

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 190**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/02**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.12.2015** **E 15382666 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2018** **EP 3187726**

54 Título: **Método de control de un aerogenerador y aerogenerador asociado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.06.2018**

73 Titular/es:

**ACCIONA WINDPOWER, S.A. (100.0%)**  
**Avenida Ciudad de la Innovación, 5**  
**31621 Sarriguren (NAVARRA), ES**

72 Inventor/es:

**RUIZ ALDAMA, ALFONSO;**  
**OTAMENDI CLARAMUNT, DIEGO;**  
**ARLABÁN GABEIRAS, TERESA;**  
**GARCÍA SAYÉS, JOSÉ MIGUEL y**  
**NÚÑEZ POLO, MIGUEL**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

**ES 2 671 190 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCION**

Método de control de un aerogenerador y aerogenerador asociado

5 **OBJETO DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a un método de control de un aerogenerador que permite detectar desorientaciones de dicho aerogenerador con respecto a la dirección del viento, así como al aerogenerador asociado.

10 Además, una vez detectadas estas situaciones, el método de control de la presente invención permite llevar a cabo una corrección automática de los parámetros de control y retornar al aerogenerador a su punto de funcionamiento óptimo.

15 **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Los aerogeneradores disponen de un sistema de orientación alrededor de un eje vertical, que permite orientar la góndola en la dirección del viento para maximizar la captura energética del viento. Este mecanismo, llamado sistema de yaw está comandado por una veleta ubicada en la cubierta de la góndola a sotavento del rotor.

20 Existen diferentes factores que pueden introducir un error en la orientación de la góndola, entre ellos:

- distorsión del flujo en la veleta inducido por el rotor;
- errores de montaje de la veleta.

25 El error en la orientación de la góndola con respecto a la dirección del viento supone una pérdida de producción energética y un aumento de las cargas en el aerogenerador, tanto mayor cuanto mayor es el error de orientación.

Con el fin de minimizar el efecto de alguno de los factores que afectan a la orientación, se suele introducir un parámetro denominado offset de yaw que se suma a la señal proporcionada por la veleta.

30 Como una primera aproximación se plantea que el valor de este parámetro sea una constante y se aplique por igual a todos los aerogeneradores de una misma familia.

Se conoce en el estado de la técnica la patente EP1809899B1 relativa a un método para la corrección automática de los parámetros de control de orientación de un aerogenerador que comprende las siguientes etapas:

- 35
- una etapa de medición de la velocidad y dirección de viento, además de la medición de una propiedad electromagnética,
  - una etapa de obtención de una medida de eficiencia a partir de la medida de la propiedad electromagnética y la velocidad de viento, siendo esta medida de eficiencia un indicador de cuanto genera el aerogenerador en unas condiciones dadas,
  - 40 • una etapa de clasificación en dirección de viento positiva y negativa para obtener un primer valor medio de la medida de eficiencia en la cual la dirección de viento es positiva y obtener un segundo valor medio de la medida de eficiencia en la cual la dirección de viento es negativa,
  - una etapa de determinación de la diferencia entre el primer y segundo valor medio de eficiencia, y
  - 45 • una etapa de emisión de un valor de calibración correspondiente a la diferencia al sistema de control encargado de la orientación.

50 Este método indica que puede haber un error de orientación y emite un valor de corrección. Sin embargo, por la forma de obtenerlo, en base únicamente a la diferencia entre los valores de eficiencia, da un valor poco preciso y muy sensible a las incertidumbres asociadas con las mediciones

Se conoce también la patente US8476780 relativa a un método para estimar la dirección del viento en un aerogenerador que comprende las siguientes etapas:

- 55
- una etapa de detección de la dirección del viento principal,
  - una etapa de suposición de un valor de la dirección de viento real asumiendo un valor de offset que es la desviación entre la dirección de viento principal y la dirección de viento real, a una velocidad de viento predeterminada,
  - una etapa de cálculo de la potencia media generada por el aerogenerador para un periodo predeterminado de tiempo en la dirección de viento real que se ha supuesto,
  - 60 • una etapa de estimación de la dirección de viento real mediante la aproximación de la potencia media generada con respecto al offset de dirección de viento que se ha supuesto, a una función cuadrática y mediante la estimación del valor de offset en el instante en que la potencia media generada es máxima en la función cuadrática.

Sin embargo esta solución es poco robusta y muy sensible a errores o incertidumbres asociadas a las mediciones por los siguientes motivos:

5 Dicho método lleva a cabo el cálculo del valor de corrección en tiempo real, detectando la dirección principal del viento y asumiendo unos valores de offset (10°, 0° y 10° en el ejemplo) para calcular en función de esos valores de offset unas direcciones de viento correspondientes. Como consecuencia de asumir esos valores de offset, se están forzando desorientaciones en el aerogenerador. Esto tiene como desventajas las pérdidas de producción y el aumento de cargas que se producen en el aerogenerador debido a que hay que llevar a cabo una campaña específica para forzar esas desorientaciones.

10 Posteriormente aproxima los puntos por mínimos cuadrados a una función cuadrática, calculando el máximo de la misma y determinando el valor de corrección en función de dicho máximo. Esta regresión cuadrática presenta los siguientes inconvenientes:

- 15 • Al llevar a cabo la regresión cuadrática, puede darse el caso de que en función de los valores obtenidos, la función cuadrática o parábola no tenga máximo, por lo que la etapa de estimación del método anterior tendría como resultado un valor de error. Esta situación es debida a que por incertidumbres de la medida, los puntos no están exactamente en su posición teórica sino que pueden tener variaciones en torno a esa posición. Estas variaciones, aunque sean de pequeña magnitud, pueden distorsionar los resultados e incluso generar el error en la estimación.
- 20 • Al llevar a cabo la regresión cuadrática, puede darse el caso de que en función de los valores obtenidos, la función cuadrática o parábola si tenga máximo, pero éste se encuentre muy alejado de la dirección de viento real, con lo que el valor de corrección sería muy elevado, cerca de 90°, que muy probablemente no sea el valor de corrección correcto.

25 La presente invención tiene por objeto un método de control para detectar situaciones en las que el aerogenerador no esté trabajando en su punto de funcionamiento óptimo debido a una desorientación de dicho aerogenerador con respecto a la dirección del viento, superando los inconvenientes del estado de la técnica anteriormente citados.

30 Además, una vez detectadas estas situaciones, el método de control de la presente invención permite llevar a cabo una corrección automática de los parámetros de control y retornar al aerogenerador a su punto de funcionamiento óptimo.

### DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

35 La presente invención se refiere a un método de control de un aerogenerador que permite detectar desorientaciones de dicho aerogenerador con respecto a la dirección del viento, comprendiendo el aerogenerador:

- una góndola que comprende una dirección longitudinal, y
- un sistema de orientación,

40 donde el método comprende las siguientes etapas:

- una etapa de obtención de:
  - unos valores indicativos de dirección de viento con respecto a la dirección longitudinal de la góndola, y
  - unos valores indicativos de eficiencia del aerogenerador correspondientes a cada valor indicativo de dirección de viento,
- una etapa de cálculo de un valor de corrección del sistema de orientación en función de los valores indicativos de dirección de viento y de los valores indicativos de eficiencia del aerogenerador, y
- una etapa de corrección de la orientación de la góndola del aerogenerador en función del valor de corrección del sistema de orientación,

50 donde la etapa de cálculo del valor de corrección del sistema de orientación comprende a su vez las siguientes subetapas:

- una subetapa de cálculo de unos parámetros de ajuste a una función predeterminada, para el ajuste de los valores indicativos de dirección de viento y de los valores indicativos de eficiencia del aerogenerador a la función predeterminada, y
- 55 ○ una subetapa de cálculo del valor de corrección del sistema de orientación en función de al menos uno de los parámetros de ajuste calculados en la subetapa anterior.

60 De esta manera, mediante la subetapa de cálculo de los parámetros de ajuste a la función predeterminada, para el ajuste de los valores indicativos de dirección de viento y de los valores indicativos de eficiencia del aerogenerador a la función predeterminada, no existe el inconveniente de que tener que aproximar a una función, sino que debido a que la función ya está predeterminada y lo que se lleva a cabo es el ajuste de los valores indicativos de dirección del viento y de los valores indicativos de eficiencia del aerogenerador a dicha función, el método es menos sensible a errores o incertidumbres en las medidas.

Preferentemente, la función predeterminada es una función que relaciona la pérdida de eficiencia del aerogenerador con la dirección de viento con respecto a la dirección longitudinal de la góndola. Esta función se puede calcular de forma teórica mediante cálculo analítico o simulación o de forma empírica.

5 Preferentemente, los parámetros de ajuste a la función predeterminada de los valores indicativos de dirección de viento y de los valores indicativos de eficiencia del aerogenerador de la subetapa de cálculo de los parámetros de ajuste son un offset "a" aplicado a los valores indicativos de dirección del viento y un offset "b" aplicado a los valores indicativos de eficiencia del aerogenerador que proporcionan un ajuste a la función predeterminada. En la subetapa de cálculo del valor de corrección del sistema de orientación en función de al menos uno de los parámetros de ajuste se calcula el valor de corrección del sistema de orientación en función del offset "a" aplicado a los valores indicativos de dirección del viento.

15 De manera opcional, la etapa de corrección de la orientación de la góndola del aerogenerador se lleva a cabo una vez que el valor de corrección del sistema de orientación es superior a un primer umbral. De este modo, se evitan cambios frecuentes e innecesarios en los parámetros de control, ya que valores de corrección por debajo de un umbral no tienen repercusión significativa ni en producción ni en cargas.

Opcionalmente, durante la etapa de obtención de los valores indicativos de dirección de viento y de los valores indicativos de la eficiencia del aerogenerador, el sistema de control del aerogenerador permite un rango de desorientación de la dirección longitudinal de la góndola con respecto a la dirección de viento mayor que el rango de desorientación permitido fuera de la etapa de obtención de los valores indicativos. De esta manera, al permitir temporalmente un mayor rango de desorientación, o lo que es lo mismo, mayores errores de orientación de la góndola con respecto a la dirección del viento, se obtiene una mayor información para llevar a cabo el cálculo del valor de corrección del sistema de orientación, ya que se puede analizar un rango de desorientaciones de góndola mayor y determinar con mayor precisión el valor de corrección, especialmente cuando este se encuentra fuera del rango habitual de desorientaciones.

La invención se refiere también a un aerogenerador que comprende:

- una góndola que comprende una dirección longitudinal,
- un sistema de orientación,
- unos medios de obtención de:
  - unos valores indicativos de dirección de viento con respecto a la dirección longitudinal de la góndola, y
  - unos valores indicativos de eficiencia del aerogenerador correspondientes a cada valor indicativo de dirección de viento,
- unos medios de cálculo de un valor de corrección del sistema de orientación en función de los valores indicativos de dirección de viento y de los valores indicativos de eficiencia del aerogenerador, y
- unos medios de corrección de la orientación de la góndola del aerogenerador en función del valor de corrección del sistema de orientación,

40 caracterizado por que los medios de cálculo del valor de corrección del sistema de orientación comprenden a su vez:
 

- unos medios de cálculo de unos parámetros de ajuste a una función predeterminada de los valores indicativos de dirección de viento y de los valores indicativos de eficiencia del aerogenerador,

45 donde los medios de cálculo del valor de corrección del sistema de orientación calculan el valor de corrección del sistema de orientación en función de al menos uno de los parámetros de ajuste.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

50 La Figura 1 muestra una nube de puntos que representa unas medidas de dirección de viento con respecto a la dirección longitudinal de la góndola, y unas medidas de eficiencia del aerogenerador correspondientes a cada valor indicativo de dirección de viento, además de la función predeterminada. En este ejemplo de realización los valores indicativos de dirección de viento y de eficiencia del aerogenerador se corresponden con las medidas de dirección de viento y las medidas de eficiencia del aerogenerador respectivamente. También se muestran los parámetros de ajuste (offset "a" y offset "b") que proporcionan el mejor ajuste de la nube de puntos de valores indicativos de dirección de viento y eficiencia de aerogenerador a la función predeterminada.

La Figura 2 muestra la nube de puntos mostrada en la Figura 1 una vez que se ha llevado a cabo el ajuste de los valores indicativos de dirección y de los valores indicativos de eficiencia a la función predeterminada.

60 La Figura 3 muestra otro ejemplo de realización alternativo al mostrado en las Figuras 1 y 2 en el que a la nube de puntos de la Figura 1 se le ha aplicado una subetapa de clasificación de las medidas de eficiencia del aerogenerador y una subetapa de clasificación de las medidas de dirección de viento en tres grupos, donde los valores indicativos de eficiencia y dirección de viento son un valor indicativo de eficiencia y dirección de viento para cada grupo calculado a partir de las medidas de dirección de viento y eficiencia de aerogenerador de cada grupo.

65

La Figura 4 muestra los valores indicativos de eficiencia y dirección de viento para cada grupo mostrados en la Figura 3 una vez que se ha llevado a cabo el ajuste de los valores indicativos de dirección y de los valores indicativos de eficiencia a la función predeterminada.

5 La Figura 5 muestra la comparación entre el método de la presente invención (función predeterminada) para los valores indicativos de eficiencia y dirección de viento para cada grupo, y un método que aproxima los puntos por mínimos cuadrados a una función cuadrática (regresión cuadrática) para unos valores con la misma disposición, donde la función cuadrática o parábola no tiene máximo.

10 La Figura 6 muestra la comparación entre el método de la presente invención (función predeterminada) para los valores indicativos de eficiencia y dirección de viento para cada grupo, y un método que aproxima los puntos por mínimos cuadrados a una función cuadrática (regresión cuadrática) para unos valores con la misma disposición, donde la función cuadrática o parábola si tiene máximo.

## 15 REALIZACION PREFERENTE DE LA INVENCION

A continuación se procederá a describir de manera detallada, el método de control de un aerogenerador de la presente invención donde el aerogenerador comprende:

- una góndola que comprende una dirección longitudinal, y
- un sistema de orientación,

donde el método comprende las siguientes etapas:

- una etapa de obtención de:
  - unos valores indicativos de dirección de viento (1) con respecto a la dirección longitudinal de la góndola, y
  - unos valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador correspondientes a cada valor indicativo de dirección de viento (1),
- una etapa de cálculo de un valor de corrección del sistema de orientación en función de los valores indicativos de dirección de viento (1) y de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador, y
- una etapa de corrección de la orientación de la góndola del aerogenerador en función del valor de corrección del sistema de orientación,

donde la etapa de cálculo del valor de corrección del sistema de orientación comprende a su vez las siguientes subetapas:

- una subetapa de cálculo de unos parámetros de ajuste a una función predeterminada (3), para el ajuste de los valores indicativos de dirección de viento (1) y de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador a la función predeterminada (3), y
- una subetapa de cálculo del valor de corrección del sistema de orientación en función de al menos uno de los parámetros de ajuste calculados en la subetapa anterior.

Preferentemente, los parámetros de ajuste a la función predeterminada (3) de los valores indicativos de dirección de viento (1) y de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador de la subetapa de cálculo de los parámetros de ajuste son un offset "a" aplicado a los valores indicativos de dirección del viento (1) y un offset "b" aplicado a los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador que proporcionan un ajuste a la función predeterminada (3). En este caso, en la subetapa de cálculo del valor de corrección del sistema de orientación en función de al menos uno de los parámetros de ajuste se calcula el valor de corrección del sistema de orientación en función del offset "a" de la señal de dirección del viento con respecto a la dirección longitudinal de la góndola, tal y como se observa en las Figuras 1 y 2. Preferentemente, el valor de corrección del sistema de orientación es el offset "a".

Los valores indicativos de dirección de viento (1) y los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador se pueden obtener respectivamente a partir de unas medidas de dirección de viento con respecto a la dirección longitudinal de la góndola y de unas medidas de eficiencia del aerogenerador correspondientes a cada medida de dirección de viento.

En un primer ejemplo de realización, los valores indicativos de dirección de viento (1) y los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador son respectivamente unas medidas de dirección de viento con respecto a la dirección longitudinal de la góndola y unas medidas de eficiencia del aerogenerador correspondientes a cada medida de dirección de viento.

En un segundo ejemplo de realización, la etapa de obtención de los valores indicativos de dirección de viento (1) y los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador puede comprender adicionalmente una subetapa de clasificación de las medidas de eficiencia del aerogenerador en al menos dos grupos (4), preferentemente tres grupos (4), según las correspondientes medidas de dirección de viento, donde los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador obtenidos en la etapa de obtención de los valores indicativos de dirección de viento (1) y eficiencia (2) del aerogenerador son un valor indicativo de eficiencia (2') del aerogenerador para cada grupo (4) obtenido a partir de las medidas de eficiencia del aerogenerador de cada grupo (4).

- Adicionalmente, la etapa de obtención de los valores indicativos de dirección de viento (1) y los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador puede comprender una subetapa de clasificación de las medidas de dirección de viento con respecto a la dirección longitudinal de la góndola en los al menos dos grupos (4) según las propias medidas de dirección de viento con respecto a la dirección longitudinal de la góndola, donde los valores indicativos de dirección de viento (1) obtenidos en la etapa de obtención de los valores indicativos de dirección de viento (1) y eficiencia (2) del aerogenerador son un valor indicativo dirección de viento (1') para cada grupo (4) obtenido a partir de las medidas de eficiencia del aerogenerador de cada grupo (4). Esto se observa en las Figuras 3 y 4.
- Preferentemente, los valores indicativos de dirección de viento (1) y de eficiencia (2) del aerogenerador de cada grupo (4) son unos valores medios calculados a partir de las medidas de dirección de viento y de las medidas de eficiencia del aerogenerador de cada grupo (4).
- Preferentemente, los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador correspondientes a cada valor indicativo de dirección de viento (1) se obtienen a partir de unos valores indicativos de la potencia eléctrica generada por el aerogenerador y de unos valores indicativos de la velocidad de viento o son el coeficiente de potencia ( $C_p$ ).
- En ese caso, los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador por encima de  $v_{rated}$ , en los que la potencia eléctrica generada por el aerogenerador es la potencia nominal ( $P_{rated}$ ), no aportan información y pueden distorsionar los resultados.
- El método de control del aerogenerador, según este ejemplo de realización, comprende una etapa de selección de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador correspondientes a cada valor indicativo de dirección de viento (1).
- En esta etapa de selección de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador se seleccionan los valores que cumplen que:
- el aerogenerador está operativo durante un periodo de tiempo en el que se obtienen los valores indicativos de dirección de viento (1) correspondientes, y
  - el aerogenerador no realiza ninguna operación de orientación durante el periodo de tiempo en el que se obtienen los valores indicativos de dirección de viento (1) correspondientes,
- y adicionalmente, que cumplen que:
- el valor medio de una señal indicativa de velocidad de viento durante un periodo de tiempo en el que se obtienen los valores indicativos de dirección de viento correspondientes se encuentra dentro de un rango predeterminado.
- El rango predeterminado en el que se encuentra el valor medio de la señal indicativa de velocidad de viento durante el periodo de tiempo en el que se obtienen los valores indicativos de dirección viento puede ser el siguiente:
- $$v_{Cut\_in} < v < v_{rated},$$
- preferentemente el siguiente:
- $$1.5 \times v_{Cut\_in} < v < 0.85 \times v_{rated}.$$
- De esta manera, la etapa de selección de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador permite por un lado eliminar puntos cercanos a la potencia nominal ( $P_{rated}$ ) que pueden estar afectados por el efecto explicado anteriormente, y por otro se eliminan los puntos cercanos a la velocidad de corte  $v_{Cut\_in}$ , que tienen una gran dispersión y que por tanto pueden distorsionar los resultados.
- Opcionalmente, la etapa de cálculo del valor de corrección del sistema de orientación se lleva a cabo para unos sectores de dirección de viento predefinidos y/o para diferentes rangos de velocidades de viento, potencia eléctrica generada por el aerogenerador o velocidad de giro del rotor.
- Esto es debido a que para cada sector de dirección de viento predefinido y/o rango de velocidad de viento (potencia eléctrica generada por el aerogenerador o velocidad de giro del rotor) puede haber un valor de corrección diferente, debido a que la distorsión del flujo inducida por el rotor en la posición de la veleta depende, entre otros factores de la velocidad del viento. Por tanto, los valores indicativos de dirección de viento (1) y eficiencia (2) se seleccionan también en función del sector de dirección de viento y/o del rango de velocidad de viento para llevar a cabo la etapa de cálculo del valor de corrección para cada sector de dirección de viento o rango de velocidad de viento.
- La invención se refiere también a un aerogenerador que comprende:
- una góndola que comprende una dirección longitudinal,
  - un sistema de orientación,
  - unos medios de obtención de:
    - unos valores indicativos de dirección de viento (1) con respecto a la dirección longitudinal de la góndola, y

- o unos valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador correspondientes a cada valor indicativo de dirección de viento (1),
- unos medios de cálculo de un valor de corrección del sistema de orientación en función de los valores indicativos de dirección de viento (1) y de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador, y
- unos medios de corrección de la orientación de la góndola del aerogenerador en función del valor de corrección del sistema de orientación,

donde los medios de cálculo del valor de corrección del sistema de orientación comprenden a su vez:

- o unos medios de cálculo de unos parámetros de ajuste a una función predeterminada (3) de los valores indicativos de dirección de viento (1) y de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador, y

donde los medios de cálculo del valor de corrección del sistema de orientación calculan el valor de corrección del sistema de orientación en función de al menos uno de los parámetros de ajuste.

Los parámetros de ajuste a la función predeterminada de los valores indicativos de dirección de viento (1) y de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador son un offset "a" aplicado a los valores indicativos de dirección del viento (1) y un offset "b" aplicado a los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador que proporcionan un ajuste a la función predeterminada (3), donde los medios de cálculo calculan el valor de corrección del sistema de orientación en función del offset "a" de la señal de dirección del viento.

El aerogenerador comprende unos medios de medida de unas medidas de dirección de viento con respecto a la dirección longitudinal de la góndola y de unas medidas de eficiencia del aerogenerador correspondientes a cada medida de dirección de viento respectivamente para la obtención a través de los medios de obtención, de los valores indicativos de dirección de viento (1) y de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador.

Opcionalmente, el aerogenerador comprende unos medios de clasificación de las medidas de eficiencia del aerogenerador en al menos dos grupos (4), según las correspondientes medidas de dirección de viento, donde los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador obtenidos por los medios de obtención de los valores indicativos de dirección de viento (1) y eficiencia (2) del aerogenerador son un valor indicativo de eficiencia (2') del aerogenerador para cada grupo (4) obtenido a partir de las medidas de eficiencia del aerogenerador de cada grupo (4).

Los medios de clasificación pueden clasificar además las medidas de dirección de viento con respecto a la dirección longitudinal de la góndola en los al menos dos grupos (4) según las propias medidas de dirección de viento con respecto a la dirección longitudinal de la góndola, y donde los valores indicativos de dirección de viento (1) obtenidos por los medios de obtención de los valores indicativos de dirección de viento (1) y eficiencia (2) del aerogenerador son un valor indicativo dirección de viento (1') para cada grupo (4) obtenido a partir de las medidas de eficiencia del aerogenerador de cada grupo (4).

El aerogenerador comprende unos medios de selección de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador correspondientes a cada valor indicativo de dirección de viento (1), donde los medios de selección seleccionan los valores indicativos de la eficiencia (2) del aerogenerador cuando:

- el aerogenerador está operativo y no realiza ninguna operación de orientación durante un periodo de tiempo en el que se obtienen los valores indicativos de dirección de viento (1) correspondientes, y/o
- el valor medio de una señal indicativa de velocidad de viento durante un periodo de tiempo en el que se obtienen los valores de dirección de viento (1) correspondientes se encuentra dentro de un rango predeterminado.

Los medios de cálculo calculan el valor de corrección del sistema de orientación para unos sectores de dirección de viento predefinidos.

#### EJEMPLO 1

La Figura 5 muestra la comparación entre el método de la presente invención (función predeterminada) para los valores indicativos de eficiencia y dirección de viento para cada grupo, y un método que aproxima los puntos por mínimos cuadrados a una función cuadrática (regresión cuadrática) para unos valores con la misma disposición, donde la función cuadrática o parábola no tiene máximo, por lo que la etapa de estimación del método que aproxima los puntos por mínimos cuadrados a la función cuadrática tiene como resultado un valor de error, mientras que el método de la presente invención siempre obtiene un valor de corrección, siendo además este método más robusto.

#### EJEMPLO 2

La Figura 6 muestra la comparación entre el método de la presente invención (función predeterminada) para los valores indicativos de eficiencia y dirección de viento para cada grupo, y un método que aproxima los puntos por mínimos cuadrados a una función cuadrática (regresión cuadrática) para unos valores con la misma disposición, donde la función cuadrática o parábola si tiene máximo, pero éste se encuentra muy alejado de la dirección de

viento real, con lo que el valor de corrección sería muy elevado, cerca de  $90^\circ$ , que muy probablemente no sea el valor de corrección correcto, mientras que el método de la presente invención obtiene un valor de corrección de  $13^\circ$ , que aun siendo alto, sigue siendo coherente.



**REIVINDICACIONES**

1.- Método de control de un aerogenerador, comprendiendo el aerogenerador:

- una góndola que comprende una dirección longitudinal, y
- un sistema de orientación,

donde el método comprende las siguientes etapas:

- una etapa de obtención de:
  - unos valores indicativos de dirección de viento (1) con respecto a la dirección longitudinal de la góndola, y
  - unos valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador correspondientes a cada valor indicativo de dirección de viento (1),
- una etapa de cálculo de un valor de corrección del sistema de orientación en función de los valores indicativos de dirección de viento (1) y de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador, y
- una etapa de corrección de la orientación de la góndola del aerogenerador en función del valor de corrección del sistema de orientación,

caracterizado por que la etapa de cálculo del valor de corrección del sistema de orientación comprende a su vez las siguientes subetapas:

- una subetapa de cálculo de unos parámetros de ajuste a una función predeterminada (3), para el ajuste de los valores indicativos de dirección de viento (1) y de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador a la función predeterminada (3), y
- una subetapa de cálculo del valor de corrección del sistema de orientación en función de al menos uno de los parámetros de ajuste calculados en la subetapa anterior.

2.- Método de control de un aerogenerador según reivindicación 1 caracterizado por que la función predeterminada es una función que relaciona la pérdida de eficiencia del aerogenerador con la dirección de viento con respecto a la dirección longitudinal de la góndola.

3.- Método de control de un aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que los parámetros de ajuste a la función predeterminada (3) de los valores indicativos de dirección de viento (1) y de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador de la subetapa de cálculo de los parámetros de ajuste son un offset "a" aplicado a los valores indicativos de dirección del viento (1) y un offset "b" aplicado a los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador que proporcionan un ajuste a la función predeterminada (3), y donde en la subetapa de cálculo del valor de corrección del sistema de orientación en función de al menos uno de los parámetros de ajuste se calcula el valor de corrección del sistema de orientación en función del offset "a" aplicado a los valores indicativos de dirección del viento (1).

4.- Método de control de un aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que los valores indicativos de dirección de viento (1) y los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador se obtienen respectivamente a partir de unas medidas de dirección de viento con respecto a la dirección longitudinal de la góndola y de unas medidas de eficiencia del aerogenerador correspondientes a cada medida de dirección de viento.

5.- Método de control de un aerogenerador según reivindicación 4 caracterizado por que la etapa de obtención de los valores indicativos de dirección de viento (1) y los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador comprende adicionalmente:

- una subetapa de clasificación de las medidas de eficiencia del aerogenerador en al menos dos grupos (4), según las correspondientes medidas de dirección de viento,

donde los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador obtenidos en la etapa de obtención de los valores indicativos de dirección de viento (1) y eficiencia (2) del aerogenerador son un valor indicativo de eficiencia (2') del aerogenerador para cada grupo (4) obtenido a partir de las medidas de eficiencia del aerogenerador de cada grupo (4).

6.- Método de control de un aerogenerador según reivindicación 5 caracterizado por que la etapa de obtención de los valores indicativos de dirección de viento (1) y los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador comprende adicionalmente:

- una subetapa de clasificación de las medidas de dirección de viento con respecto a la dirección longitudinal de la góndola en los al menos dos grupos (4) según las propias medidas de dirección de viento con respecto a la dirección longitudinal de la góndola ,

donde los valores indicativos de dirección de viento (1) obtenidos en la etapa de obtención de los valores indicativos de dirección de viento (1) y eficiencia (2) del aerogenerador son un valor indicativo dirección de viento (1') para cada grupo (4) obtenido a partir de las medidas de eficiencia del aerogenerador de cada grupo (4).

7.- Método de control de un aerogenerador según reivindicación 6 caracterizado por que los valores indicativos de dirección de viento (1) y de eficiencia (2) del aerogenerador de cada grupo (4) son unos valores medios calculados a partir de las medidas de dirección de viento y de las medidas de eficiencia del aerogenerador de cada grupo (4).

- 5 8.- Método de control de un aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7 caracterizado por que los al menos dos grupos (4) de la subetapa de clasificación de las medidas de eficiencia del aerogenerador son tres grupos (4).
- 9.- Método de control de un aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que la etapa de corrección de la orientación de la góndola del aerogenerador se lleva a cabo una vez que el valor de corrección del sistema de orientación es superior a un primer umbral.
- 10 10.- Método de control de un aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador correspondientes a cada valor indicativo de dirección de viento (1) se obtienen a partir de unos valores indicativos de la potencia eléctrica generada por el aerogenerador y de unos valores indicativos de la velocidad de viento.
- 15 11.- Método de control de un aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador correspondientes a cada valor indicativo de dirección de viento (1) son el coeficiente de potencia ( $C_p$ ).
- 20 12.- Método de control de un aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que comprende una etapa de selección de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador correspondientes a cada valor indicativo de dirección de viento (1), donde en la etapa de selección de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador se seleccionan los valores que cumplen que:
- el aerogenerador está operativo durante un periodo de tiempo en el que se obtienen los valores indicativos de dirección de viento (1) correspondientes, y
  - el aerogenerador no realiza ninguna operación de orientación durante el periodo de tiempo en el que se obtienen los valores indicativos de dirección de viento (1) correspondientes.
- 25
- 30 13.- Método de control de un aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que comprende una etapa de selección de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador correspondientes a cada valor indicativo de dirección de viento, donde en la etapa de selección de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador se seleccionan los valores que cumplen que:
- el valor medio de una señal indicativa de velocidad de viento durante un periodo de tiempo en el que se obtienen los valores indicativos de dirección de viento correspondientes se encuentra dentro de un rango predeterminado.
- 35
- 14.- Método de control de un aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que la etapa de cálculo del valor de corrección del sistema de orientación se lleva a cabo para unos sectores de dirección de viento predefinidos.
- 40 15.- Método de control de un aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que la etapa de cálculo del valor de corrección del sistema de orientación se lleva a cabo para diferentes rangos de velocidades de viento, potencia del aerogenerador o velocidad de giro del rotor.
- 45 16.- Método de control de un aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que durante la etapa de obtención de los valores indicativos de dirección de viento (1) y de los valores indicativos de la eficiencia (2) del aerogenerador, el sistema de control del aerogenerador permite un rango de desorientación de la dirección longitudinal de la góndola con respecto a la dirección de viento mayor que el rango de desorientación permitido fuera de la etapa de obtención de los valores indicativos de dirección de viento (1) y de eficiencia (2) del aerogenerador.
- 50 17.- Aerogenerador que comprende
- una góndola que comprende una dirección longitudinal,
  - un sistema de orientación,
  - unos medios de obtención de:
    - unos valores indicativos de dirección de viento (1) con respecto a la dirección longitudinal de la góndola, y
    - unos valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador correspondientes a cada valor indicativo de dirección de viento (1),
  - unos medios de cálculo de un valor de corrección del sistema de orientación en función de los valores indicativos de dirección de viento (1) y de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador, y
  - unos medios de corrección de la orientación de la góndola del aerogenerador en función del valor de corrección del sistema de orientación,
- 55
- 60 caracterizado por que los medios de cálculo del valor de corrección del sistema de orientación comprenden a su vez:

- o unos medios de cálculo de unos parámetros de ajuste a una función predeterminada (3) de los valores indicativos de dirección de viento (1) y de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador, y

donde los medios de cálculo del valor de corrección del sistema de orientación calculan el valor de corrección del sistema de orientación en función de al menos uno de los parámetros de ajuste.

18.- Aerogenerador según reivindicación 17 caracterizado por que la función predeterminada (3) es una función que relaciona la pérdida de eficiencia del aerogenerador con la dirección de viento con respecto a la dirección longitudinal de la góndola.

19.- Aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 17 ó 18 caracterizado por que los parámetros de ajuste a la función predeterminada de los valores indicativos de dirección de viento (1) y de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador son un offset "a" aplicado a los valores indicativos de dirección del viento (1) y un offset "b" aplicado a los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador que proporcionan un ajuste a la función predeterminada (3), y donde los medios de cálculo calculan el valor de corrección del sistema de orientación en función del offset "a" de la señal de dirección del viento

20. Aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 19 caracterizado por que comprende unos medios de medida de unas medidas de dirección de viento con respecto a la dirección longitudinal de la góndola y de unas medidas de eficiencia del aerogenerador correspondientes a cada medida de dirección de viento respectivamente para la obtención a través de los medios de obtención, de los valores indicativos de dirección de viento (1) y de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador.

21. Aerogenerador según reivindicación 20 caracterizado por que comprende unos medios de clasificación de las medidas de eficiencia del aerogenerador en al menos dos grupos (4), según las correspondientes medidas de dirección de viento, donde los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador obtenidos por los medios de obtención de los valores indicativos de dirección de viento (1) y eficiencia (2) del aerogenerador son un valor indicativo de eficiencia (2') del aerogenerador para cada grupo (4) obtenido a partir de las medidas de eficiencia del aerogenerador de cada grupo (4).

22.- Método de control de un aerogenerador según reivindicación 21 caracterizado por que los medios de clasificación clasifican las medidas de dirección de viento con respecto a la dirección longitudinal de la góndola en los al menos dos grupos (4) según las propias medidas de dirección de viento con respecto a la dirección longitudinal de la góndola, y donde los valores indicativos de dirección de viento (1) obtenidos por los medios de obtención de los valores indicativos de dirección de viento (1) y eficiencia (2) del aerogenerador son un valor indicativo dirección de viento (1') para cada grupo (4) obtenido a partir de las medidas de eficiencia del aerogenerador de cada grupo (4).

23.- Aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 22 caracterizado por que comprende unos medios de selección de los valores indicativos de eficiencia (2) del aerogenerador correspondientes a cada valor indicativo de dirección de viento (1), donde los medios de selección seleccionan los valores indicativos de la eficiencia (2) del aerogenerador cuando:

- el aerogenerador está operativo y no realiza ninguna operación de orientación durante un periodo de tiempo en el que se obtienen los valores indicativos de dirección de viento (1) correspondientes, y/o
- el valor medio de una señal indicativa de velocidad de viento durante un periodo de tiempo en el que se obtienen los valores de dirección de viento (1) correspondientes se encuentra dentro de un rango predeterminado.

24.- Aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 23 caracterizado por que los medios de cálculo calculan el valor de corrección del sistema de orientación para unos sectores de dirección de viento predefinidos.

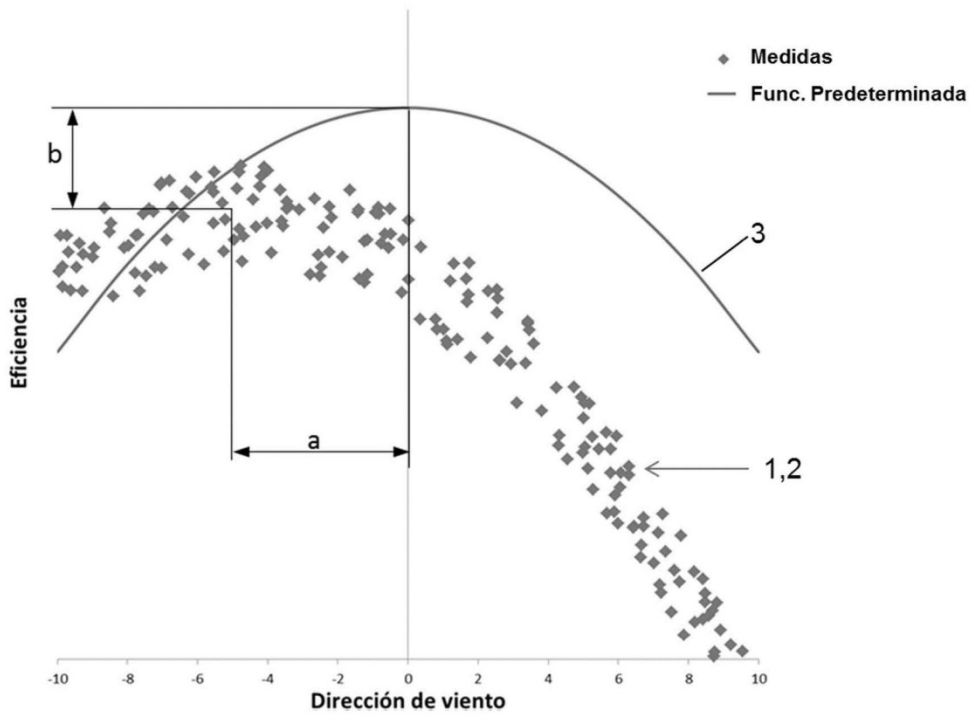


FIG. 1

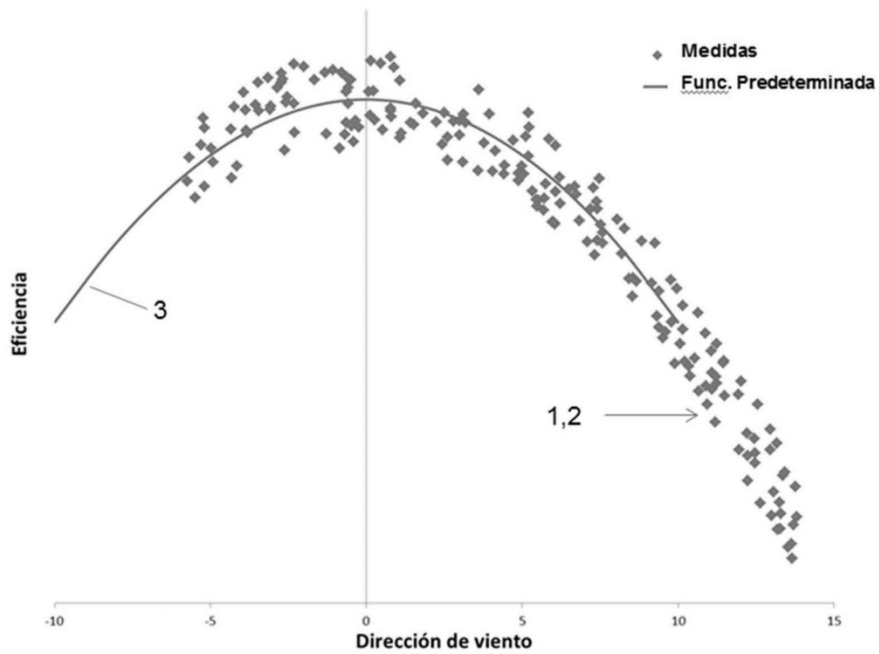


FIG. 2

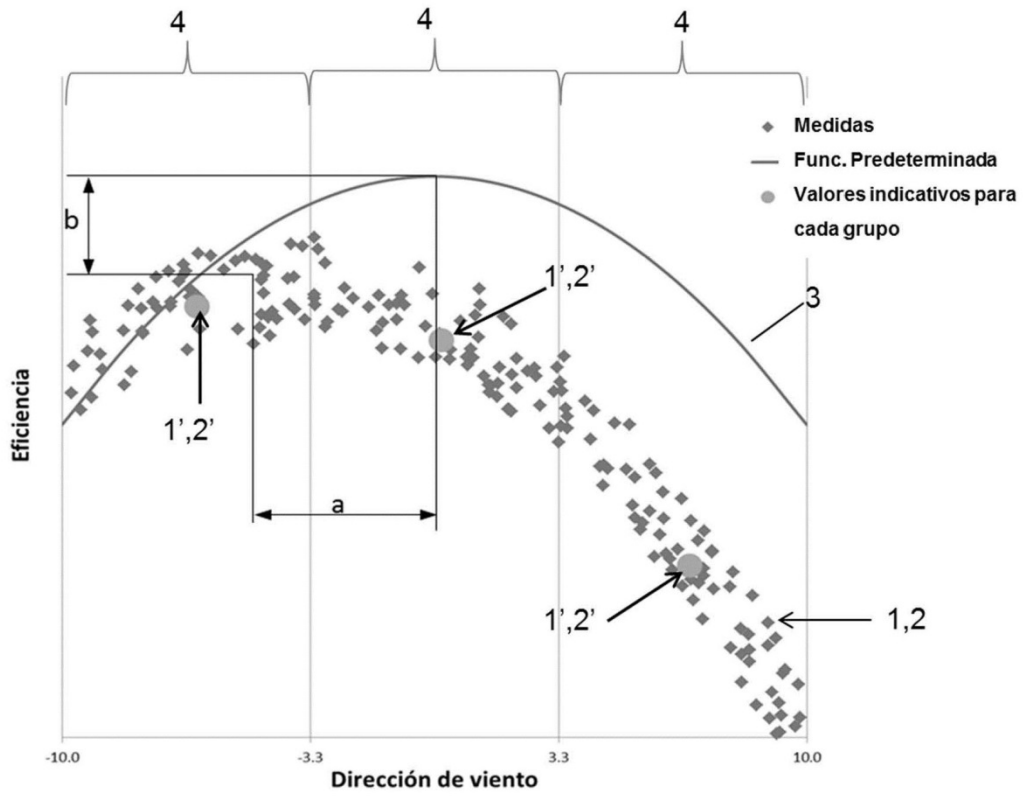


FIG. 3

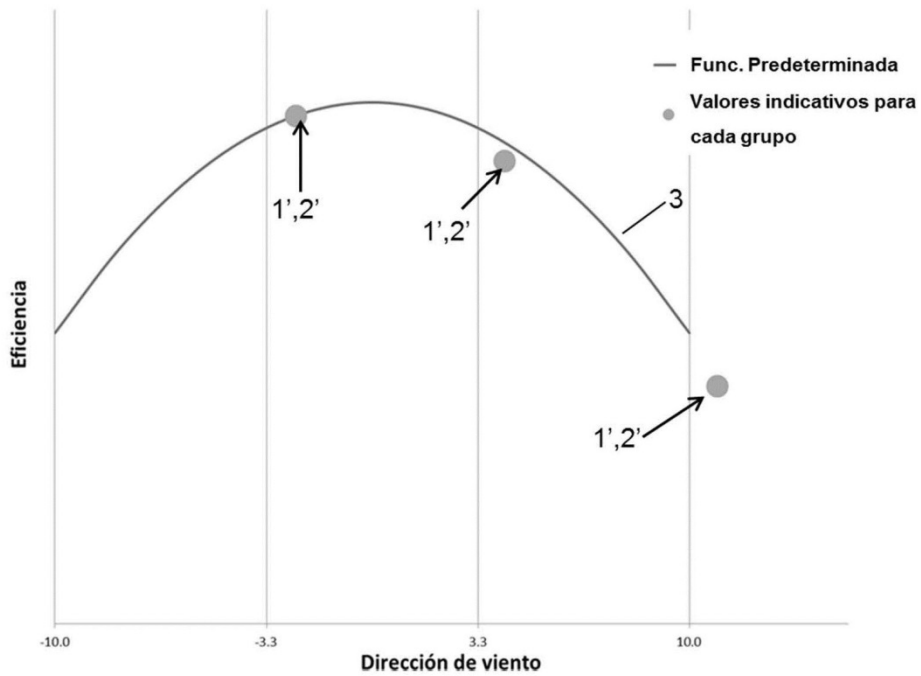


FIG. 4

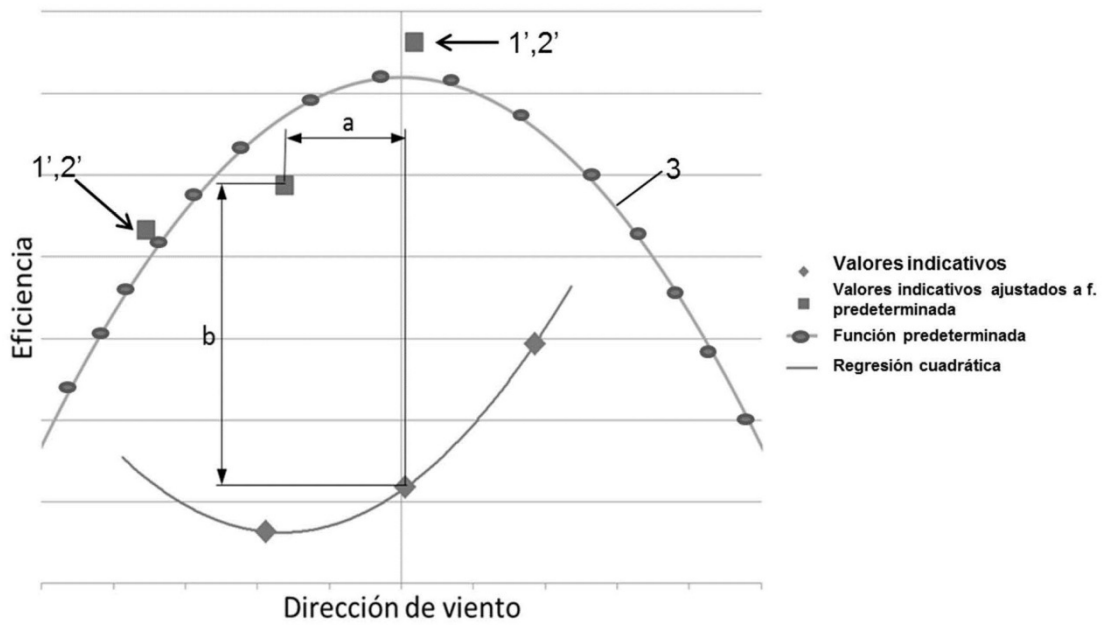


FIG. 5

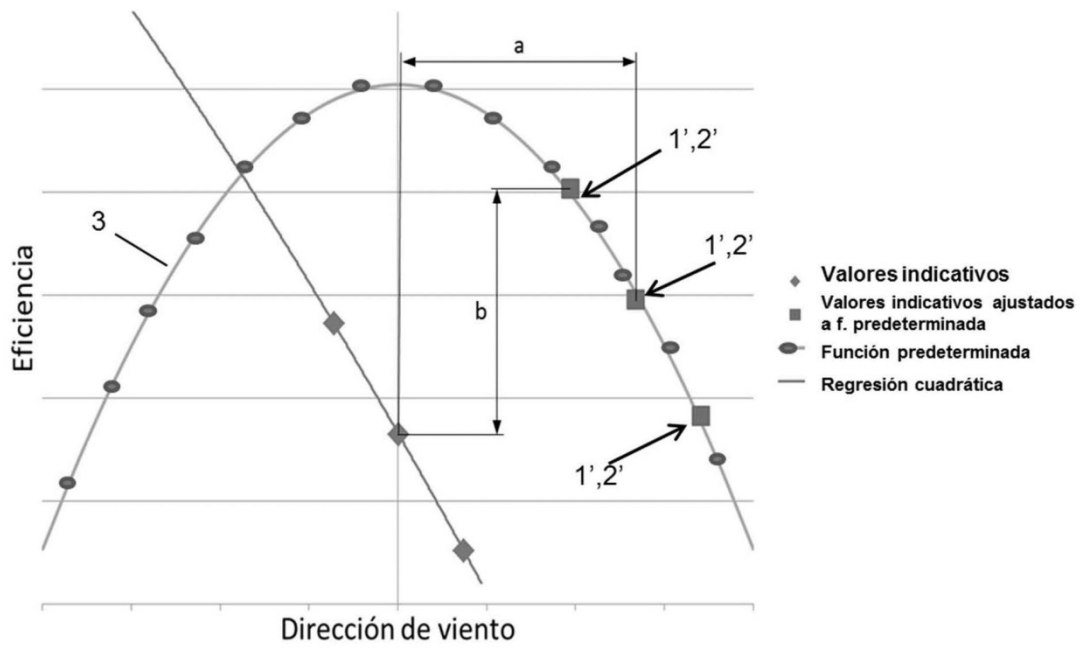


FIG. 6