROUDED WIND TURBINE FOR ENERGY HARVESTING. 20/07/2011, Páginas 1-12 [en línea][recuperado el 15/09/2017]. Recuperado de Internet <URL: https://workspace.imperial.ac.uk/opticalandsemidev/Public/Publications/J51_design.pdf >, <DOI: 10.1088/0964-1726/20/8/085021>. Todo el documento.	1-13
A	CN 203605979U U (CHENGDU HIGH TECH ZONE HUAHUI CO LTD) 21/05/2014, Resumen; figuras. Descripción de la base de datos EPODOC y su traducción al inglés. Recuperado de EPOQUE	1-13
A	US 2012082563 A1 (WILSON JR JACK W et al.) 05/04/2012, Todo el documento.	1-13

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
 Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
 A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
 P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
 E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
16.09.2017

Examinador
M. P. Prytz González

Página
1/5

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

F01D15/10 (2006.01)

F01D5/34 (2006.01)

F01D5/14 (2006.01)

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

F01D

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

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 16.09.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-13	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-13	NO

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

Base de la Opinión.-

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

1. Documentos considerados.-

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

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	D A Howey, A Bansal, A S Holmes. DESIGN AND PERFORMANCE OF A CENTIMETRE-SCALE SHROUDED WIND TURBINE FOR ENERGY HARVESTING. IOP Publishing Ltd-Smart Materials and Structures, Nº 20, Páginas 1-12 [en línea][recuperado el 15/09/2017]. Recuperado de Internet <URL: https://workspace.imperial.ac.uk/opticalandsemidev/Public/Publications/J51_design.pdf >, <DOI: 10.1088/0964-1726/20/8/085021>	20.07.2011

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

La presente solicitud de patente hace referencia a una mini turbina para generar energía eléctrica a partir de la energía cinética de un fluido. Consta la solicitud de 13 reivindicaciones siendo la primera de ellas independiente y el resto dependientes, directa o indirectamente, de ella.

Los documentos D01 a D03 suponen una representación del estado de la técnica al que pertenece la invención reivindicada en la primera reivindicación, eligiéndose el documento D01 como el más próximo al objeto reivindicado en dicha primera reivindicación.

El documento D01 divulga (ver principalmente: resumen, figuras y apartado 3) una mini-turbina para generar energía eléctrica a partir de la energía cinética de un fluido que atraviesa la mini-turbina, donde la mini-turbina comprende:

- un rotor que comprende una pluralidad de álabes entre un cubo y un anillo de cierre;
- un estator enfrentado al rotor;

donde una prolongación del anillo de cierre conforma un primer anillo portaimanes integrado en el anillo de cierre, comprendiendo el primer anillo portaimanes una pluralidad de imanes configurados para, al girar, generar un flujo magnético variable sobre el estator; de manera que los álabes tienen un primer extremo integrado en el cubo y un segundo extremo integrado en el anillo de cierre para conformar una estructura de rotor monopieza.

La invención divulgada por el documento D01 anticipa las características técnicas esenciales reivindicadas en la reivindicación 1 de la solicitud. A este respecto, cabe señalar que el rotor divulgado en el documento D01 también puede considerarse que lleva un primer extremo de los álabes "integrado" en el cubo y el otro extremo "integrado" en el anillo de cierre, al especificarse en el apartado 3.3 de dicho documento D01 que los extremos de los álabes van "pegados" por un lado al cubo y por otro al anillo de cierre. La expresión "pegado" (glued, en inglés), la interpretaría el experto en la materia en un sentido amplio como "unido solidariamente", es decir, "integrado", por ejemplo con una soldadura apropiada o mediante cualquier otro método que impida separar las piezas durante el funcionamiento del rotor, confiriendo a éste el carácter de monopieza. En este sentido, podría considerarse, entonces, que el documento D01 anticipa por novedad las características técnicas de la invención reivindicada en la reivindicación 1 de la solicitud. No obstante, se han tenido en cuenta las ventajas señaladas en la descripción de la solicitud referentes a las mayores velocidades de giro que puede alcanzar la turbina de la reivindicación 1 de la solicitud frente a la turbina Howey, concluyéndose que dichas ventajas son debidas tanto al poco peso de la turbina, gracias al empleo de materiales más ligeros, como al procedimiento de fabricación del rotor, diferente al de Howey.

Sin embargo, en las reivindicaciones de la solicitud no se protege el nuevo proceso de fabricación del rotor (objeto donde parece residir verdaderamente la invención) ni el objeto obtenido mediante dicho procedimiento (en cuyo caso el rotor de la solicitud podría presentar diferencias a tener en cuenta frente al de Howey), sino que se reivindica únicamente una turbina cuyas características técnicas, tal como están reivindicadas, no implicarían actividad inventiva desde el punto de vista del experto en la materia, una vez conocido el documento D01.

Las invenciones de las reivindicaciones 2 a 4 se considera que no implican actividad inventiva, pues el empleo de materiales plásticos frente a metálicos para disminuir el peso es evidente para el experto en la materia y las ventajas de utilizar materiales plásticos para disminuir las pérdidas por corrientes de Foucault, se encuentran ya divulgadas por el documento D01 donde en su apartado 3.3 señala que el empleo en la carcasa de "poliuretano Tufset" frente al acero inoxidable disminuye significativamente las pérdidas por corrientes de Foucault. Estando, por tanto, planteado en el documento D01 tanto el problema técnico como su solución, su aplicación a las invenciones de las reivindicaciones 2 a 4 no implicaría actividad inventiva para el experto en la materia.

Las invenciones reivindicadas en las reivindicaciones 5-7 se consideran igualmente anticipadas por el documento D01 (ver Figuras y apartado 3 referente a Diseño y Fabricación).

En relación a las invenciones de las reivindicaciones 8 a 11, se han comparado los tamaños reivindicados con los de la mini turbina del documento D01, no encontrándose diferencias significativas entre ellas. Así por ejemplo, en el documento D01 se divulgan:

- un radio exterior del anillo del rotor de 9,7 mm (último párrafo del apartado 3.1), lo que supone un diámetro de 19,4 mm
- un radio de 12,5 mm desde el centro de los imanes hasta el centro del cubo (apartado 3.2).
- un diámetro de los imanes de 2 mm y una longitud de 1 mm (apartado 3.2)
- un anillo portaimanes de 32 alojamientos (ver figura 5(a)).

De las dimensiones anteriores se desprende que el diámetro exterior del anillo portaimanes del documento D01 ha de ser ligeramente superior a 27 mm, el diámetro interior del mismo ha de ser superior a 19,4 mm e inferior a 23 mm y el espesor de entorno a 1 mm.

Estas dimensiones caen dentro de los rangos reivindicados en las reivindicaciones 8, 9 y 11, siendo muy posiblemente coincidentes con las dimensiones reivindicadas en la reivindicación 10 de la solicitud, por lo que todos ellos se consideran anticipados por el documento D01.

Finalmente, el objeto inventivo de las reivindicaciones 12 y 13 se considera que no implican actividad inventiva para el experto en la materia a la vista del documento D01.

Por todo lo anterior se concluye que el objeto inventivo reivindicado en las reivindicaciones 1-13 de la solicitud puede considerarse nuevo pero no implicaría actividad inventiva, en el sentido de los Artículos 6 y 8 de la Ley 11/1986 de Patentes.