

MEMORIA DESCRIPTIVA

DE LA

PATENTE DE INVENCION

Sobre:

“Dispositivo dinámico de medición de los niveles de dióxido de carbono en el aire”

Solicitada por:

Comisión Nacional de Energía Atómica
con domicilio en Av. Del Libertador 8250, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

&

Universidad Nacional de Tres de Febrero
con domicilio en Av. Gral. Mosconi 2736, Sáenz Peña, Provincia de Buenos Aires.

Inventores:

PONZONI LUCIO MARÍA EMILIO
NICOLETTI PAULA

Por el plazo de: 20 años

TÍTULO DE LA INVENCION

Dispositivo dinámico de medición de los niveles de dióxido de carbono en el aire.

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

Dispositivos de medición de concentración o presencia de gases, más específicamente dispositivos de detección de gases, capaces de medir calidad del aire en ambientes cerrados mediante un sensor calibrado de bajo costo, por ejemplo dióxido de carbono (CO₂), entre otras funciones posibles, para disminuir el riesgo de contagios por COVID-19.

ESTADO DE LA TÉCNICA Y PROBLEMAS A SOLUCIONAR

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la propagación del COVID-19 ocurre con mayor frecuencia cuando una persona infectada está en contacto estrecho o directo con otra persona. El riesgo de propagación del virus es más elevado en espacios cerrados, de mucha concurrencia de personas y con una ventilación deficiente, donde las personas pasan largos periodos muy cerca unas de otras. Mejorar la ventilación de este tipo de espacios puede reducir el riesgo de propagación del virus en los mismos, esto implica introducir aire limpio en un espacio al tiempo que se elimina el aire viciado, a fin de mantener o mejorar la calidad del aire.

La OMS recomienda que los niveles de concentración de CO₂ en interiores no excedan las 1.000 ppm (partes por millón). El fenómeno que explica esta relación es que el ser humano al exhalar emite concentraciones de dióxido de carbono que, si se encuentra en un lugar cerrado, se acumulan. Si en este espacio hay muchas personas, el nivel de emisión se multiplica y por ende la concentración de dióxido de carbono aumenta. A medida que la concentración de este gas aumenta también lo hace el porcentaje de veces que este aire ya ha sido inhalado y expirado por otras personas. En un contexto de pandemia donde esta enfermedad se transmite al respirar las partículas virales de una persona contagiada, es primordial garantizar una calidad de aire adecuada en la mayor cantidad de espacios cerrados posible, sobre todo en ámbitos como escuelas, hospitales, lugares de trabajo, restaurantes y bares, etc., con el fin de mantener bajo el riesgo de contagio.

Es por esto que un objetivo de la presente invención es poner a disposición un dispositivo cuya performance sea comparable en calidad y confiabilidad con equipamiento profesional pero que tenga un costo de hardware reducido de forma que pueda ser accesible para la mayor cantidad de personas e instituciones posible, y niveles de exactitud acordes a la necesidad de medir concentración de dióxido de carbono en espacios cerrados. En el estado del arte existen diversas aproximaciones a los problemas planteados, sin embargo ninguna los resuelve en su totalidad.

Por ejemplo, el documento de modelo de utilidad (o patente de utilidad de acuerdo a la nomenclatura utilizada por la oficina emisora) [CN206338905U](#) titulado “Monitoring of room carbon dioxide and breather” describe un dispositivo de ventilación y monitoreo de dióxido de carbono en la habitación. El dispositivo está compuesto por un sensor de concentración de dióxido de carbono, un ventilador, un circuito de control, un controlador y un indicador. La corriente de detección del circuito de monitoreo está conectada con la corriente de operación y el extremo de entrada de control del ventilador, y la corriente de operación y la transición de estado automático del ventilador se monitorean mediante la detección la corriente de funcionamiento del ventilador y el encendido y apagado del circuito de control. La salida de señal del circuito de monitoreo está conectada al puerto de E / S del controlador, que es un terminal de salida de señal conectado al extremo de entrada de control del ventilador para formar un circuito de control de bucle cerrado; y el puerto de E / S del controlador que conecta el terminal de entrada de la señal de control del indicador forma un circuito de visualización de estado. Sin embargo, el documento de modelo de utilidad mencionado no soluciona el problema ya que no enseña cómo construirlo a partir de piezas económicas, principalmente de un sensor económico, y el ventilador mencionado, el cual se prende y apaga automáticamente a partir de la medición del sensor, se utiliza para ventilar el aire del ambiente pero no para mejorar la lectura y precisión del sensor. Para cualquier persona medianamente

versada en la materia es sabido que resolver un problema económico puede resolverse mediante una solución técnica. Cualquier persona sabe que usualmente los dispositivos o partes electrónicas, como por ejemplo los sensores, usualmente tienen menor calidad, menor precisión y menores prestaciones en general que los dispositivos más costosos. Así, lograr los mismos resultados en cuestión de calidad, precisión, efectividad, etc. utilizando electrónicas económicas o de mejor costo representa un problema técnico.

La solicitud de patente [CN110925946A](#) titulada "Household air quality detection system" describe un sistema de detección de la calidad del aire doméstico que incluye un controlador central, un módulo de potencia, un módulo de detección de la calidad del aire todo en uno, un dispositivo de alerta temprana, una pantalla táctil, un purificador de aire, un acondicionador de aire y un humidificador. El módulo de detección de calidad del aire todo en uno está compuesto por un sensor de temperatura y humedad, un sensor de oxígeno, un sensor de dióxido de carbono, un sensor de PM2.5 / PM10, un sensor de formaldehído y un sensor de COVT, y los extremos de salida del el sensor de temperatura y humedad, el sensor de oxígeno, el sensor de dióxido de carbono, el sensor PM2.5 / PM10, el sensor de formaldehído y el sensor COVT están todos conectados al extremo de entrada del controlador central; y el extremo de salida del módulo de potencia está conectado al extremo de entrada del controlador central, el extremo de salida del controlador

central está conectado al dispositivo de alerta temprana y la pantalla táctil, y el controlador central está en comunicación con el purificador de aire, el aire acondicionado y el humidificador a través de un dispositivo de comunicación inalámbrico. El sistema de detección de la calidad del aire doméstico puede detectar de manera integral la calidad del aire interior y también puede realizar ajustes de retroalimentación en tiempo real. Sin embargo la precisión en la medición se logra mediante el uso de un sensor de alta sensibilidad, por lo que el sensor que utiliza el dispositivo descrito en dicho documento, el MG811, no es un sensor económico (tiene una relación de 20 a 1 en costo comparado con los sensores más económicos) y la divulgación no enseña cómo construir el mismo dispositivo utilizando un sensor más económico.

El documento de solicitud de patente [CN107842927A](#) titulado “Intelligent building ventilation system based on MQ-135” describe un sistema de ventilación de edificios basado en MQ-135 que puede monitorear la calidad del aire en un edificio inteligente y purificarlo. El sistema incluye sensor de gas, microprocesador, ventilador y dispositivo de alarma MQ-135. La invención cuenta con un ventilador, un dispositivo para abrir ventanas, un dispositivo purificador de aire y un dispositivo de detección de infrarrojos para detectar si hay personas en la habitación, incrementando el costo por cada unidad de equipamiento. Sin embargo, si bien el dispositivo cuenta con un ventilador conectado eléctricamente al microprocesador, cuando los datos detectados en el microprocesador

exceden un umbral preestablecido, el ventilador se pone en marcha para dispersar gases tóxicos y nocivos del ambiente. Dicho ventilador no es utilizado para mejorar la lectura y precisión del sensor. Además, el sensor MQ-135 utilizado sin modificaciones o complementos no tiene una alta sensibilidad por lo cual la medición obtenida puede no ser confiable bajo determinadas condiciones, exponiendo a las personas en la habitación a riesgos de contagio.

El documento de patente [CN212061406U](#) titulado “Classroom ventilation monitoring system” describe un sistema de monitoreo y monitoreo de la ventilación que puede detectar la concentración de CO₂ en el aire en el aula en tiempo real, y puede monitorear y avisar en línea y de forma remota en tiempo real. El sistema incluye monitores de dióxido de carbono dispuestos e instalados en cada aula, conectados por medio de una señal a monitores de dióxido de carbono externos colocados en el campus. Sin embargo, requiere monitores externos de dióxido de carbono con una presión elevada adecuada para determinar si es necesaria la ventilación por ventanas, incrementando el costo del sistema, ya que como se dijo, los sensores de mayor precisión y sensibilidad son más costosos.

El efecto Venturi consiste en un fenómeno en el que un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado, por ejemplo aire, disminuye su presión cuando aumenta la velocidad al pasar por una zona de sección menor. En ciertas condiciones, cuando el aumento de velocidad es muy

grande, se llegan a producir grandes diferencias de presión y entonces, si en este punto del conducto se introduce el extremo de otro conducto, se produce una aspiración del fluido de este conducto, que se mezclará con el que circula por el primer conducto.

En el documento RYU, Byunghoon; CHEN, Jay; KURABAYASHI, Katsuo; LIANG, Xiaogan; PARK, Younggeun. Integrated on-site collection and detection of airborne microparticles for smartphone-based microclimate quality control. The Royal Society of Chemistry, 2020, se describe un microsistema integrado basado en teléfonos inteligentes para la recolección y detección en tiempo real de micropartículas en el aire en interiores por medio de un biochip y un fotodetector. El dispositivo de recolección, inspirado en el Efecto Venturi, fue diseñado para recolectar micropartículas en el aire sin requerir bombas adicionales. Sin embargo, no utiliza sensores electroquímicos para la detección de gases y el efecto Venturi no es utilizado para mejorar la lectura y precisión de la medición sino que se aplica con el objetivo de no utilizar bombas de flujo.

De esta manera, el problema a resolver implica compensar la diferencia de calidad de sensores, (sensor económico de baja sensibilidad y precisión versus sensores más costosos de mayor sensibilidad y precisión, sensores de toma de medición más lentos y más económicos versus sensores más rápidos y más costosos, dispositivos de medición de gases más económicos y menos precisos) mediante el diseño de

estrategias que permitan contar con un dispositivo de medición de gases, principalmente CO₂ que utilice un sensor económico y aún así permita obtener mediciones confiables para evitar la propagación de enfermedades por contaminación del aire. Además, la medición es poco precisa y mucho más lenta al realizarse con sensores electrolíticos, los cuales son más económicos. Si bien los sensores láser son más rápidos estos cuestan mucho más.

Asimismo, otros tipos de sensores (por ejemplo los sensores mems) tienen la ventaja de ser económicos, tiene el problema de presentar una menor sensibilidad comparado con sensores más costosos. Para resolver dichos problemas, es decir, para compensar la diferencia de calidad de sensores, la presente invención incorpora un dispositivo para aumentar el flujo de aire que se conduce hasta el sensor y además propone un dispositivo y software ad-hoc de control de forma de lograr una dinámica particular en la toma de muestra.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un dispositivo dinámico de medición de los niveles de dióxido de carbono en el aire que comprende al menos un sensor electroquímico de medición de concentración de gases, dichos gases pueden comprender CO₂ y otros gases, un dispositivo electrónico de procesamiento de la señal producida por dicho

sensor, una cámara de detección próxima a dicho sensor, donde dicha cámara de detección (2) tiene una sección transversal sustancialmente tubular hueca cilíndrica que tiene al menos dos diámetros internos diferentes y está adaptada para expulsar aire a través de un extremo (5) y recibir aire a través del otro extremo (4), pudiendo tener dicha cámara en una de las realizaciones posibles forma de copa, teniendo dicho cuerpo una vena contracta o Venturi formada en la unión de dichos diámetros y donde dicha cámara de detección comprende una boca de entrada (4) y una boca de escape o salida (5), donde dicha cámara de detección (2) tiene al menos dos aberturas espaciadas (7) que están ubicadas próximas al diámetro menor (13) de la vena contracta o Venturi, cumpliendo estas aberturas el fin de lograr que se produzca dicho efecto Venturi, donde el sensor electroquímico está ubicado próximo a dicha boca de escape o salida (5), de forma tal que el flujo de aire producido por el efecto Venturi se direcciona hacia dicho sensor, donde dicho dispositivo electrónico de procesamiento de la señal (1) está eléctricamente conectado (12) a dicho elemento sensor para recibir y procesar las señales eléctricas generadas por dicho sensor, conexión que puede ser mediante un cable o de forma inalámbrica, por ejemplo a través de Bluetooth®.

En otra de las posibles realizaciones de la invención el dispositivo dinámico de medición de los niveles de dióxido de carbono en el aire de comprende al menos un forzador de flujo próximo a dicha cámara de detección (2), preferentemente a menos de 5 cm, y más preferentemente

a menos de 1cm, de forma tal que el flujo de aire o gases se vea incrementado aún más por el efecto combinado del forzador y el efecto Venturi.

En otra de las posibles realizaciones de la invención el dispositivo dinámico de medición de los niveles de gases o de dióxido de carbono en el aire dicho forzador de flujo se encuentra próximo a la superficie de ingreso de aire en la cámara de detección, es decir puede encontrarse dentro o fuera de la cámara de detección, y preferentemente cerca de la superficie de ingreso de aire, preferentemente a no menos de 5 cm de la superficie de ingreso del aire y más preferentemente a no menos de 1 cm de la superficie de ingreso del aire Dicho forzador puede ser por ejemplo un ventilador de PC, o cualquier otro dispositivo que permita incrementar el flujo de aire que ingresa a dicha cámara.

En otra de las posibles realizaciones de la invención el dispositivo procesador de señal gestiona un sistema de alarma que se activa a partir de una concentración mínima de CO₂ predefinida por un usuario. Por ejemplo, el usuario establece un nivel máximo admisible de concentración de CO₂ en el aire, programa dicho dispositivo procesador de señal estableciendo dicho nivel máximo admisible, y el sistema (se utiliza aquí la palabra sistema como sinónimo de dispositivo) automáticamente emitirá una señal, que puede ser sonora, lumínica, vibratoria o de cualquier otro tipo, al alcanzarse ese valor preestablecido.

En otra de las posibles realizaciones de la invención el aire ingresa en forma forzada a la sección convergente (14) a través de un filtro dispersor (5) y egresa por el área divergente (15), donde dicha área divergente dispone de un filtro de egreso, y donde el flujo de aire que sale del área divergente se direcciona sustancialmente hacia donde se ubica dicho sensor de CO₂ (8).

En otra de las posibles realizaciones de la invención, la sección convergente comprende al menos un ingreso radial de aire el cual permite incrementar la sensibilidad del sensor y reducir los tiempos de medición de CO₂ del ambiente. Dicho ingreso radial de aire se debe producir en la zona cercana a la vena contracta de dicha cámara de mezclado, de forma tal de favorecer o maximizar el efecto Venturi y de esa forma mejorar la cantidad de aire que llega al sensor y de esa forma mejorar su sensibilidad y hacer la medición más efectiva.

En otra de las posibles realizaciones de la invención el sensor electroquímico de CO₂ puede ser un chip electroquímico MQ135 por ser este económico y de amplia disponibilidad, donde el pin AO de dicho sensor está conectado eléctricamente con el pin IN1 del procesador de señal emitida por del sensor, y donde dicho procesador de señal puede ser un chip ADC0809, por ser este muy económico y de amplia disponibilidad, donde el pin VCC de dicho chip MQ135 está conectado al terminal de la fuente de alimentación de +5V, y donde el pin GND de dicho chip MQ135 está conectado a tierra.

Para mayor claridad y comprensión del objeto de la presente invención se lo ha ilustrado en varias figuras en las que se ha representado el mismo en algunas de las formas preferidas de realización a título de ejemplo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Figura 1. Muestra las partes del dispositivo objeto de la invención en una de sus realizaciones posibles, comprendiendo una cámara de mezclado de gases (2), un dispositivo de procesamiento de las señales emitidas por el sensor (1), conectadas de forma eléctrica (3), dicha cámara posee una boca de ingreso de aire (4), una boca de egreso (5).

Figura 2. Ejemplo de realización para la cámara de mezclado de gases en forma de copa para lograr efecto Venturi en vista en perspectiva, donde dicha cámara posee una boca de ingreso de aire (4), una boca de egreso (5), en la boca de ingreso se observa un dispersor, se observa uno de los orificios de efecto Venturi (7).

Figura 3. Ejemplo de realización para la cámara de mezclado de gases en forma de copa (2) para lograr efecto Venturi en vista lateral, donde se grafica el eje longitudinal del mismo con una línea punteada (10).

Figura 4. Ejemplo de realización para la cámara de mezclado de gases en forma de copa (2) para lograr efecto Venturi en vista en corte,

donde se observan los orificios de ingreso de efecto Venturi (7), la ubicación del sensor (9) y la ubicación del forzador de aire (8).

Figura 5. Muestra de forma esquemática las partes del dispositivo objeto de la invención en una de sus realizaciones posibles, comprendiendo una cámara de mezclado de gases (2), un dispositivo de procesamiento de las señales emitidas por el sensor (12), conectadas de forma eléctrica (3), un forzador de flujo de aire (11) y un procesador (1). Asimismo se observa la cámara de mezclado (2), la sección menor de la cámara (13) la cual permite el efecto Venturi.

Tabla 1. Promedio y desvío estándar de las mediciones realizadas para tres casos analizados, comparando los resultados obtenidos con la invención y con un medidor comercial de alta precisión en una de las posibles realizaciones de la invención.

Tabla 2. Rango de valores detectados por sensor MQ-135 y equipo SIEFA en una de las posibles realizaciones de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

El amplio alcance de la invención se comprende mejor con referencia a los siguientes ejemplos, los cuales describen la invención de forma detallada pero no pretenden limitar la invención a las realizaciones específicas. Las realizaciones específicas descritas en la presente solamente se presentan a modo de ejemplo, y la invención se debe limitar por los términos de las reivindicaciones anexas, conjuntamente con el

alcance completo de los equivalentes a los cuales se dirigen dichas reivindicaciones.

En una de sus posibles realizaciones la invención comprende un dispositivo sensor de CO₂ autónomo para analizar la calidad de aire en ambientes cerrados que cuenta con un sistema de muestreo comprendido por una cámara de detección de geometría no simétrica y de flujo forzado del tipo tobera convergente/divergente, que permite obtener una medición precisa y rápida de la calidad del aire de un ambiente cerrado a pesar de utilizar un sensor de bajo costo, y en función de ello indicar la calidad del aire por medio de un sistema de indicación lumínica y/o sonora cuando se alcanza el nivel crítico.

El sistema objeto de la presente invención se encuentra provisto de un sensor electroquímico de CO₂ que tiene adosado un procesador mediante el cual se generan alarmas en función de la concentración de CO₂. En caso de medir concentraciones en el ambiente menores o iguales a 600 ppm de CO₂, se prende una luz verde, en caso de medir más de 600 y hasta 800 ppm se prende una luz amarilla y más de 800 ppm una luz roja combinado con una alarma sonora.

De esta manera, en otra de sus posibles realizaciones, el dispositivo objeto de la invención comprende un detector de CO₂ acoplado a un sistema Venturi de geometría no simétrica y de flujo forzado.

El flujo ingresa en forma forzada por la tobera de admisión (pudiendo ser esta de mayor diámetro o no) por medio de un filtro dispersor y egresa por una tobera divergente con filtro de egreso para generar una depresión en la contracción, donde se ubica el sensor de CO₂. En la contracción del Venturi, se dispone de dos ingresos radiales de flujo de baja velocidad, que permite incrementar la sensibilidad del sensor y reducir los tiempos de medición de CO₂ del ambiente. De esta manera, el flujo de aire que recibe el sensor se encuentra ampliamente mejorado en comparación a un sistema donde el sensor se expone a aire de forma natural, es decir sin contar con ningún artilugio que aumente su flujo. Este flujo de aire mejorado tiene como resultado compensar la menor precisión y sensibilidad del sensor utilizado, pudiendo de esta manera construir un dispositivo a partir de piezas económicas, particularmente a partir de un sensor de bajo costo.

En uno de los ejemplos de realización de la invención se utiliza el sensor de aire MQ135 disponible comercialmente a muy bajo costo comparado con otro tipo de sensores (por ejemplo el sensor contenido en el medidor marca SIEFA modelo SKY2000). La serie de sensores de gas MQ utiliza un sensor electroquímico. Son sensibles para una gama de gases y se utilizan en interiores a temperatura ambiente. La salida es una señal analógica y se puede leer con una entrada analógica de un procesador Arduino. Este tipo de sensores son de los más económicos que pueden conseguirse en el mercado, a partir de un costo de 2 dólares

estadounidenses. El mismo se utiliza para la medición de la calidad del aire y la detección de polución y gases nocivos en ambientes domésticos e industriales tales como Amoníaco (NH_3), Óxidos de nitrógeno (NO_x), Alcohol, Sulfuros, Benceno (C_6H_6), Dióxido de Carbono (CO_2), Monóxido de carbono (CO), humo y otros gases nocivos.

Como se mencionó previamente, si bien este tipo de sensores (conocidos como sensores mems) tienen la ventaja de ser económicos, tiene el problema de presentar una menor sensibilidad comparado con sensores más costosos. Para resolver dichos problemas, es decir, para compensar la diferencia de calidad de sensores, la presente invención incorpora un dispositivo para aumentar el flujo de aire que se conduce hasta el sensor y además propone un software ad-hoc de control de forma de lograr una dinámica particular en la toma de muestra.

En una de las posibles realizaciones de la invención, el flujo de gas ingresa en forma forzada por la tobera de admisión (mayor diámetro) por medio de un filtro o placa dispersora y egresa por una tobera divergente para generar una depresión en la contracción, en una de las posibles realizaciones con filtro de egreso, donde se ubica el sensor de gases, en una de las posibles realizaciones de CO_2 . En la contracción de dicho Venturi, se dispone de ingresos radiales de flujo de baja velocidad, preferiblemente al menos dos, que permiten incrementar la sensibilidad del sensor y reducir los tiempos de medición del gas del ambiente.

A fin de mejorar dicho efecto Venturi, en una de las posibles realizaciones puede acoplarse un forzador de aire axial, de manera de aumentar el efecto mencionado y provocar que una mayor cantidad de flujo de aire atraviese el sensor. Esto, en combinación con la curva de calibración del sensor, permite reducir los tiempos de medición así como la precisión del sensor. En una de las posibles realizaciones un sensor MQ135 combinado, calibrado mediante la utilización de su curva de calibración, permite obtener una medición de CO₂ más exacta (definido como la diferencia entre el valor experimental y el valor verdadero), precisa (definido como la dispersión del conjunto de valores obtenidos de mediciones repetidas de una magnitud) y con menores tiempos de respuesta, respecto al sensor empleado sin estos complementos.

A continuación se describe una de las formas de obtener dicha curva de calibración, La curva de respuesta de los sensores mencionados en el objeto de la presente invención es de forma logarítmica. A fin de optimizar los parámetros de medición del sensor acoplado a la geometría de Venturi, es posible ensayar diferentes condiciones de funcionamiento contrastados con un instrumento calibrado. Los parámetros ajustables de la curva son R0 y Rs, que son los valores de “Resistencia del sensor en aire limpio” y “Resistencia del sensor a varias concentraciones de gases” respectivamente.

Estos valores se relacionan con la expresión logarítmica:

$$\text{Concentración} = a (R_s/R_0)^{**b} \quad (\text{Ecuación 1})$$

La curva óptima de calibración ajustada para ,mejorar las mediciones se muestra en la curva siguiente cuya expresión es

$$\text{Concentración (ppm)} = 109.17 (R_s/R_0)^{**(-2.842)}, \quad (\text{Ecuación 2})$$

de acuerdo a lo observado en la Fig. 6.

Dado que se requiere un valor más exacto de medición de concentración de dióxido de carbono se utiliza la salida análoga del sensor, por lo que es necesario calibrar el mismo para correlacionar dicha señal con los valores correspondientes en ppm del gas a medir.

El sensor dispone de cuatro pines de conexión:

VCC: Alimentación de 5 Voltios.

GND: Tierra.

AO: Salida analógica.

DO: Salida digital.

Así, es posible utilizar la salida digital del sensor para fijar un valor determinado y programar un circuito que gestione un sistema de armas o que indique si se supera o no este valor pero dado que uno de los objetivos de la presente invención es obtener un valor más exacto en la medición de CO₂, aún utilizando un sensor económico, se utiliza la salida digital y se realiza la conexión de sensor de la siguiente manera.

VCC sensor a alimentación de la placa del procesador.

GND sensor a GND de la placa del procesador.

AO sensor a entrada análoga de la placa del procesador.

DO sensor sin conectar.

En uno de los ejemplos de realización de la invención se utiliza un procesador Arduino.

En cuanto a la calibración previa requerida por el sensor para garantizar que la medición obtenida se corresponda con la concentración real medida se utiliza la hoja de datos del sensor provista por el fabricante para obtener la curva de sensibilidad característica del mismo mediante la cual convertir la salida analógica del sensor a la concentración en ppm del gas bajo estudio.

Para obtener la concentración del gas de interés, en este caso el dióxido de carbono, se debe recurrir a la curva característica del sensor y obtener la ecuación de la curva. De esta manera, al utilizar el sensor es posible obtener el valor de concentración de dióxido de carbono en ppm en un ambiente dado.

Para obtener la concentración del gas de interés, en este caso el dióxido de carbono, se debe utilizar la curva característica del sensor. Se debe obtener la ecuación en función de la concentración del gas la cual representa la correlación entre el valor de medición de la señal analógica y la concentración del gas. Para esto debe utilizarse la hoja de datos la curva característica.

La relación entre la resistencia del sensor en aire limpio (R_o) y la resistencia del sensor según la concentración del gas presente (R_s) da como resultado un valor en el eje de las abscisas de la curva mediante el cual podemos obtener el valor de concentración en ppm presente en el ambiente. Partiendo de esta base es posible calcular el valor de R_o , si obtenemos valores de R_s y ppm que podemos relacionar.

$$R_s R_o = \text{Relación (valor de x)} \quad (\text{Ecuación 4})$$

A su vez,

$$R_s = \frac{V_c - V_{RL}}{I} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

V_c = Voltaje de entrada = 5.0 V

V_{RL} = Voltaje analógico de salida.

R_L = Resistencia interna de sensor = 1 k Ω

Utilizando la ecuación (5) en el programa de Arduino podemos calcular los distintos valores de R_s según la concentración del gas presente en el ambiente, la cual se mide con un equipo de detección de dióxido de carbono otorgado por la universidad de muy alta precisión y cuya calibración se encuentra vigente. Este equipo es de la marca SIEFA modelo SKY2000 y mide un máximo de 50000 ppm.

Debido a que el dióxido de carbono es más denso que el aire (42 g/mol respecto del 29 g/mol), tiende a depositarse en las cercanías del suelo por lo cual los sensores que son instalados en zonas alejadas al mismo no tienen el mismo alcance y, en caso de instalarlos en zonas

elevadas, se corre el riesgo de que la medición no sea representativa del ambiente. La cámara de detección incorporada en la presente invención, permite tener una medición más precisa del CO₂ del ambiente independiente de la ubicación del sensor, además de incrementar la velocidad de muestreo a partir de un flujo forzado combinado con efecto Venturi, resolviendo el problema que presenta la utilización de sensores económicos.

La cámara de detección posee una forma característica propia que aprovecha el efecto Venturi, el cual emplea un conducto cerrado con una geometría específica donde el área interna de dicha cámara varía, generando un área transversal pequeña (vena contracta) próxima a sensor y el cual produce una disminución en la presión del fluido y un aumento de la velocidad del mismo. En forma adicional, la cámara dispone de orificios radiales en la vena contracta, que permite ingresar el aire del ambiente en la zona de medición del sensor, reduciendo los tiempos de detección e incrementando la precisión.

Dicha cámara de detección dispone de un área interna variable de geometría no simétrica donde dicha área variable comprende al menos tres secciones: una sección convergente, una garganta, una sección divergente o vena contracta, de forma tal de producir una disminución en la presión del aire y un aumento de la velocidad del mismo en dirección al sensor.

En una de las posibles realizaciones la geometría de la copa sigue una relación entre los diámetros de entrada y salida de aproximadamente 1:1,94, entre los diámetros de la entrada y la máxima reducción de la vena contracta de aproximadamente 1:0,44 y entre los diámetros de entrada y de los orificios radiales de aproximadamente 1:0,13.

A fin de mejorar el efecto Venturi mencionado, en otra posible realización de la invención puede incorporarse un forzador de aire axial, de manera de generar el efecto mencionado y provocar que una mayor cantidad de flujo de aire atraviese el sensor. Esto, combinado con la curva de medición para el sensor MQ135, de acuerdo a la figura 3, combinado con la geometría del Venturi, permite reducir los tiempos de medición e incrementar la precisión del sensor.

Se realizaron pruebas para determinar la confiabilidad en las mediciones del dispositivo ya que si bien el mismo surge como una gran oportunidad para obtener datos aproximados de calidad de aire, el mismo se encuentra diseñado para medir una serie de gases y no distingue cuál se encuentra en el ambiente, simplemente mide la concentración de gases presentes. Además, como se indica en la curva característica presente en la ficha del fabricante, el sensor mide en un rango de valores de 0 a 200 ppm, rango que se ha redefinido en el presente trabajo a 1000 ppm a partir de una nueva calibración obtenida con una curva logarítmica ad hoc.

Se realizaron tres pruebas con distintas concentraciones de dióxido de carbono utilizando la invención. Para cada caso se realizaron mediciones tanto con el sensor MQ-135 como con un equipo SIEFA modelo SKY2000 de manera tal de relacionar los valores reales con los medidos. En función de poder comparar las mediciones de ambos y, teniendo en cuenta que los valores de dióxido de carbono cambian a cada momento, se realizaron mediciones en un tiempo definido de 1 minuto y, para analizar los resultados, se tomaron en consideración los promedios de las concentraciones medidas y el desvío estándar (Tabla 1).

Si se analizan los valores de desvío estándar es posible observar que, en el caso del sensor MQ, los valores son pequeños y en el caso del equipo SIEFA se obtuvieron valores mayores. Esto indica que la concentración de dióxido de carbono presente en el ambiente presenta una gran variabilidad segundo a segundo, variación que es detectada por el sensor SIEFA mas no por el MQ-135. Sin embargo, es posible observar que si bien los valores promedio del sensor MQ-135 no coinciden con los valores detectados por el equipo SIEFA, el rango de valores si lo hace (Tabla 2), resultados que cumplen el objetivo de aplicación de la presente invención.

Se puede observar a partir de las mencionadas tablas que si bien los rangos coinciden, en los casos 1 y 2 los valores máximos detectados por el sensor son menores que los valores pico del equipo SIEFA. Por otra parte los rangos de valores son bastante similares, teniendo un

desvío estándar acorde el observado en la Tabla 1, lo cual demuestra que es posible realizar utilizar la invención como sensor de detección de dióxido de carbono logrando resultados adecuados de aplicación práctica y económica.

Asimismo la invención provee valores para un registro de las mediciones, el cual puede almacenarse en el tiempo para evaluar las condiciones en que se encontraba la calidad del aire durante un plazo de tiempo determinado. El formato de la cámara de mezclado es diseñado empleando modelos computacionales de simulación de fluidos de forma tal de proveer una forma simple que pueda ser construida mediante técnicas de fabricación económicas, por ejemplo con impresión 3D, por ejemplo usando un material biodegradable, que no afecta al medio ambiente.

Además es indudable que pueden llevarse a la práctica muchas realizaciones ampliamente diferentes de la presente invención pero siempre y cuando sin apartarse de los principios fundamentales que se especifican claramente en las cláusulas reivindicatorias que siguen a continuación.

REIVINDICACIONES

Habiendo así especialmente descrito y determinado la naturaleza y el alcance de la presente invención y la manera como la misma ha de ser llevada a la práctica, se declara reivindicar como de propiedad y derecho exclusivos:

1) Un dispositivo dinámico de medición de los niveles de dióxido de carbono en el aire, CARACTERIZADO porque comprende:

un sensor electroquímico de CO₂;

un dispositivo electrónico de procesamiento de la señal producida por dicho sensor (1);

una cámara de detección (2) próxima a dicho sensor;

donde dicha cámara de detección (2) comprende una sección transversal sustancialmente tubular hueca cilíndrica que comprende al menos dos diámetros internos diferentes y está adaptada para expulsar aire a través de un extremo (5) y recibir aire a través del otro extremo (4), teniendo dicho cuerpo una vena contracta o Venturi formada en la unión de dichos diámetros y donde dicha cámara de detección comprende una boca de entrada (4) y una boca de escape o salida (5),

donde dicha cámara de detección (2) tiene al menos dos aberturas espaciadas (7) que están ubicadas próximas al diámetro menor (13) de la vena contracta o Venturi;

donde dicho sensor electroquímico de CO₂ está ubicado próximo a dicha boca de escape o salida (5),

donde dicho dispositivo electrónico de procesamiento de la señal (1) está eléctricamente conectado (12) a dicho sensor para recibir y procesar las señales eléctricas generadas por dicho sensor.

2) El dispositivo dinámico de medición de los niveles de dióxido de carbono en el aire de acuerdo a la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque comprende al menos un forzador de flujo próximo a dicha cámara de detección (2).

3) El dispositivo dinámico de medición de los niveles de dióxido de carbono en el aire de acuerdo a la reivindicación 2, CARACTERIZADO porque dicho forzador de flujo se encuentra próximo a la superficie de ingreso de aire en la cámara de detección (2).

4. El dispositivo dinámico de medición de los niveles de dióxido de carbono en el aire de acuerdo a la reivindicación 3, CARACTERIZADO porque el dispositivo procesador de señal gestiona un sistema de alarma que se activa a partir de una concentración mínima de CO₂ predefinida por un usuario.

5. El dispositivo dinámico de medición de los niveles de dióxido de carbono en el aire de acuerdo a la reivindicación 4, CARACTERIZADO porque el aire ingresa en forma forzada a la sección convergente (14) a través de una boca de entrada (4) y egresa por el área divergente (15), donde dicha área divergente dispone un filtro de egreso, y donde el flujo

de aire que sale del área divergente se direcciona sustancialmente hacia donde se ubica dicho sensor de CO₂.

6. El dispositivo dinámico de medición de los niveles de dióxido de carbono en el aire de acuerdo a la reivindicación 5, CARACTERIZADO porque la sección convergente comprende al menos un ingreso radial de aire próximo a la vena contracta.

7. El dispositivo dinámico de medición de los niveles de dióxido de carbono en el aire de acuerdo a la reivindicación 6, CARACTERIZADO porque el sensor electroquímico de CO₂ es preferentemente un chip MQ135, donde el pin AO de dicho sensor está conectado eléctricamente con el pin IN1 del procesador de señal emitida por del sensor, donde dicho procesador de señal es un chip ADC0809, donde el pin VCC de dicho chip MQ135 está conectado al terminal de la fuente de alimentación de +5V, y donde el pin GND de dicho chip MQ135 está conectado a tierra.

DIBUJOS

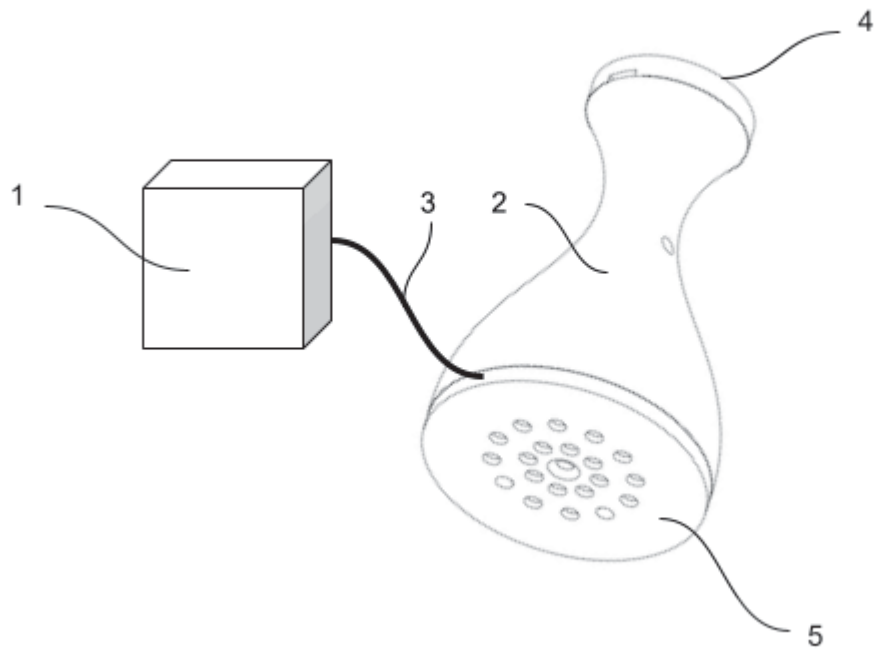


Figura 1

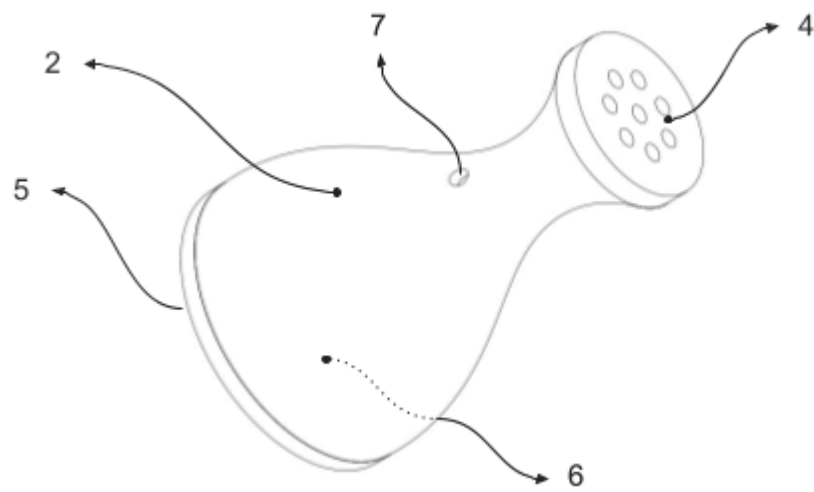


Figura 2

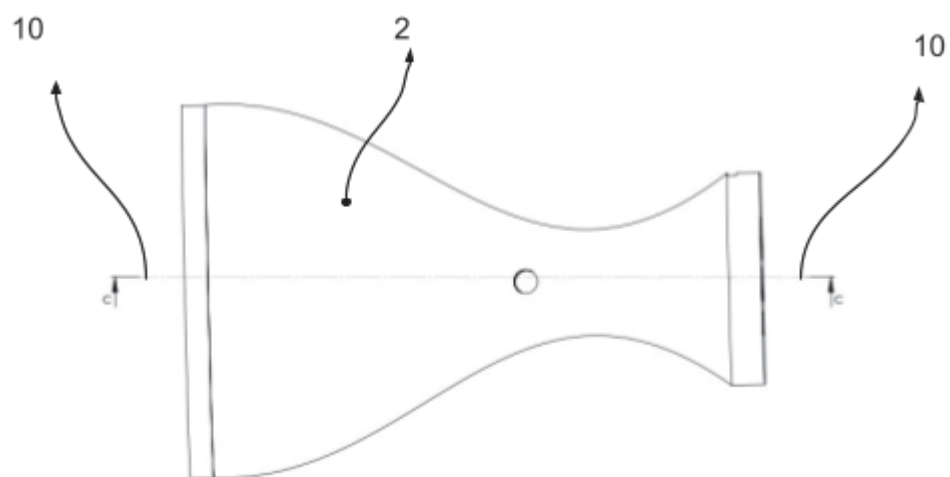


Figura 3

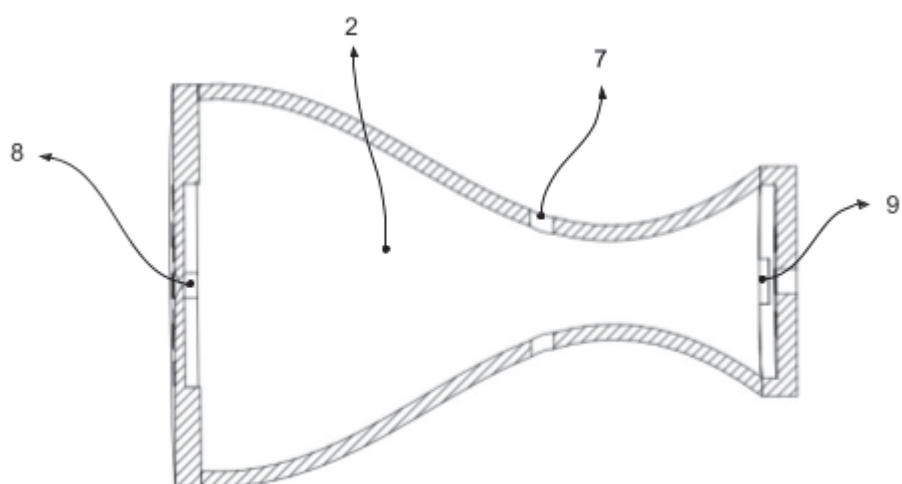


Figura 4

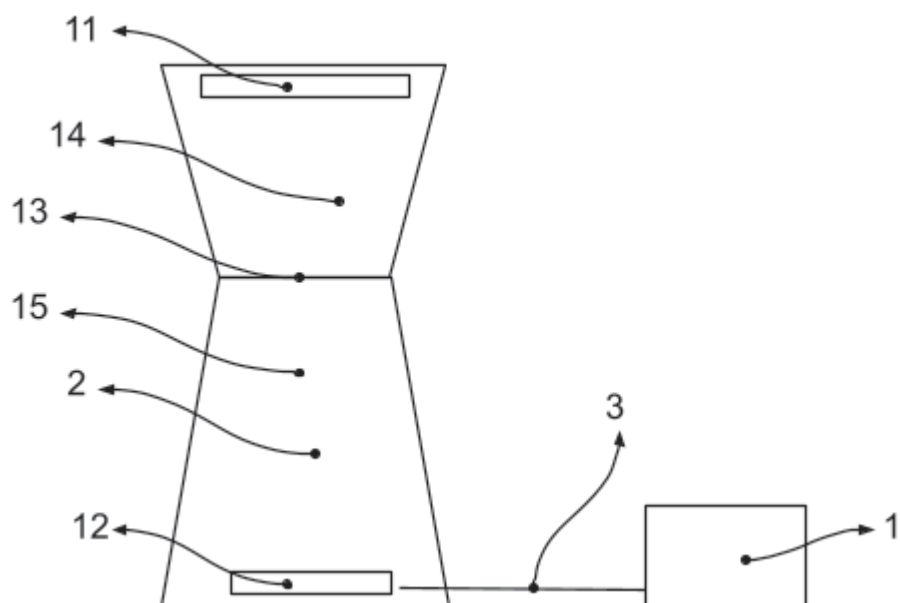


Figura 5

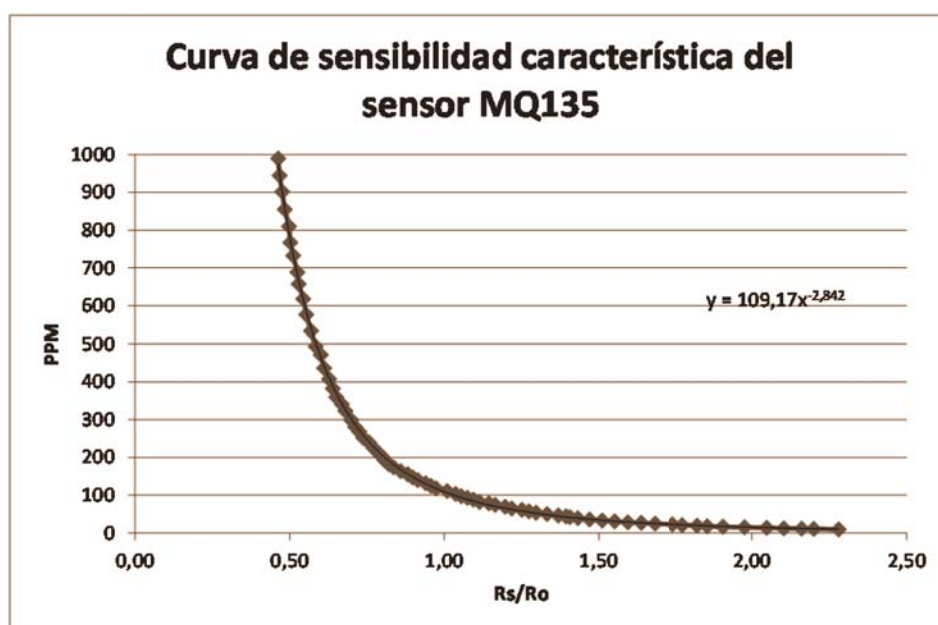


Figura 6

Parámetro	CASO 1	CASO 2	CASO 3
MQ-135			
Promedio [ppm]	609	614	738
Desvío Estándar [ppm]	6	3	13
SIEFA SKY 2000			
Promedio [ppm]	631	654	735
Desvío Estándar [ppm]	36	18	44

Tabla 1

Parámetro	CASO 1	CASO 2	CASO 3
MQ-135			
Rango de valores [ppm]	603 – 615	611-617	725-751
SIEFA SKY 2000			
Rango de valores [ppm]	595-667	636-672	691-779

Tabla 2

RESUMEN

Dispositivo dinámico de medición de los niveles de dióxido de carbono (CO_2) en el aire que comprende un sensor electroquímico de CO_2 , un dispositivo electrónico de procesamiento de la señal producida por dicho sensor, una cámara de detección próxima a dicho sensor, donde dicha cámara de detección (2) tiene una sección transversal sustancialmente tubular hueca cilíndrica que tiene al menos dos diámetros internos diferentes y está adaptada para expulsar aire a través de un extremo (5) y recibir aire a través del otro extremo (4), teniendo dicho cuerpo una vena contracta o Venturi formada en la unión de dichos diámetros y donde dicha cámara de detección comprende una boca de entrada (4) y una boca de escape o salida (5), donde dicha cámara de detección (2) comprende al menos dos aberturas espaciadas (7) que están ubicadas próximas al diámetro menor (13) de la vena contracta o Venturi, donde el sensor electroquímico de CO_2 está ubicado próximo a dicha boca de escape o salida (5), donde dicho dispositivo electrónico de procesamiento de la señal (1) está eléctricamente conectado (12) a dicho elemento sensor para recibir y procesar las señales eléctricas generadas por dicho sensor, mejorando su precisión mediante dicha cámara la cual puede a su vez comprender un forzador de flujo.

ESPACIO PARA USO
EXCLUSIVO DEL INPI



ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE PATENTES
HOJA TÉCNICA

DATOS DE LA PATENTE o MODELO DE UTILIDAD		
(10)	PUBLICACIÓN Nº: AR	
(12)	PATENTE DE INVENCION ☒	MODELO DE UTILIDAD ☐
(21)	SOLICITUD Nº	
(51)	INT. CL.	
(22)	FECHA DE SOLICITUD	
(71)	SOLICITANTE (S)	
	NOMBRE Y APELLIDO	Universidad Nacional Tres de Febrero (UNTREF)
	NOMBRE Y APELLIDO	Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)
	NOMBRE Y APELLIDO	
	NOMBRE Y APELLIDO	
	NOMBRE Y APELLIDO	
	NOMBRE Y APELLIDO	
	NOMBRE Y APELLIDO	
	NOMBRE Y APELLIDO	
	NOMBRE Y APELLIDO	
	NOMBRE Y APELLIDO	
(30)	DATOS DE PRIORIDAD	
(41)	FECHA DE PUBLICACIÓN	
	BOLETIN Nº	
(61)	ADICIONAL A	
(62)	DIVISIONAL DE	
(72)	INVENTOR (ES)	
	NOMBRE Y APELLIDO	PONZONI LUCIO MARÍA EMILIO
	NOMBRE Y APELLIDO	NICOLETTI PAULA
	NOMBRE Y APELLIDO	
	NOMBRE Y APELLIDO	
	NOMBRE Y APELLIDO	
	NOMBRE Y APELLIDO	
	NOMBRE Y APELLIDO	
	NOMBRE Y APELLIDO	
	NOMBRE Y APELLIDO	
	NOMBRE Y APELLIDO	

(74)	AGENTE Nº	2406
(83)	DEPÓSITO DE MICROORGANISMOS	
(54)	TÍTULO DE LA INVENCIÓN	
Dispositivo dinámico de medición de los niveles de dióxido de carbono en el aire		
(57)	RESUMEN	
Dispositivo dinámico de medición de los niveles de dióxido de carbono (CO₂) en el aire que comprende un sensor electroquímico de CO₂, un dispositivo electrónico de procesamiento de la señal producida por dicho sensor, una cámara de detección próxima a dicho sensor, donde dicha cámara de detección (2) tiene una sección transversal sustancialmente tubular hueca cilíndrica que tiene al menos dos diámetros internos diferentes y está adaptada para expulsar aire a través de un extremo (5) y recibir aire a través del otro extremo (4), teniendo dicho cuerpo una vena contracta o Venturi formada en la unión de dichos diámetros y donde dicha cámara de detección comprende una boca de entrada (4) y una boca de escape o salida (5), donde dicha cámara de detección (2) comprende al menos dos aberturas espaciadas (7) que están ubicadas próximas al diámetro menor (13) de la vena contracta o Venturi, donde el sensor electroquímico de CO₂ está ubicado próximo a dicha boca de escape o salida (5), donde dicho dispositivo electrónico de procesamiento de la señal (1) está eléctricamente conectado (12) a dicho elemento sensor para recibir y procesar las señales eléctricas generadas por dicho sensor, mejorando su precisión mediante dicha cámara la cual puede a su vez comprender un forzador de flujo.		
FIGURA MÁS REPRESENTATIVA Nº		1

IMPORTANTE: Los formularios deben ser impresos en hoja A4, blanca y simple faz. El INPI no procesará ni recibirá formularios o documentación que no posea firma original. Versión 2018.11.30.