

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 862**

51 Int. Cl.:  
**G01N 33/22** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **01990600 .7**  
96 Fecha de presentación: **20.12.2001**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1346215**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.09.2003**

54 Título: **PROCEDIMIENTO Y DISPOSITIVO DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE WOBBE DE UN GAS COMBUSTIBLE.**

30 Prioridad:  
**26.12.2000 FR 0017048**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**10.01.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**10.01.2012**

73 Titular/es:  
**GDF SUEZ**  
**1 Place Samuel de Champlain**  
**92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:  
**CORDIER, Rémy y**  
**LANTOINE, Laurent**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

**ES 2 371 862 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento y dispositivo de evaluación del índice de Wobbe de un gas combustible

5 La invención se refiere, de manera general, al campo de las técnicas de medición del índice de Wobbe, representándose este índice por la relación del poder calorífico de un gas combustible en la raíz cuadrada de la densidad de este gas.

10 Mas concretamente, la invención, según un primer aspecto de sus aspectos, se refiere a un procedimiento de evaluación del índice de Wobbe de un gas combustible perteneciente a una familia de gases definida por constituyentes de naturaleza química determinada que interviene en proporciones relativas variables, comprendiendo este procedimiento un proceso de medición a lo largo del cual se efectúa una medición de caudal de gas combustible.

El índice Wobbe constituye la principal magnitud característica de un combustible gaseoso et interviene como tal en los ajustes de combustión de los quemadores de gas.

De este modo, en igualdad de condiciones, el caudal calorífico de un quemador es proporcional al índice de Wobbe, y su exceso de aire de pende directamente del mismo.

15 Al estar las redes de transporte y de distribución de gas natural cada vez más en forma de malla y alimentadas por diversas fuentes de energía, el índice de Wobbe de un gas de tipo dado puede variar en proporciones no desdeñables, por ejemplo de +/- 5% en un punto dado de una red.

20 Ahora bien, algunos procedimientos industriales, en las industrias del vidrio y de la cal especialmente, son sensibles a estas variaciones hasta el punto de necesitar la aplicación de soluciones de regulación de combustión específicas, consistiendo una de estas soluciones en integrar el resultado de una medición local del índice de Wobbe en los algoritmos de regulación.

Actualmente, todos los aparatos de medición del índice de Wobbe disponibles en el mercado son relativamente complejos y por consiguiente tienen un coste elevado.

Se conocen tres principios para determinar el índice de Wobbe.

25 El primer principio consiste en asociar una medición de poder calorífico, obtenida por calorimetría o cromatografía, a una medición de densidad, obtenida por densimetría o por cromatografía.

El segundo principio consiste en analizar los productos de combustión del gas en cuestión en un horno pequeño donde una muestra de este gas se quema estequiométricamente o con exceso de aire.

30 El tercer principio consiste en medir características físicas del gas, tales como viscosidad, capacidad calorífica, etc,... y hacer una correlación entre estas mediciones y el índice de Wobbe.

Se describen dos ejemplos de aplicación de este tercer principio en los documentos de patentes DE - 41 18 781 y US - 4 384 792.

35 El documento DE - 41 18 781 describe de hecho un procedimiento que apunta a otras mediciones además de las del índice de Wobbe, que recurre a dos funciones de correlación de cuatro constantes, que utiliza tres mediciones de caudal, una medición de presión diferencial y una medición de temperatura, y que requiere un calibrado al metano.

40 El documento US - 4 384 792 describe un procedimiento de medición del índice de Wobbe, que recurre a una función de correlación de tres constantes, que utiliza una medición de caudal volumétrico, una medición de presión diferencial y una medición de temperatura, y que requiere un regulador de presión y un calibrado mediante gas hidrogenado.

Asimismo, se conoce un dispositivo para la evaluación de índice de Wobbe a partir del documento US-A-6 119 710.

45 Presentando estas técnicas conocidas por lo tanto una complejidad relativa, el objetivo de la invención es proponer un procedimiento de medición del índice de Wobbe más fácil de aplicar, y correlativamente, un dispositivo sensiblemente menos complejo y menos costoso que los dispositivos conocidos.

Con este fin, el procedimiento de la invención, por otra parte conforme a la definición genérica dada por el preámbulo anterior, está esencialmente caracterizado porque comprende: una operación que proporciona, como medición de caudal del gas combustible, una medición de un caudal máscico de este gas combustible de flujo sónico

a través de una restricción fluidica, tal como un orificio o una microtobera, efectuada a una presión absoluta de medición y a una temperatura absoluta de medición; un proceso de calibrado a lo largo del cual se efectúa una medición de un caudal másico de un gas de referencia de flujo sónico a través de la restricción fluidica, a una presión absoluta de referencia y a una temperatura absoluta de referencia, y un proceso de evaluación a lo largo del cual el índice de Wobbe recibe un valor ligado, por una ley afín empírica previamente establecida para la familia de gases, al producto de tres factores, representando el primer factor la relación de la medición del caudal másico del gas combustible respecto de la medición del caudal másico del gas de referencia, representando el segundo factor la relación de imágenes respectivas de las presiones absolutas de referencia y de medición por una función polinomial determinada, y representando el tercer factor la raíz cuadrada de la relación de las temperaturas absolutas de medición y de referencia.

En el caso en que el gas combustible y el gas de referencia pueden tener presiones diferentes, el proceso de medición comprende una medición de la presión absoluta de medición, y el proceso de calibrado comprende una medición de la presión absoluta de referencia.

Si las presiones absolutas de medición y de referencia se mantienen en un intervalo predeterminado, la función polinomial se puede asimilar a la función identidad, tomando de este modo la imagen de una presión (P) por la función polinomial determinada, la forma

$$F(P) = P.$$

En caso contrario, la imagen de una presión (P) por la función polinomial toma preferiblemente la forma:

$$F(P) = P - k \cdot P^{(1-r)}$$

donde k y r son parámetros de construcción de la restricción fluidica.

En el caso en el que el gas combustible y el gas de referencia pueden tener temperaturas diferentes, el proceso de medición comprende una medición de la temperatura absoluta de medición, y el proceso de calibrado comprende una medición de la temperatura absoluta de referencia.

En estas condiciones, el gas de referencia se puede elegir libremente entre un conjunto de gases que comprende gases y mezclas gaseosas no combustibles, tales como el aire o el nitrógeno.

El procedimiento de la invención comprende ventajosamente un proceso preliminar de correlación, a lo largo del cual la ley afín empírica se establece para al menos dos gases de la familia de gases.

Para la evaluación del índice de Wobbe de un gas de la familia de los gases naturales, la ley afín empírica se define por una ordenada en origen igual a -18,40.

En este caso, y si el aire comprimido se utiliza como gas de referencia, la ley afín empírica es definida por una pendiente igual a 19,40.

Si por el contrario, el nitrógeno es utilizado como gas de referencia, la ley afín empírica es definida por una pendiente igual a 19,72.

Si, siguiendo con la evaluación del índice de Wobbe de un gas de la familia de los gases naturales, se utiliza metano como gas de referencia, la ley afín empírica es definida por una pendiente igual a 33,28,

La invención se refiere asimismo a un dispositivo para la aplicación del procedimiento de evaluación del índice de Wobbe tal como se ha descrito anteriormente, caracterizándose este dispositivo porque comprende una conducción que presenta una entrada y una salida, medios de admisión para guiar selectivamente, hasta la entrada de la conducción, un flujo de gas combustible a presión o un flujo de gas de referencia a presión, una restricción fluidica, tal como un orificio o una microtobera, que presenta una entrada conectada a la salida de la conducción, y una salida, y un caudalímetro másico conectado a la salida de la restricción fluidica y que proporciona una señal de salida representativa del caudal másico del gas que atraviesa esta restricción fluidica de flujo másico, así como una unidad lógica para utilizar las señales de salida del caudal másico del gas combustible y del caudal másico del gas de referencia.

En los casos en los que el gas de referencia y el gas combustible se pueden utilizar en condiciones diferentes de presión y/o de temperatura, el dispositivo de la invención comprende un sensor de presión absoluta y/o un sensor de temperatura absoluta instalados en la conducción.

Los medios de admisión anteriormente evocados comprenden por ejemplo una primera entrada principal para el gas combustible, una segunda entrada principal para el gas de referencia, y primeras y segundas electroválvulas respectivamente interpuestas entre la entrada de la conducción, y la primera y segunda entrada principal.

En este caso, el dispositivo de la invención está equipado ventajosamente con una unidad lógica que comprende al menos tres entradas de adquisición respectivamente conectadas al caudalímetro, al sensor de presión y al sensor de temperatura, y dos salidas de mando respectivamente conectadas a las electroválvulas.

5 Otras características y ventajas de la invención se desprenderán claramente de la descripción realizada a continuación, a título indicativo y en modo alguno limitativo, en referencia a la única figura anexa, constituida por el esquema de un dispositivo según la invención.

Para centrar de manera más concreta la exposición de la invención, la presente descripción se referirá en primer lugar a la figura anexa, y al dispositivo que representa.

10 Este dispositivo comprende una conducción 1 cuya entrada 11 está conectada a una primera entrada principal 81 del dispositivo por una primera electroválvula 21, y conectada a una segunda entrada principal 82 del dispositivo por una segunda electroválvula 22.

La primera entrada principal 81 del dispositivo está conectada permanentemente a una fuente presurizada del gas combustible a analizar G1.

15 La segunda entrada principal 82 del dispositivo está conectada permanentemente a una fuente presurizada de un gas de referencia G0, tal como aire, nitrógeno o metano, entre otras posibilidades.

Los medios de admisión que constituyen las entradas principales 81 y 82, en combinación con las electroválvulas 21 y 22, cada una de las cuales es accionada para ser pasante mientras la otra está cerrada, permiten por lo tanto encaminar a voluntad, hasta la entrada 11 de la conducción 1, un flujo del gas combustible G1 a presión, o un flujo del gas de referencia G0 a presión.

20 El dispositivo comprende asimismo una restricción fluidica 3 cuya entrada 31 está conectada a la salida 12 de la conducción 1, y un caudalímetro másico 4 conectado a la salida 32 de la restricción fluidica 3.

La restricción fluidica 3, destinada a ser el asiento de un flujo sónico del gas G0 o G1 que la atraviesa, y a ofrecer una resistencia a este flujo, toma típicamente la forma de un orificio o una microtobera cuyo diámetro es por ejemplo del orden de 0,4 milímetros.

25 El caudalímetro másico 4, conocido en sí y por ejemplo dimensionado para aproximadamente 300 litros normales por hora, proporciona una señal de salida Qm representativa del caudal másico del gas G0 o G1 que atraviesa la restricción fluidica 3 de flujo sónico.

30 En la realización que permite la mayor precisión de medición, el dispositivo de la invención comprende igualmente un sensor 5 de presión absoluta y un sensor de temperatura absoluta, ambos instalados en la conducción 1, es decir dispuestos de manera a proporcionar señales de medición respectivas P y T, respectivamente representativas de la presión y de la temperatura existentes en esta conducción, siendo la presión P típicamente inferior a 5 bares.

35 El mando de las electroválvulas 21 y 22, y la utilización de las señales Qm, P y T se pueden confiar a una unidad lógica 7, que comprende tres entradas de adquisición 71, 72 y 73, respectivamente conectadas al caudalímetro 4, al sensor de presión 5 y al sensor de temperatura 6, y dos salidas de mando 74 y 75, respectivamente conectadas a las electroválvulas 21 y 22.

40 El procedimiento de la invención, que se aplica en este dispositivo, permite evaluar el índice de Wobbe de cualquier gas combustible tal como G1, salvo que se identifique la familia de gases a la cual pertenece este gas, tal como se define mediante los principales constituyentes químicos de este gas, incluso si intervienen en proporciones variables, y a reserva de disponer, en esta familia de gases, de conocimientos previos que se precisarán más adelante.

Este procedimiento comprende las siguientes operaciones.

En un primer lugar, cualquiera de los gases a utilizar, por ejemplo el gas combustible G1, está autorizado a atravesar la restricción 3 de flujo sónico, y la señal Qm1 entonces emitida por el caudalímetro 4 es tomada en consideración como medida de caudal másico del gas combustible G1 en la restricción 3.

45 Correlativamente, las señales P1 y T1 respectivamente emitidas durante el mismo tiempo por los sensores 5 y 6 son tomadas en consideración como medidas respectivas de presión absoluta de medición y de temperatura absoluta de medición.

50 El segundo gas a utilizar, en este caso el gas de referencia G0, es autorizado a continuación a atravesar la restricción 3 de flujo sónico, y la señal Qm0 entonces emitida por el caudalímetro 4 es tomada en consideración como medida de caudal másico del gas de referencia G0 en la restricción 3.

Correlativamente, las señales P0 y T0 respectivamente emitidas durante el mismo tiempo por los sensores 5 y 6 son tomadas en consideración como medidas respectivas de presión absoluta de referencia y de temperatura absoluta de referencia.

5 Esta fase de medición va seguida de una fase de evaluación a lo largo de la cual se evalúan al menos tres factores, que se anotarán como Za, Zb y Zc.

El primer factor Za está representado por la relación Qm1/Qm0 de las señales de salida del caudalímetro 4 para los gases G1 y G0, es decir por la relación de la medición del caudal másico Qm1 del gas combustible G1 respecto de la medición del caudal másico Qm0 del gas de referencia G0.

10 El segundo factor Zb está representado por la relación F(P0) / F(P1) de la imagen F(P0) de la presión absoluta de referencia P0 por una función polinomial determinada F, que se precisará más adelante, respecto de la imagen F(P1) de la presión absoluta de medición P1 por la función polinomial F.

En la práctica, si las presiones P0 y P1 están próximas la una de la otra, y por ejemplo si no presentan entre sí una diferencia relativa máxima del orden del 2% al 3%, la función polinomial F se puede asimilar a la función identidad, es decir que la relación F(P0) / F(P1) se puede asimilar simplemente a la relación P0 / P1.

15 Y el tercer factor Zc está representado por la raíz cuadrada (T1/T0)<sup>1/2</sup> de la relación T1/T0 de la temperatura absoluta de medición T1 respecto de la temperatura absoluta de referencia T0.

En estas condiciones, el procedimiento de la invención atribuye al gas combustible G1, como índice de Wobbe, el valor W definido por una ley afín empírica de la forma:

$$W = A \times Y + B,$$

20 en la cual el término Y representa el producto Za x Zb x Zc de los tres factores Za, Zb y Zc, y en la cual el coeficiente A, denominado "pendiente" y el coeficiente B, denominado "ordenada en origen", se establecen previamente, para los gases de la familia de gases considerada, de una manera que se precisará más adelante.

Si el dispositivo incluye medios que permiten hacer que P1 sea igual a P0 y T1 igual a T0, es decir si:

$$(P0 / P1) = y (T1/T0)^{1/2} = 1,$$

25 el factor Za se podrá asimilar directamente al término Y, como lo muestran fácilmente las relaciones anteriores y el hecho que los factores Zb y Zc son entonces iguales a 1.

30 En el caso en el que las presiones P0 y P1 son, por el contrario, diferentes una de otra, y presentan por ejemplo entre sí una diferencia relativa superior al 3%, la función polinomial F ya no se puede asimilar a la función identidad, es decir que la imagen F(P) de una presión P por esta función F ya no se puede asimilar a la propia presión P, pero se debe corregir con un factor anotado con C<sub>D</sub> e igual a 1 - k . P<sup>r</sup>.

35 El factor anotado con C<sub>D</sub> permite de hecho tomar en consideración el efecto que tiene la capa límite, debida a la viscosidad del gas que atraviesa la restricción 3, sobre las características de flujo de este gas, siendo los parámetros k y r que intervienen en el factor C<sub>D</sub> parámetros de construcción de la restricción fluidica 3 que pueden ser, bien proporcionados por el fabricante de esta restricción, bien determinados por técnicas bien conocidas por el experto en la técnica.

En un ejemplo particular de realización de la invención, el factor C<sub>D</sub> para una restricción determinada se ha podido asimilar a 1 - 0,881 . P<sup>-4,9</sup>.

Sean cuales sean los valores particulares de k y r, la imagen de una presión P por la función polinomial F toma entonces la forma:

40 
$$F(P) = P - k . P^{1-r},$$

y el segundo factor Zb, que se representa por la relación F(0) / F(P1), toma la forma:

$$Zb = (P0 - k . P0^{1-r}) / (P1 - k . P1^{1-r}).$$

En el caso de la evaluación del índice de Wobbe de un gas de la familia de los gases naturales, la ordenada en origen B de la ley afín empírica W = A x Y + B toma el valor - 18,40.

45 Si por otra parte, para esta misma aplicación, el aire comprimido se utiliza como gas de referencia G0, la pendiente A de la ley afín empírica W = A x Y + B toma el valor 19,40, definiéndose globalmente esta ley por lo tanto por la relación

## ES 2 371 862 T3

$$W = 19,40 \times Y - 18,40$$

es decir también por;

$$W = 19,40 \times Z_a \times Z_b \times Z_c - 18,40$$

- 5 En el caso de la evaluación del índice de Wobbe de un gas de la familia de los gases naturales, y de la utilización de nitrógeno como gas de referencia G0, la pendiente A de la ley afín empírica  $W = A \times Y + B$  toma el valor 19,72, definiéndose globalmente esta ley por lo tanto por la relación:

$$W = 19,72 \times Y - 18,40$$

es decir también por;

$$W = 19,72 \times Z_a \times Z_b \times Z_c - 18,40$$

- 10 En el caso de la evaluación del índice de Wobbe de un gas de la familia de los gases naturales, y de la utilización de nitrógeno como gas de referencia G0, la pendiente A de la ley afín empírica  $W = A \times Y + B$  toma el valor 33,28, definiéndose globalmente esta ley por lo tanto por la relación:

$$W = 33,28 \times Y - 18,40$$

es decir, también por:

- 15  $W = 33,28 \times Z_a \times Z_b \times Z_c - 18,40,$

Como lo muestran los ejemplos anteriores, la invención permite la libre elección del gas de referencia G0, de manera que es posible utilizar, como gas de referencia, gases y mezclas gaseosas no combustibles y por lo tanto poco costosos, tales como el aire o el nitrógeno.

- 20 En el caso de la evaluación del índice de Wobbe de un gas que no pertenece a la familia de los gases naturales, y/o de la utilización, como gas de referencia G0, de un gas diferente a aquellos para los cuales la ley afín empírica  $W = A \times Y + B$  se ha definido anteriormente, el procedimiento de la invención debe incluir un proceso preliminar de correlación, a lo largo del cual se establece la ley afín empírica  $W = A \times Y + B$  para al menos dos gases G11 de la nueva familia de gases combustibles considerada, y/o para al menos un gas de referencia G0 tal como el aire, nitrógeno o metano, o para otro gas de referencia G00.

- 25 Este proceso preliminar de correlación se puede aplicar fácilmente por una parte midiendo los factores tales como  $Z_{ai}$ ,  $Z_{bi}$  y  $Z_{ci}$ , respectivamente obtenido para diferentes gases combustibles G1i de la nueva familia de gas con un mismo gas de referencia, por otra parte midiendo directamente, por una técnica diferente de la de la invención y por ejemplo por una de las técnicas tradicionales conocidas, los índices de Wobbe tales como  $W_i$  de estos mismos gases combustibles, y finalmente resolviendo, de manera bien conocida en sí, el sistema de ecuaciones del primer grado del tipo  $W_i = A \times Z_{ai} \times Z_{bi} \times Z_{ci} + B$  para obtener los valores a dar a los parámetros A y B, a priori desconocidos, que se deben utilizar según el procedimiento de la invención para esta familia de gases.

- 30 Desde un punto de vista físico, la medición de caudal másico  $Q_m$  para un gas tal como G0 o G1, realizada en las condiciones expuestas anteriormente en referencia a la figura, está ligada a una magnitud denominada "caudal másico normal" y anotada como Q por la relación:

- 35  **$Q_m = q / C,$**

en la cual C es un coeficiente correcto que depende de diversas propiedades físicas del gas real para el cual se efectúa la medición, y más precisamente de su capacidad calorífica, su viscosidad y su conductividad térmica.

Para un gas de composición conocida, el coeficiente corrector C de este gas está ligado a los diferentes coeficientes correctores  $C_j$  de sus constituyentes por la relación:

- 40  **$(1/C) = \sum (X_j / C_j)$**

siendo dados los diferentes coeficientes  $C_j$  en las tablas establecidas por los fabricantes de caudalímetros másico, y representando cada  $X_j$  la fracción volumétrica del constituyente j.

El caudal másico normal Q satisface él mismo la relación

$$Q = k \times C_D \times C_R \times P / (T \times d)^{1/2}$$

- 45 en la cual

## ES 2 371 862 T3

k es un parámetro de construcción de la restricción 3, ya evocado,

$C_D$  es un factor de corrección de la forma  $1 - k \cdot P^r$ , ya evocado,

P es la presión absoluta del gas considerada, tal como se ha medido por el sensor 5,

T es la temperatura absoluta del gas considerada, tal como se ha medido por el sensor 6,

5 d es la densidad del gas considerado, y

$C_R$  es el coeficiente de gas real de la restricción 3, que depende, para el gas real objeto de las mediciones, más que de la relación  $\gamma$  del calor específico  $C_P$  de este gas de presión constante, a su calor específico  $C_V$  de volumen constante, tomando el coeficiente  $C_R$  la forma:

$$C_R = (\gamma)^{1/2} \times (2 / (\gamma + 1))^{(\gamma+1)/2 \times (\gamma-1)},$$

10 siendo la relación  $\gamma$  típicamente del orden de 0,67 para el metano y los gases naturales, y de 0,69 para el aire y el nitrógeno.

En estas condiciones, las siguientes relaciones permiten mostrar que:

$$Y = (Q_{m1} / Q_{m0}) \times (C_{D0} / C_{D1}) \times (P_0 / P_1) \times (T_1/T_0)^{1/2}$$

y que

15  $Y = (C_0 / C_1) \times (C_{R1} / C_{R0}) \times (d_0 / d_1)^{1/2}$

donde  $C_0$  y  $C_1$  designan respectivamente el coeficiente corrector C para el gas de referencia G0 y para el gas combustible G1, donde  $C_{R1}$  y  $C_{R0}$  designan respectivamente el coeficiente de gas real de la restricción 3 para el gas combustible G1 y para el gas de referencia G0, y donde  $d_0$  y  $d_1$  designan respectivamente la densidad del gas de referencia G0 y la del gas combustible G1.

20 Desde un punto de vista físico, el procedimiento de la invención se puede analizar entonces como basado en la puesta de manifiesto de una ley afín empírica que liga el índice de Wobbe W de cada gas combustible a cada una de las expresiones anteriores del término Y.

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento de evaluación del índice de Wobbe de un gas combustible (G1) que pertenece a una familia de gases definida por constituyentes de naturaleza química determinada que interviene en proporciones relativas variables, comprendiendo este procedimiento un proceso de medición a lo largo del cual se efectúa una medición de caudal de gas combustible, **caracterizado porque** comprende:
- 5 una operación que proporciona, como medición de caudal del gas combustible, una medición (Qm1) de un caudal másico de este gas combustible (G1) de flujo sónico a través de una restricción fluidica (3), tal como un orificio o una microtobera, efectuada a una presión absoluta de medición (P1) y a una temperatura absoluta de medición (T1);
- 10 un proceso de calibrado a lo largo del cual se efectúa una medición (Qm0) de un caudal másico de un gas de referencia (G0) de flujo sónico a través de la restricción fluidica (3), a una presión absoluta de referencia (P0) y a una temperatura absoluta de referencia (T0), y
- 15 un proceso de evaluación a lo largo del cual el índice de Wobbe recibe un valor (W) ligado, por una ley afín empírica ( $W = A \times Y + B$ ) previamente establecida para la familia de gases, al producto (Y) de tres factores (Za, Zb, Zc), representando el primer factor (Za) la relación (Qm1/Qm0) de la medición del caudal másico (Qm1) del gas combustible (G1) respecto de la medición del caudal másico (Qm0) del gas de referencia (G0), representando el segundo factor (Zb) la relación (F(P0)/F(P1)) de imágenes respectivas (F(P0), F(P1)) de las presiones absolutas de referencia (P0) y de medición (P1) por una función polinomial determinada (F), y representando el tercer factor (Zc) la raíz cuadrada  $(T1/T0)^{1/2}$  de la relación (T1/T0) de las temperatura absolutas de medición (T1) y de referencia (T0).
- 20 2.- Procedimiento de evaluación del índice de Wobbe según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el proceso de medición comprende una medición de la presión absoluta de medición (P1), y **porque** el proceso de calibrado comprende una medición de la presión absoluta de referencia (P0).
- 3.- Procedimiento de evaluación del índice de Wobbe según la reivindicación 2, **caracterizado porque** las presiones absolutas de medición y de referencia (P1, P0) se mantienen en un intervalo predeterminado, y **porque** la función polinomial (F) está constituida por la función identidad, tomando la imagen de una presión (P) por la función polinomial determinada (F), la forma
- 25 **F(P) = P.**
- 4.- Procedimiento de evaluación del índice de Wobbe según la reivindicación 2, **caracterizado porque** la imagen de una presión (P) por la función polinomial determinada (F) toma la forma:
- 30 **F(P) = P - k . P<sup>(1-n)</sup>**
- donde k y n son parámetros de construcción de la restricción fluidica (3).
- 5.- Procedimiento de evaluación del índice de Wobbe según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el proceso de medición comprende una medición de la temperatura absoluta (T1), y **porque** el proceso de calibrado comprende una medición de la temperatura absoluta de referencia (T0).
- 35 6.- Procedimiento de evaluación del índice de Wobbe según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el gas de referencia (G0) se puede elegir libremente entre un conjunto de gases que comprende gases y mezclas gaseosas no combustibles, tales como el aire o el nitrógeno.
- 7.- Procedimiento de evaluación del índice de Wobbe según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** comprende un proceso preliminar de correlación, a lo largo del cual la ley afín empírica ( $W = A \times Y + B$ ) se establece para al menos dos gases de la familia de gases.
- 40 8.- Procedimiento de evaluación del índice de Wobbe según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la evaluación del índice de Wobbe de un gas de la familia de los gases naturales, la ley afín empírica ( $W = A \times Y + B$ ) se define por una ordenada en origen (B) igual a -18,40.
- 9.- Procedimiento de evaluación del índice de Wobbe según la reivindicación 8, **caracterizado porque** el aire comprimido se utiliza como gas de referencia (G0), y **porque** la ley afín empírica ( $W = A \times Y + B$ ) es definida por una pendiente (A) igual a 19,40.
- 45 10.- Procedimiento de evaluación del índice de Wobbe según la reivindicación 8, **caracterizado porque** el nitrógeno es utilizado como gas de referencia (G0), y **porque** la ley afín empírica ( $W = A \times Y + B$ ) es definida por una pendiente igual a 19,72.

11.- Procedimiento de evaluación del índice de Wobbe según la reivindicación 8, **caracterizado porque** se utiliza metano como gas de referencia (G0), y **porque** la ley afín empírica ( $W = A \times Y + B$ ) es definida por una pendiente (A) igual a 33,28,

5 12.- Dispositivo adaptado para la evaluación del índice de Wobbe de un gas combustible (G1) que pertenece a una familia de gases definida por constituyentes de naturaleza química determinada que interviene en proporciones relativas variables, comprendiendo el dispositivo una conducción (1) que presenta una entrada (11) y una salida (12), medios de admisión (21, 22, 81, 82) para guiar selectivamente, hasta la entrada (11) de la conducción, un flujo de gas combustible (G1) a presión o un flujo de gas de referencia (G0) a presión, una restricción fluidica (3) tal como un orificio o una microtobera, que presenta una entrada (31) conectada a la salida (12) de la conducción (1), y  
 10 una salida (32), así como sensor (5) de presión absoluta y un sensor (6) de temperatura absoluta instalados en la conducción (1), **caracterizado porque** comprende un caudalímetro másico (4) conectado a la salida (32) de la restricción fluidica (3) y que proporciona una señal de salida (Qm) representativa del caudal másico (4) del gas que atraviesa esta restricción fluidica (3) de flujo másico, así como una unidad lógica (7) para utilizar las señales de salida (Qm1, Qm0, P1, P0, T1, T0) respectivamente del caudal másico del gas combustible (G1), del flujo másico del gas de referencia (G0) de la presión absoluta de medición de la presión absoluta de referencia, de la temperatura absoluta de medición y de la temperatura absoluta de referencia del gas combustible y del gas de referencia.

13.- Dispositivo según la reivindicación 12, **caracterizado** porque los medios de admisión (21, 22, 81, 82) comprenden una primera entrada principal (81) para el gas combustible (G1), una segunda entrada principal (82) para el gas de referencia (G0), y primeras y segundas electroválvulas (21, 22) respectivamente interpuestas entre la  
 20 entrada (11) de la conducción (1), y la primera y segunda entrada principal (81, 82).

14.- Dispositivo según la reivindicación 12 o 13, **caracterizado porque** la unidad lógica (7) comprende al menos tres entradas de adquisición (71, 72, 73) respectivamente conectadas al caudalímetro (4), al sensor de presión (5) y al sensor de temperatura (6), y dos salidas de mando (74, 75) respectivamente conectadas a las electroválvulas.

25

