

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 306 508**

21 Número de solicitud: 202332221

51 Int. Cl.:

**G01P 5/10** (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

**14.12.2023**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**25.03.2024**

71 Solicitantes:

**BRANCOLINO, Adrian Ricardo (100.0%)  
C/ Enrique Fajarnes 6, 4<sup>o</sup>C  
07014 Palma de Mallorca (Illes Balears) ES**

72 Inventor/es:

**BRANCOLINO, Adrian Ricardo**

54 Título: **DISPOSITIVO ANEMOMÉTRICO 1D SIN PARTES MÓVILES**

**ES 1 306 508 U**

**DESCRIPCIÓN**

**DISPOSITIVO ANEMOMÉTRICO 1D SIN PARTES MÓVILES**

**OBJETO DE LA INVENCION**

5

El sector de la técnica para este tipo de anemómetro está centrado en la tecnología de medición de la velocidad del viento, con aplicaciones específicas en meteorología, monitorización ambiental, otros campos donde la medición precisa de la velocidad del viento es esencial y donde por coste o tamaño no se podían emplear anteriormente.

La presente invención se refiere a un anemómetro de hilo caliente compacto que utiliza dos sensores de temperatura de estado sólido para medir la velocidad del viento en una dimensión (1D), lo que significa, que puede medir la intensidad del viento proveniente de cualquier dirección en un plano de manera precisa y eficiente. Utilizando un cabezal que permite un eficiente intercambio de calor mediante turbulencias, como también, proteger los sensores.

20

Este anemómetro de hilo caliente en particular, es un dispositivo de los clasificados como anemómetro térmico dispuesto para medir la velocidad del aire en un amplio rango de temperaturas y velocidades ambientales, que utiliza un método para medir dicha velocidad del aire, libre de influencia de la temperatura ambiente. El anemómetro está construido de forma compacta donde su cuerpo y cabezal se integran perfectamente. Contiene dos elementos sensores separados e iguales, y una unidad electrónica que contiene un microcontrolador, junto a otros sensores, y componentes electrónicos pasivos para el procesamiento de señales, control de funciones, detección del estado de los sensores, entradas y salidas de datos con el exterior por puerto serie, paralelo, analógico o inalámbrico, este último mediante la utilización de modulo transceptor.

Los elementos sensores del dispositivo anemométrico 1D, sin partes móviles, son termorresistencia o RTD (Resistance Temperature Detector) donde uno de ellos se auto calienta mientras que el otro dispositivo actúa como sensor de temperatura de estado sólido, estando expuestos por separado, pero simultáneamente durante el uso del dispositivo al flujo del aire. Siendo la energía consumida por la primera termorresistencia y su señal resultante, una indicación de la velocidad de la corriente de aire, como de la diferencia de temperatura entre la temperatura de funcionamiento forzada por la primera termorresistencia y la temperatura ambiente de la corriente de aire del segundo elemento sensor.

La información analógica de temperatura de las termorresistencias junto con la de excitación para mantener la sobre temperatura de la termorresistencia sobrecalentada, desarrollan señales que son proporcionales a la temperatura de la corriente de aire. Las dos señales de temperatura son adquiridas por el conversor analógico-digital de microcontrolador y se combinan

por un algoritmo de programa interno para generar una excitación. Tal que permite eliminar el efecto de cualquier variación de la temperatura ambiente y proporcionar una lectura de la velocidad de la corriente de aire independiente de dichas posibles variaciones de la temperatura.

5

### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 Esta invención parte de la base del proyecto de final de carrea titulado: Desarrollo de un anemómetro inalámbrico de bajo coste y sin partes móviles, presentado en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de les Illes Balears, en Palma de Mallorca, el día 20 de junio del 2015, siendo el autor Adrián Ricardo Brancolino y su director el doctor Jaume Verd Martorell.

15

Para la medición de la velocidad del viento se han empleado diversos métodos, como cazoletas giratorias, ultrasonidos, desplazamiento iónico, efecto Doppler con láser (LDA), diferencia de presión, destacando la anemometría térmica, enfoque principal de esta invención.

20

Los anemómetros térmicos convencionales calientan un elemento con un dispositivo calefactor para establecer una diferencia de temperatura con su entorno. El equilibrio térmico se logra mediante conducción y convección térmicas. Cuando el aire circundante se mueve, la convección térmica aumenta y el elemento se enfría, relacionándose esta reducción con la velocidad del viento. La geometría del sensor y su interacción con el ambiente definen correlaciones empíricas recogidas en amplia biografía.

25

Para garantizar la precisión, el elemento caliente debe estar en contacto directo con el fluido. Tecnologías anteriores proponen modificaciones en el montaje del elemento para hacerlo sumergible o sensores anemométricos en soportes elevados mediante microelectrónica y micromecanizado.

30

En estos tipos de anemómetros se emplea un circuito de puente resistivo con una rama que contiene una resistencia dependiente de la temperatura. Donde se aplica potencia eléctrica, que se traduce en térmica, hasta que se restablece el equilibrio. Este enfoque analógico es sensible al ruido y de respuesta lenta. Una estrategia alternativa, basada en "diferencia de temperatura constante", es más rápida.

35

40

Anemómetros térmicos han incorporado modificaciones en el número de amplificadores, independencia de la fuente de alimentación y redundancia con las medidas de referencias y adquisición.

45

A pesar de sus usos extendidos, los anemómetros térmicos convencionales presentan inconvenientes, como la influencia de la temperatura del fluido en las mediciones, la fragilidad de los sensores o las aplicaciones con

grandes cambios de temperatura. También se han empleado configuraciones con hilos finos o películas delgadas, pero los problemas de dependencia térmica y fragilidad persisten.

5           Dependiendo del tipo de flujo de aire, laminar o turbulento, puede influir en la estabilidad y precisión de las mediciones del anemómetro térmico. Un flujo laminar puede ofrecer condiciones más favorables para mediciones estables, mientras que un flujo turbulento requiere de una compensación diferente por parte del circuito o algoritmo del dispositivo.

10

### DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

15

La presente invención se refiere a un anemómetro de hilo caliente compacto por sus reducidas dimensiones utilizando un cuerpo tubular, que dispone de dos termorresistencias de platino o RTD de estado sólido para medir la velocidad del viento proveniente de cualquier dirección, en un plano, de manera precisa y eficiente. Utilizando un cabezal que permite crear turbulencias sobre la termorresistencia sobrecalentada. La diferencia de temperatura es constante mientras no varíe la temperatura ambiente usada como referencia y tomada por la otra termorresistencia.

25

Opcionalmente las termorresistencias pueden ser reemplazadas por termistores que funcionan como sensores de temperatura, pudiendo tener un coeficiente de temperatura negativo llamado NTC (Negative Temperature Coefficient) o con coeficiente de temperatura positivo llamado PTC (Positive Temperature Coefficient). La elección entre RTD o sensor metálico, NTC y PTC o sensores semiconductores, dependerá de los requisitos específicos de la aplicación, el rango de temperaturas, la precisión necesaria y otros factores.

30

La necesidad de un cabezal especialmente diseñado radica en la creación de una turbulencia específica que garantiza un intercambio eficiente de calor en la disipación térmica entre el termistor sobrecalentado y el flujo de aire de referencia. Esta transformación convierte un flujo inicialmente laminar en uno turbulento y mantiene esta turbulencia de manera constante. Esta integración proporciona al sistema anemométrico la precisión y eficiencia necesarias para el cálculo preciso de la velocidad del viento. Además, actúa como una protección mecánica, evitando la rotura del elemento sensor y la contaminación ambiental que podría resultar en lecturas incorrectas de la velocidad del viento.

35

40

El anemómetro utiliza dos sensores metálicos o semiconductores cuya resistencia varía de manera predecible con la temperatura. Estos sensores están equipados con conexiones eléctricas o terminales en cada extremo del elemento, facilitando su conexión a un circuito eléctrico asociado. Además,

45

cuentan con un recubrimiento protector que mejora la durabilidad y la resistencia a condiciones ambientales adversas.

5 La relación entre la resistencia y la temperatura se describe mediante una curva de calibración específica del material utilizado. Por lo que se utiliza la ley de variación de resistencia en función de la temperatura del platino para una termorresistencia PT100, siendo esta la opción preferente utilizada.

10 Para generar la sobre temperatura, uno de los sensores actúa como un elemento auto calentado o sobrecalentado. Para ello se aplica una corriente eléctrica a sus terminales que lo calienta deliberadamente, creando una diferencia de temperatura controlada entre este sensor y el entorno.

15 Como es necesario conocer y controlar la diferencia de temperatura, el segundo elemento sensor actúa como un sensor de temperatura ambiente. Este sensor está expuesto al flujo de aire ambiente y detecta su temperatura. La diferencia de temperatura entre los dos sensores será constante mientras no varíe la temperatura ambiente de referencia. Si la temperatura ambiente de referencia cambia, la diferencia de temperatura o salto térmico, puede variar en  
20 función de las necesidades de operación fijadas en el algoritmo de control.

Ambos sensores están expuestos simultáneamente al flujo de aire durante el funcionamiento del anemómetro. El sensor sobrecalentado se encuentra en el cabezal y el otro elemento sensor de temperatura ambiente en  
25 el cuerpo del anemómetro, pudiendo también estar en el cabezal según los requerimientos de la aplicación.

El sensor sobrecalentado consume una cantidad de energía que depende de la velocidad del flujo de aire. A medida que el aire fluye y refrigera  
30 dicho sensor, la cantidad de energía consumida varía proporcionalmente a la velocidad del viento. La energía es entregada por medio de una técnica de modulación de ancho de pulso llamada PWM (Pulse Width Modulation). Mientras el sensor se calienta, su resistencia eléctrica cambia de acuerdo con la temperatura. Esta variación de resistencia se puede medir y utilizar para  
35 inferir la temperatura del sensor. Los parámetros de trabajo como la frecuencia y la amplitud de la señal de modulación de ancho de pulso pueden cambiar dependiendo de las necesidades del sistema de control. A dicha modulación se la denominara de alta frecuencia.

40 Conjuntamente a la modulación de alta frecuencia, se aplica otra modulación de baja frecuencia que permite mejorar la resolución del control de temperatura del sensor sobrecalentado, y adquirir los valores analógicos de los sensores. Esta modulación de baja frecuencia puede cambiar dependiendo de las necesidades, como la velocidad de adquisición de la medida de los datos  
45 de la corriente de aire y otros parámetros como, repetitividad de lecturas o tiempos de procesamiento, entre otros.

Ambos sensores generan señales analógicas proporcionales a sus

respectivas temperaturas. Las señales analógicas se adquieren mediante un conversor analógico-digital de la unidad electrónica del anemómetro, en el momento donde tanto la modulación de ancho de pulso de alta frecuencia combinada con la de baja frecuencia, se encuentran a un valor conveniente para su adquisición evitando interferencias.

Un algoritmo incorporado en el microcontrolador procesa las señales analógicas, previamente convertidas a digitales, que representan las temperaturas. Este algoritmo realiza cálculos para determinar la excitación de modulación de ancho de pulso necesaria con el fin de mantener la temperatura del sensor en un estado sobrecalentado. Además, el sistema se ajusta de manera dinámica basándose en las señales adquiridas, mediante un lazo cerrado controlado por un controlador proporcional, integral y derivativo (PID).

El algoritmo compensa cualquier variación en la temperatura ambiente, asegurando que la medición de la velocidad del viento sea independiente de las fluctuaciones térmicas externas, variando la diferencia de temperatura entre el sensor sobrecalentado y el otro sensor de temperatura ambiente, por medio del cambio en las modulaciones de ancho de pulso.

La velocidad del flujo de aire a medir debe atacar al cabezal de forma perpendicular al cuerpo, pudiendo variar este ataque por más o menos 15 grados aproximadamente sin que esto afecte a la medición.

La inferencia de las señales de temperatura, la compensación por las variaciones en la temperatura ambiente, el uso de doble modulación de ancho de pulso, el controlador proporcional, integral y derivativo y el procesamiento realizado por el algoritmo implementado en el programa del microcontrolador, proporciona la información esencial para establecer una correlación precisa para calcular la velocidad del viento en función del tiempo, expresada en unidad de distancia sobre tiempo como puede ser km/h. Este proceso de correlación se lleva a cabo a través de la consulta de una tabla que contiene los datos de calibración, o mediante la aplicación de una ecuación de transferencia a la cual se han incorporado las constantes de calibración pertinentes. Dando como resultado una lectura precisa de la velocidad del flujo de aire.

La aplicación de doble modulación de ancho de pulso al sensor para su sobrecalentamiento, junto con la implementación de técnicas de sobre muestreo para mejorar la precisión del conversor analógico-digital, logra un uso altamente eficiente de la energía eléctrica. Esta eficiencia permite alcanzar las temperaturas deseadas en el sensor sobrecalentado con una baja tensión de trabajo, resultando en una corriente de trabajo reducida que mejora las prestaciones del dispositivo anemométrico.

Dado el bajo consumo de energía, que puede llegar a ser de tan solo 1 miliamperio, y la posibilidad de operar con bajas tensiones de alimentación desde 3,3 voltios, hacen que el dispositivo pueda ser alimentado con una

batería recargable de una sola celda o con baterías convencionales. Además, gracias a su eficiencia energética, es apto para ser alimentado por una celda solar, ofreciendo así la opción de recargar la batería de manera sostenible con energía solar.

5

La información del estado de funcionamiento, velocidad del viento y temperatura, inferida a partir del valor de resistencia del sensor de temperatura ambiente, junto con datos de posibles sensores adicionales de temperatura y humedad, presión atmosférica, entre otros, se procesa y se envía al exterior a través de los cables de conexión (ver Dibujo 1, apartado 10) que se corresponden con entradas y salidas serie, digitales y analógicas.

10

Estos cables realizan la función de comunicación serie, paralelo, digital y analógico, donde el puerto serie puede ser configurado como UART (Receptor-Transmisor Asíncrono Universal), I2C (Circuito Integrado Interconectado), SPI (Interfaz Periférica Serial), CAN (Red de Área de Controlador), RS485, entre otras opciones.

15

Según el tipo de aplicación específica a la que se someta el anemómetro, serán requeridos sensores adicionales, tales como de temperatura y humedad, presión atmosférica, o de conexión serie, pudiendo ser ubicados tanto dentro como fuera del cuerpo tubular del dispositivo anemométrico mediante el uso de los puertos de comunicación disponibles.

20

Estos puertos de comunicación pueden conectarse a un transceptor de radio, que puede estar dentro o fuera del cuerpo tubular, permitiendo la transmisión de información desde los sensores hacia ubicaciones distantes sin la necesidad de conexiones por cable. Esto puede lograrse mediante tecnologías como Bluetooth, LoRa, LoRaWAN, IoT-NarrowBand, telefonía móvil, WiFi, entre otras, dependiendo de la configuración.

25

30

Los puertos de comunicación son bidireccionales y, junto con el programa del microcontrolador, se puede interactuar para la carga de parámetros de calibración, actualización del programa y cambios en los modos de trabajo, tanto para el procesamiento de la adquisición de la velocidad del viento como para la programación de alarmas.

35

Estas alarmas, que activan un estado de salida manifestado como un cambio de estado lógico o nivel en la salida cableada, se configuran de manera que, al alcanzar un umbral de viento, generen un cambio de estado en una de las líneas de entrada/salida de conexión paralela. Este cambio de estado puede activar un dispositivo externo, como un relé, luz o cualquier otro dispositivo necesario.

40

El ajuste de este umbral de alarma se realiza modificando el valor de un parámetro recibido a través del puerto serie o ajustando el valor analógico de una de las líneas de entrada/salida de conexión paralela.

45

Las alarmas también pueden ser de otro tipo, como las relacionadas con la temperatura, humedad, combinaciones o vinculadas a otros sensores adicionales que pueda tener el modelo elegido.

5 El dispositivo anemométrico 1D sin partes móviles posee un algoritmo interno en el microcontrolador para auto calibrarse en temperatura y velocidad de viento mediante la utilización de cámara climática y túnel de viento o similar.

### 10 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

10

Dibujo 1: Estructura general del anemómetro.

15 En el dibujo 1, se presenta una vista general del anemómetro, destacando sus principales componentes. El cuerpo del dispositivo alberga una unidad electrónica con un microcontrolador (6), placa de circuito impreso (4), regulador y fuente de tensión (7), sensores adicionales como temperatura y humedad, presión atmosférica (5), dos elementos sensores metálicos o semiconductores, para la medición de temperatura del aire (2) y el sensor sobre calentado (1). Estos elementos, esenciales para la medición precisa, se encuentran estratégicamente ubicados en el cuerpo compacto (8) junto a el conector de entradas / salidas de datos serie y paralelo o analógico (11), el cable de datos (10), el retenedor de cable y sello (9) y en el cabezal del anemómetro (3).

25 Dibujo 2: Detalle del cabezal y ataque del flujo de aire.

30 El dibujo 2 ofrece un detalle específico del cuerpo compacto (15) y del cabezal del anemómetro, enfocándose en cómo el flujo de aire incide perpendicularmente (12) al sensor (13). Se resalta mediante un corte (14) la geometría cóncava del cabezal, la cual permite una interacción eficiente con el viento para una medición óptima de la velocidad del aire y una protección mecánica del sensor.

35 Dibujo 3: Detalle del cabezal con vista del sensor sobre calentado.

40 En el dibujo 3, se presenta un enfoque detallado del cabezal, destacando la disposición del sensor de sobrecalentamiento (18). La representación visual ilustra claramente que el formato preferido para el tubo es circular (16) y cómo se instala el sensor para asegurar un calentamiento uniforme. Además, se muestra la apertura correspondiente para la conexión de los terminales con la unidad electrónica (19) y la forma cóncava con una geometría especialmente diseñada (17), que resulta crucial para la protección, el intercambio de calor y la precisión de las mediciones en diversas condiciones ambientales.

45

Estos dibujos proporcionan una visión completa de la estructura y funcionamiento del anemómetro, sirviendo como guía visual para comprender la disposición y relación de sus componentes clave.



**REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION**

5 La presente invención se materializa en la construcción de un anemómetro térmico diseñado para medir con precisión la velocidad del aire en diversas condiciones ambientales, compacto, de fácil instalación e integración con sistemas existentes de adquisición de datos.

10 La realización preferente de este dispositivo incorpora un enfoque basado en la tecnología de termorresistencia, utilizando un sensor metálico de platino en su versión comercial PT100. El dispositivo anemométrico destaca por su capacidad para eliminar la influencia de la temperatura ambiente en las mediciones, garantizando lecturas fiables y precisas a lo largo del tiempo. Como así también, el poder ser instalado o integrado en otros sistemas, sin mayor complicación por su diseño compacto con protección de los sensores, 15 haciendo que el dispositivo sea robusto y apto para aplicaciones industriales.

20 El anemómetro 1D sin partes móviles cuenta con una estructura tubular compacta (8), preferentemente cilíndrica y de metal como el aluminio, que integra de manera eficiente todas las partes clave. Entre estas, se incluyen la placa de circuito impreso (PCB) preferentemente sobre una base FR4, el cabezal de medición (3) preferentemente de POM (Polioximetileno, Delrin), el microcontrolador (6) y dos sensores termoresistivos (1) (2), junto al resto de componentes donde cada uno cumple un papel específico.

25 Del circuito impreso (4) saldrán los cables (10) necesarios para la alimentación, comunicación y calibración. Estos preferentemente terminarán en un conector rápido (11), que podría estar en la misma tapa (9) o alejados con los propios cables según los requerimientos.

30 La electrónica (4) será introducida en un tubo (8), pudiendo contar con orificios para la toma de humedad ambiente, presión atmosférica e indicación luminosa. Por un extremo del tubo saldrán los cables (10) o conector (11), y por el otro donde está el sensor sobre calentado (1) irá un cabezal diseñado para 35 reconducir y generar turbulencias necesarias para el intercambio de calor y fijarse a la boca del tubo (3).

40 Una vez fijada la electrónica y el sensor junto a su cabezal, se inyectará en el interior del tubo una solución selladora que hará también de soporte, preferentemente silicona de grado electrónico de dos componentes, que impedirá la entrada de humedad e inmovilizará las partes que componen el dispositivo.

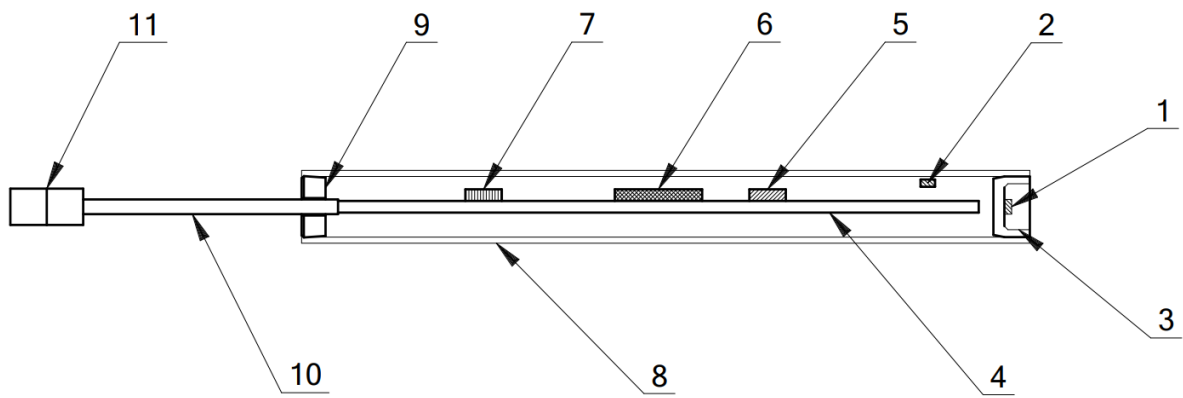
45 Externamente al conjunto, tubo, cabezal, sensor, del dibujo 3, se le aplicará una o varias capas de pintura, preferentemente con base epoxi, para otorgar impermeabilización y protección a la corrosión, especialmente a las conexiones (19).

Este anemómetro compacto, presentado en un formato tubular, resulta ideal para la monitorización de diversos parámetros, tales como velocidad, temperatura, humedad y caudal, en tubos de ventilación o sistemas de aire acondicionado. Además, se adapta eficazmente a unidades refrigeradas por viento forzado, neveras con ventilación forzada, protección por viento para seguidores solares, toldos y aplicaciones relacionadas con el nivel de viento.

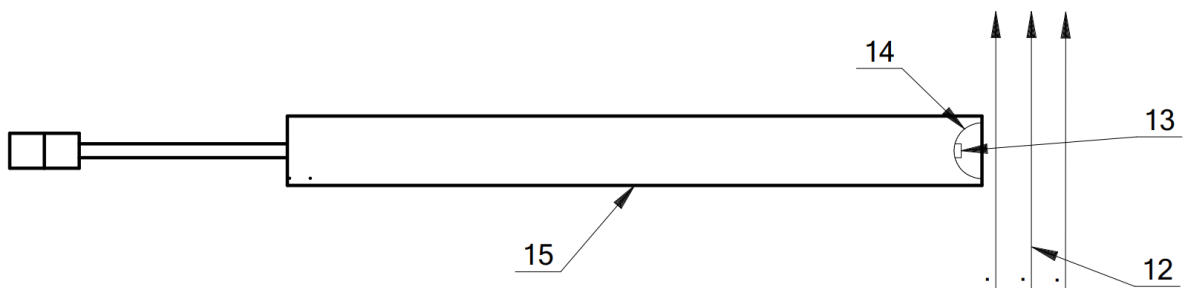
## REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo anemométrico 1D sin partes móviles que se caracteriza por ser compacto disponiendo de un cuerpo tubular (8) en el que se integran los sensores (1) (2) (5), electrónica (4), cabezal (3), entradas y salidas de cables (10) o conector (11).
- 10 2. Dispositivo anemométrico 1D sin partes móviles de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por disponer de un cabezal (3) para generar y conducir turbulencias (17) y protección de los sensores que lo incorporan (18).
- 15 3. Dispositivo anemométrico 1D sin partes móviles de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, caracterizado por disponer de dos sensores termoresistivos o termistores (1) (2), donde el auto calentado (1) se produce por doble modulación de ancho de pulso.
- 20 4. Dispositivo anemométrico 1D sin partes móviles de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, caracterizado por disponer de la posibilidad de incorporar sensores adicionales (5), tales como de temperatura y humedad, presión atmosférica, y de conexión serie (10).
- 25 5. Dispositivo anemométrico 1D sin partes móviles de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, caracterizado por disponer de un algoritmo interno en el microcontrolador (6) para auto calibrarse en temperatura y velocidad de viento.
- 30 6. Dispositivo anemométrico 1D sin partes móviles de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, caracterizado por disponer de la posibilidad de incorporar distintos tipos de comunicaciones serie (10) como, UART, I2C, SPI, CAN, RS485, según su configuración.
- 35 7. Dispositivo anemométrico 1D sin partes móviles de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, caracterizado por su capacidad para comunicar (10) (11) con transceptores de comunicación por radiofrecuencia tales como, Bluetooth, LoRa, LoRaWAN, IoT-NarrowBand, telefonía móvil, WiFi, según su configuración.
- 40 8. Dispositivo anemométrico 1D sin partes móviles de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, caracterizado por disponer de entradas y salidas serie, digitales y analógicas (10) (11).
- 45 9. Dispositivo anemométrico 1D sin partes móviles de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, caracterizado por su diseño de mínimos componentes electrónicos, bajo voltaje de operación a partir de 3.3 voltios y bajo consumo nominal desde 1 miliamperio.

Dibujo 1



Dibujo 2



**Dibujo 3**

