

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 389 491**

51 Int. Cl.:

G01N 25/52 (2006.01)

G01N 25/00 (2006.01)

G01N 33/28 (2006.01)

G01N 21/72 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05850626 .2**

96 Fecha de presentación: **28.12.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1836480**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **26.09.2007**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la determinación del punto de humo de los hidrocarburos**

30 Prioridad:
30.12.2004 FR 0414087

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
26.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
26.10.2012

73 Titular/es:
TOTAL RAFFINAGE MARKETING (100.0%)
TOUR TOTAL 24 COURS MICHELET
92800 PUTEAUX, FR

72 Inventor/es:
REMINIAC, MYRIAM y
PESTIAUX, PIERRE

74 Agente/Representante:
VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

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).

ES 2 389 491 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para la determinación del punto de humo de los hidrocarburos.

La presente invención se refiere a un procedimiento mejorado para la determinación del punto de humo de los hidrocarburos, que comprende en particular la captación y el análisis de imágenes digitales, así como un dispositivo que sirve para llevar a cabo dicho procedimiento.

El punto de humo de un hidrocarburo es una característica que se determina habitualmente en los laboratorios de las refinerías, principalmente en los querosenos, los fueles para la aviación, o incluso los petróleos lampantes.

Esta característica es un parámetro importante ya que está directamente ligado a la composición en hidrocarburos de los carburantes probados. En efecto, cuanto menor es la relación C/H, y por lo tanto el contenido en compuestos aromáticos, más elevado es el punto de humo y mejor es el comportamiento del carburante durante su combustión. En otros términos, el punto de humo está ligado cuantitativamente a la transferencia potencial de calor radiante y, en la medida en que esta transferencia de calor ejerce una gran influencia sobre la temperatura de las piezas metálicas, el punto de humo se convierte, por lo tanto, en un indicador predictivo de la longevidad de dichas piezas metálicas.

El punto de humo presenta, por desgracia, el inconveniente de ser bastante difícil de medir. Se utiliza, por lo general, para ello un método de análisis que es objeto de una normalización (como el método que se describe en la norma ASTM D 1322 o sus equivalentes, por ejemplo ISO 3014, IP 57 o NF M 07-028) para permitir la detección y a continuación la medición de la altura máxima de una llama (por lo general expresada en mm y con una precisión de una décima de milímetro) que se puede obtener a partir del hidrocarburo probado sin que se forme humo.

En esta medición, la muestra se quema en una lámpara de mecha, también descrita en la norma ASTM D 1322, y el operario hace que varíe la posición del quemador de tal modo que se modifique progresivamente la altura y el aspecto de la llama que pasa lentamente de un estado relativamente alargado y disperso con un extremo superior que emite un ligero humo, a un estado que presenta una altura de llama más corta, con un extremo superior perfectamente redondeado. Entre estos dos estados de la llama, el operario también debe distinguir otras dos formas intermedias, es decir, la que presenta una punta alargada cuyos bordes aparecen cóncavos en la parte superior y aquella en la que el extremo puntiagudo llega casi a desaparecer y que forma una llama ligeramente redondeada sin humo. Es cuando la llama presenta este último aspecto cuando el operario aumenta la altura de la llama, en una escala graduada en mm dispuesta en el interior y en la parte posterior de la lámpara. El valor definitivo del punto de humo seleccionado para la muestra analizada corresponde a la media de tres mediciones sucesivas, calculada a 0,1 mm aproximadamente.

El método de medición del punto de humo, tal y como se define en la norma ASTM D 1322, como todos los métodos de análisis de este tipo, presenta no obstante unos límites en términos de precisión, esencialmente debidos a las dificultades de apreciación del operario, en particular a la hora de decidir para juzgar el aspecto correcto de la llama, de conformidad con la norma, y también en el momento de la medición visual de la altura de esta misma llama sobre la escala graduada. En efecto, la buena calidad de la medición de esta altura exige unas precauciones de funcionamiento particulares cuyas aplicaciones dependen por completo del operario. Es por lo que la repetibilidad y la reproductibilidad de la prueba normalizada son respectivamente de 2 mm y 3 mm.

La solicitante se ha propuesto resolver esta dificultad sustituyendo el ojo y el cerebro del operario por un sistema técnico de captación de imágenes digitales formado esencialmente por una cámara digital, o por un equivalente de esta cámara digital, y un sistema informático asociado que permite analizar y tratar las imágenes digitales grabadas. No obstante, la distinción de las diferentes formas características de la llama, entre el estado relativamente alargado y disperso con un extremo superior que emite un ligero humo y el estado que presenta una altura de llama más corta con un extremo superior perfectamente redondeado, es subjetiva y se presta mal a la utilización habitual de un programa informático de análisis y de tratamiento de imágenes digitales. La solicitante, después de numerosos trabajos de investigación, ha encontrado que, de forma inesperada, la utilización de este sistema asociado a una selección de parámetros apropiados y un calibrado correcto, permitía aumentar de forma espectacular la precisión del método y obtener el punto de humo del hidrocarburo probado liberándose de la subjetividad del operario.

La presente invención tiene, en consecuencia, como objeto un procedimiento para la determinación del punto de humo de un hidrocarburo, que comprende entre las diferentes etapas definidas en la norma ASTM D 1322 o sus equivalentes, la identificación, entre diferentes aspectos de la llama en función de la posición del quemador en la lámpara, de un aspecto particular de la llama y la lectura de la altura de esta llama en una escala graduada en mm, que se caracteriza por el hecho de que se capta y se graba, por medio de una cámara digital o de un equivalente de esta cámara, una serie de imágenes digitales de la llama con unos intervalos lo suficientemente próximos como para permitir, mediante el análisis de estas imágenes digitales, la detección de un cambio brusco de la forma de la llama, y porque se mide la altura de dicha llama en el momento de ese cambio brusco de su forma, dicha altura asimilándose al punto de humo del hidrocarburo probado.

De preferencia, la cámara digital estará equipada con un dispositivo fotodetector con transferencia de carga (en inglés *Charge Coupled Device*, y abreviado CCD). Los intervalos entre dos captaciones de imágenes estarán comprendidos de preferencia entre 0,1 y 0,2 segundos, y en particular entre 0,5 y 1,0 segundos. El número de

imágenes digitales de cada serie de imágenes es, de preferencia, al menos igual a 10.

Las operaciones de captación de imágenes digitales y de análisis y de tratamiento de estas imágenes para la identificación de la imagen que corresponde al primer cambio brusco de la forma de la llama están de preferencia automatizadas por medio de un programa específico.

5 Las diferentes etapas del método habitual de medición del punto de humo mencionado con anterioridad y al que se hace referencia en el preámbulo de la reivindicación de procedimiento independiente, realizadas en las condiciones de funcionamiento que se definen en la norma ASTM D 1322, o sus equivalentes, son las siguientes:

- (a) preparación y calibrado de una lámpara de determinación del punto de humo de acuerdo con las indicaciones de la norma, puntos 9 y 10;
- 10 (b) colocación de una mecha de al menos 125 mm, empapada de muestra, en el portamechas del quemador de la lámpara;
- (c) introducción de 20 ml de muestra en el depósito del quemador;
- (d) atornillado del portamechas con la mecha sobre el depósito del quemador;
- 15 (e) corte del extremo superior de la mecha de tal modo que esta sobresalga del portamechas en 5 mm e inserción del quemador de la lámpara;
- (f) prendido de la mecha y regulación de la mecha hasta que la llama tenga una altura de 1 cm aproximadamente y, tras un periodo de combustión de alrededor de 5 minutos;
- (g) elevación del quemador hasta la aparición de humo; a continuación,
- 20 (h) bajada lenta del quemador hasta que la llama ya no emita humo y presente un extremo superior perfectamente redondeado.

Las etapas preliminares a la identificación del cambio brusco de la forma de la llama son estrictamente conformes a la norma ASTM D 1322 (en particular la norma ASTM D 1322-97), o a uno de sus equivalentes técnicos, y no es, por lo tanto, necesario describir aquí en detalle el conjunto de las condiciones operativas y medidas de seguridad que permiten una ejecución correcta del procedimiento de determinación del punto de humo.

25 La etapa que consiste en obtener, mediante la bajada manual progresiva de la mecha del quemador de la lámpara, una llama que ya no emite humo y que presenta un extremo superior ligeramente redondeado, del procedimiento de la presente invención, se diferencia, por el contrario, de la etapa (b) correspondiente del procedimiento de la norma ASTM D 1322 por el hecho de que se procede a la captación y la grabación de una serie de imágenes digitales de la llama y porque se analizan las imágenes digitales grabadas por medio de un sistema de análisis de imágenes apropiado, de tal modo que se pueda deducir de estas la altura máxima de la llama que no emite humo, dicho de otro modo el punto de humo del carburante probado.

La invención se describe a continuación en referencia a los dibujos que se adjuntan, no excluyentes, en los que:

- la figura 1 muestra, por sus cuatro ángulos a diferentes (0°, 18°, 36° y 90°), la evolución del diámetro de Feret (en 1/10 mm) en función de la posición de bajada del quemador durante la etapa (h) del procedimiento;
- 35 - la figura 2 representa el valor de los niveles de gris de una línea de píxeles que pasan a la mitad de la altura de la llama, perpendicularmente al eje de simetría vertical de esta.

Para una mejor comprensión de la invención, la solicitante describe, en primer lugar, la evaluación visual de la altura máxima de la llama que no emite humo prevista por la norma ASTM D 1322 ofreciendo aquí una traducción parcial del punto 11.4 de esta norma:

- 40 11.4 Prender el quemador y regular la mecha de tal modo que la llama tenga una altura de 10 mm aproximadamente y dejar que la lámpara queme durante unos 5 minutos. Elevar el quemador hasta la aparición de humo, a continuación bajar el quemador lentamente pasando por las etapas de aspecto de la llama siguientes:
- 45 11.4.1 una larga punta, humo tenuemente visible, llama errática y dispersa,
- 11.4.2 una punta alargada con unos bordes laterales cóncavos hacia arriba (llama A),
- 11.4.3 el extremo puntiagudo llega casi a desaparecer, dejando una llama muy ligeramente « engrosada » (llama B),
- 11.4.4 una punta muy redondeada (llama C). Determinar la altura de la llama B con una precisión de 0,5 mm. Anotar la altura observada.
- 50 11.4.4.1 Para eliminar los errores debidos al paralaje, el ojo del observador deberá estar ligeramente a un lado de la línea central de tal modo que la imagen reflejada de la llama sea visible en la escala graduada a un lado de la línea central vertical blanca y que la llama a su vez sea visible contra el otro lado de la escala graduada. Los resultados de las dos lecturas deberían ser idénticos.

55 En el procedimiento de la presente invención, el sistema técnico de grabación y de análisis de imagen que se utiliza en sustitución del ojo del observador sirve a la vez para determinar el momento en el que la llama visible corresponde a la « llama B » de la norma, y para medir de la forma más precisa posible la altura de esta llama B.

La utilización de las imágenes digitales grabadas a lo largo de la bajada del quemador que se acompaña de la reducción del tamaño de la llama, ha demostrado que el cambio brusco de la forma de la llama, es decir, la aparición de la « llama B », correspondía a un cambio brusco, fácil de detectar, de la velocidad de reducción del diámetro de Feret de la imagen de la llama. El diámetro de Feret de un objeto es igual a la distancia entre dos tangentes al objeto, paralelas entre sí, y que definen un ángulo α con respecto a la horizontal, este ángulo denominándose a veces « dirección de medición del diámetro de Feret ». Cuando el objeto no es un círculo, esta distancia depende del ángulo α que definen las tangentes con respecto a la horizontal.

Se entenderá fácilmente que, en el caso de la llama a la que hay que medir las dimensiones, la distancia entre dos tangentes a la llama, paralelas entre sí y a la horizontal ($\alpha = 0^\circ$) es igual a la altura de la llama. Es la razón por la que, de aquí en adelante, a la altura de la llama se la denomina a veces diámetro de Feret con ángulo $\alpha = 0^\circ$.

La utilización de las imágenes como tal, ya sea al nivel de la forma de la llama o de su altura, necesita una operación adicional, denominada « umbralamiento » o « binarización », utilizada de forma clásica en el análisis y el tratamiento de imágenes digitales. Esta operación de umbralamiento consiste en poner a cero todo los píxeles que tienen un nivel de gris inferior a un cierto valor, denominado « umbral », y a 1 todos los píxeles que tienen un valor superior al umbral.

En efecto, una llama es un fenómeno físico que se caracteriza por un aumento local de calor y de intensidad luminosa. Aunque el ojo humano crea distinguir un contorno de llama bastante definido y preciso, la imagen digital en niveles de gris de una llama muestra que el aumento de intensidad luminosa es continuo y que se pasa de manera progresiva a unas luminosidades cada vez más altas. Esta continuidad en la luminosidad se muestra claramente en la figura 2 que representa el valor de los niveles de gris de una línea de píxeles que pasan a media altura de la llama, perpendicularmente al eje de simetría vertical de esta.

El cambio brusco de la velocidad de reducción del diámetro de Feret, que corresponde al momento de la aparición de la « llama B » está determinado, de preferencia, por diferentes mediciones del diámetro de Feret con un ángulo α diferente de cero. Este ángulo α tiene, no obstante, un valor relativamente bajo, de preferencia inferior a 45° . La figura 1 muestra, para cuatro ángulos α diferentes (0° , 18° , 36° y 90°), la evolución del diámetro de Feret (en 1/10 mm) en función de la posición de bajada del quemador durante la etapa (h) del procedimiento. En las tres curvas que corresponden respectivamente a un ángulo α igual a 0° , 18° y 36° , se observa un punto de ruptura, señalado por una flecha, en el que la pendiente de la curva (que refleja la velocidad de reducción de la altura de la llama) cambia de forma brusca. Este punto de ruptura o « pliegue » corresponde al momento en el que la llama es una llama B en el sentido de la norma ASTM D 1322, para una posición precisa del quemador. Hay que señalar que para un ángulo α igual a 90° (diámetro de Feret correspondiente a la anchura de la llama), no se observa ese punto de ruptura característico.

Tras la determinación de la posición del quemador correspondiente a la llama de altura máxima que no emite humo (llama B), se trata, en un segundo tiempo, de determinar la altura absoluta de esta llama que, después de las correcciones apropiadas, da el punto de humo.

Se determina el valor absoluto de la altura de la llama B comparándola con una escala graduada que forma parte de la lámpara descrita en la norma ASTM D 1322. En el procedimiento habitual, el operario lee directamente la altura de la llama B en la escala graduada, colocada detrás de esta, tomando las precauciones indicadas en el punto 11.4.4.1. En el procedimiento de acuerdo con la invención, la escala graduada no se puede ver en la imagen de la llama grabada por la cámara digital con CCD. La determinación de la altura de la llama deberá, en consecuencia, hacerse mediante la superposición de la imagen digital de la llama con la imagen digital de la escala graduada (imagen de calibrado), captada de forma independiente por el aparato con CCD a partir de una posición idéntica, pero en ausencia de llama, y con una iluminación adecuada.

Como para la detección de la forma de la llama que corresponde a la llama B, en el sentido de la norma ASTM D 1322, la determinación de la altura de la llama también necesita una operación de umbralamiento de la imagen digital.

En efecto, para determinar la altura de una llama, es necesario decidir de forma previa a partir de qué intensidad luminosa comienza la llama. Esta decisión vuelve a fijar un umbral (valor de nivel de gris) más allá del cual se considera que hay una llama, y por debajo del cual se considera que no hay llama. En la figura 2, el umbral seleccionado corresponde a la línea horizontal de puntos. Las flechas A y B marcan los límites de la llama para este umbral.

La dificultad reside en la elección del umbral que se va a utilizar. En efecto, cuanto más alto sea el umbral seleccionado, más bajo será el valor absoluto de altura de llama que se obtendrá. El umbral apropiado, es decir el umbral que da la altura absoluta de la llama que conduce al punto de humo correcto del carburante probado, se podrá determinar por medio de una o de varias mezclas de carburantes estándar (tolueno/2,2,4-trimetilpentano) de los que la norma ASTM D 1322 indica el punto de humo. Por ello, se realiza, con un equipo correctamente instalado, una serie de imágenes digitales de una llama de combustión de una mezcla de carburante estándar, se selecciona, tras una operación de umbralamiento adecuada tal y como se ha indicado con anterioridad, la imagen digital que

corresponde al cambio brusco de la velocidad de reducción del diámetro de Feret, se somete a continuación esta imagen a una serie de umbralamientos con diferentes umbrales y se elige el umbral que da una altura de llama igual al punto de humo indicado por la norma ASTM D 1322 para la mezcla de carburante estándar utilizado. El umbral determinado de este modo se deberá conservar durante toda la serie de mediciones.

- 5 Para completar la automatización de la medición del punto de humo de un hidrocarburo, de acuerdo con la presente invención, se puede instalar un servomecanismo continuo anexo entre la posición del quemador en la lámpara y la activación de las captaciones de imágenes por la cámara digital, situándose el quemador, en ese caso, en diferentes niveles en la lámpara por medio de un motor eléctrico.

10 La presente invención también tiene por objeto un dispositivo para la determinación del punto de humo de un carburante hidrocarbonado, que comprende:

- (A) un aparato de determinación del punto de humo de conformidad con las especificaciones de la norma ASTM D 1322;
 (B) una cámara digital, de preferencia una cámara digital con CCD, y, unida a esta;
 (C) un sistema informático diseñado y programado para permitir la grabación, el análisis y el tratamiento de las imágenes digitales captadas por la cámara digital.

Este dispositivo comprende, además, de preferencia, un filtro anti-infrarrojos colocado entre el aparato de determinación del punto de humo (A) y la cámara digital (B), y que sirve para interceptar la radiación infrarroja que emite la llama que saturaría las imágenes y las haría inservibles.

20 La cámara digital con dispositivo de CCD cubre de preferencia unas longitudes de onda que van desde el ultravioleta hasta el infrarrojo, no obstante también se pueden utilizar los modelos que cubren únicamente el espectro visible o el espectro visible-UV. El empleo de un filtro anti-infrarrojos siendo entonces innecesario.

La dinámica de la cámara digital utilizada para la captación de las imágenes digitales no está determinada. Para la captación de imágenes que presentan una resolución satisfactoria, se utilizan no obstante unas cámaras digitales con CCD de al menos 10 bits que permiten grabar imágenes digitales con al menos 512 niveles de gris. Se prefieren las cámaras digitales con CCD de 16 bits o más que ofrecen unas imágenes con 32.768 niveles de gris, o más.

30 La cámara digital con CCD comprende, por lo general, un zoom y está colocada a una distancia de entre 1 m y 1,5 m aproximadamente de la lámpara del aparato de determinación del punto de humo. El zoom se regula entonces de tal modo que la imagen digital que se graba contenga la imagen de toda la escala graduada del aparato de determinación del punto de humo. Es esencial que la posición relativa de la cámara digital con CCD, con respecto a la lámpara, no varíe entre dos captaciones de imagen. La invariabilidad de esta posición es, en efecto, la condición indispensable que permite comparar entre sí las diferentes imágenes grabadas y los valores de punto de humo calculados a partir de estas. No obstante, si la posición de la cámara digital o el ajuste del zoom se modificaran por descuido, es posible y necesario proceder a la captación de una nueva imagen de calibrado (imagen de la escala graduada en ausencia de llama).

35 Teniendo en cuenta la elevada sensibilidad de los sensores de las cámaras digitales con CCD, es necesario tomar una cierto número de medidas para garantizar una buena calidad de las imágenes. Los diferentes protocolos de calibrado y de eliminación de los ruidos de fondo son familiares para el experto en la materia que utiliza unos sensores CCD y no es necesario describirlos en detalle aquí. Se pueden citar, a título de ejemplo, de medidas que garantizan una buena calidad de imagen, el enfriamiento de los sensores CCD mediante un módulo Peltier, con el fin de eliminar la formación de cargas denominadas « térmicas ».

La presente invención se ilustra por medio de los ejemplos de aplicación siguientes.

Ejemplo 1

45 Validación del procedimiento de acuerdo con la invención mediante la determinación del punto de humo de una mezcla de carburante con un punto de humo conocido - determinación de un umbral adecuado

Después de haber instalado y calibrado la lámpara de mecha y el dispositivo de acuerdo con la presente invención, se realizan dos series sucesivas, de diez imágenes digitales cada una, de una llama de combustión con una mezcla de un 15 % en volumen de tolueno y de un 85 % en volumen de 2,2,4-trimetilpentano (punto de humo de referencia: 25,8 mm), de las que se reduce progresivamente la altura de conformidad con el protocolo que se describe en el punto 11.4 de la norma ASTM D 1322. Se traza, a partir de las imágenes digitales obtenidas, que se han sometido previamente a un umbralamiento con un valor igual a un 15 % aproximadamente de la dinámica de medición del sensor CCD, esto es para esta prueba un valor de 2.000, una curva del valor del diámetro de Feret de la llama, para una dirección de medición α de este mismo diámetro de Feret igual a 36°, en función de la posición del quemador, o de manera más exacta en función del número de imagen. Se observa un cambio brusco de la velocidad de reducción de la altura de la llama para la imagen del número 4. Se aplican a continuación a esta imagen diferentes umbralamientos y se selecciona el umbral que da un valor de diámetro de Feret con $\alpha = 0^\circ$ más próximo al valor teórico de la norma (25,8 mm). El umbral de 4.000 determinado de este modo da un diámetro de Feret ($\alpha = 0^\circ$) de

26,2 mm para la primera serie de imágenes y de 25,9 mm para la segunda serie de imágenes.

El programa de análisis y de tratamiento de las dos series de diez imágenes digitales, que se utiliza en la presente prueba, lo proporciona la empresa Neosis con el nombre comercial Visilog 6. Los valores de umbral seleccionados y los valores del ángulo α para el cálculo de los diámetros de Feret correspondientes se han determinado previamente por medio de diferentes productos de referencia de acuerdo con la presente invención en las condiciones de funcionamiento conformes a la norma ASTM D 1322.

Ejemplo 2

Repetibilidad de la medición de la altura de llama

Con un dispositivo de acuerdo con la invención que comprende:

- 10 (a) un aparato de medición del punto de humo de acuerdo con la norma ASTM D 1322;
- (b) una cámara digital con CCD (16 bits) provista de un zoom;
- (c) unido a la cámara digital, un ordenador provisto del programa Visilog 6 de la empresa Neosis, capaz de grabar, analizar y a continuación tratar las imágenes digitales que proceden de la cámara digital; y
- (d) un filtro anti-infrarrojos colocado entre (a) y (b);
- 15 se procede a la captación de tres series sucesivas de cuatro imágenes digitales cada una, que corresponden respectivamente a cuatro alturas diferentes de una llama de combustión de un hidrocarburo que hay que analizar. Las imágenes digitales que se obtienen de este modo se someten a un umbralamiento con el umbral igual 4.000, determinado en el ejemplo 1.

Se obtienen los valores de altura de llama (expresados en mm) siguientes:

Serie nº.	Llama 1	Llama 2	Llama 3	Llama 4
1	15,9	11,4	9,4	5,6
2	15,9	11,2	9,4	5,6
3	16,1	11,2	9,2	5,7
Media	15,9	11,3	9,3	5,6
Desviación tipo	0,1	0,1	0,1	0,1
Repetibilidad calculada	0,3	0,3	0,3	0,3
Repetibilidad ASTM D 1322	2	2	2	2

Se constata que las desviaciones tipo son del orden de 0,1 mm.

Las repetibilidades que se obtienen con el procedimiento y el dispositivo de acuerdo con la presente invención son del orden de entre 6 y 7 veces mejores que las que se divulgan en la norma ASTM D 1322.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación del punto de humo de un hidrocarburo, que comprende entre las diferentes etapas definidas en la norma ASTM D 1322 o sus equivalentes, la identificación, entre diferentes aspectos de la llama en función de la posición del quemador en la lámpara, de un aspecto particular de la llama y la lectura de la altura de esta llama en una escala graduada en mm, que se caracteriza por el hecho de que se capta y se graba, por medio de una cámara digital o de un equivalente de esta cámara, al menos una serie de imágenes digitales de la llama con unos intervalos lo suficientemente próximos como para permitir, mediante el análisis de estas imágenes digitales, la detección de un cambio brusco de la forma de la llama que corresponde a la aparición de una llama (B) cuyo extremo puntiagudo llega casi a desaparecer, dejando una llama muy ligeramente engrosada, y que se mide a la altura de dicha llama en el momento de ese cambio brusco de su forma, dicha altura asimilándose al punto de humo del hidrocarburo probado.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **que se caracteriza por el hecho de que** la cámara digital comprende un dispositivo fotodetector de transferencia de carga (CCD).
3. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 2, **que se caracteriza por el hecho de que** los intervalos entre las diferentes captaciones de imágenes están comprendidos entre 0,1 y 2,0 segundos, y de preferencia entre 0,5 y 1,0 segundos.
4. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **que se caracteriza por el hecho de que** la detección del cambio brusco de la forma de la llama se realiza mediante la medición del cambio brusco de la velocidad de reducción del diámetro de Feret de la imagen de la llama.
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, **que se caracteriza por el hecho de que**, para detectar el cambio brusco de la velocidad de reducción del diámetro de Feret, se mide este diámetro de Feret con un ángulo inferior a 45°.
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 y 5, **que se caracteriza por el hecho de que** la altura de la llama es igual al diámetro de Feret para $\alpha = 0^\circ$ de la imagen de la llama.
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 a 6, **que se caracteriza por el hecho de que** la imagen digital que corresponde al cambio brusco de la velocidad de reducción del diámetro de Feret se somete a una operación de umbralamiento que utiliza un umbral determinado por medio de uno o de varias mezclas de carburantes estándar con un punto de humo conocido.
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **que se caracteriza por el hecho de que** la cámara digital con dispositivo de transferencia de carga (CCD) cubre unas longitudes de onda que van desde el ultravioleta hasta el infrarrojo.
9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **que se caracteriza por el hecho de que** se intercala entre la llama y la cámara digital con CCD un filtro anti-infrarrojos.
10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **que se caracteriza por el hecho de que** la cámara digital con CCD permite grabar imágenes digitales con al menos 512 niveles de gris, y de preferencia con al menos 32.768 niveles de gris.
11. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **que se caracteriza por el hecho de que** se utiliza una cámara digital con CCD con zoom y que se coloca esta cámara a una distancia de entre 1 m y 1,5 m aproximadamente de la lámpara.
12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, **que se caracteriza por el hecho de que** el zoom se regula de tal modo que la imagen digital grabada contenga la imagen de toda la escala graduada del aparato de determinación del punto de humo.
13. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **que se caracteriza por el hecho de que** el número de imágenes digitales de cada serie es al menos igual a 10.
14. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **que se caracteriza por el hecho de que** las operaciones de captación de imágenes digitales y de análisis y de tratamiento de estas imágenes están automatizadas gracias a un programa específico.
15. Dispositivo para la determinación del punto de humo de un carburante hidrocarbonado, que comprende:
 - un aparato de determinación del punto de humo de conformidad con las especificaciones de la norma ASTM D1322;
 - una cámara digital adaptada para permitir la captación de al menos una serie de imágenes digitales de una llama con unos intervalos lo suficientemente próximos como para permitir, mediante el análisis de estas imágenes digitales la detección de un cambio brusco de la forma de la llama que corresponde a la aparición de

una llama (B) cuyo extremo puntiagudo llega casi a desaparecer, dejando una llama muy ligeramente engrosada y, unida a esta;

– un sistema informático diseñado y programado para permitir la grabación, el análisis y el tratamiento de las imágenes digitales captadas por la cámara digital.

- 5 16. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 15, **que se caracteriza por el hecho de que** comprende, además, un filtro anti-infrarrojos colocado entre el aparato de determinación del punto de humo y la cámara digital.
17. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 15 o 16, **que se caracteriza por el hecho de que** la cámara digital cubre unas longitudes de onda que van desde el ultravioleta hasta el infrarrojo.
- 10 18. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 15 a 17, **que se caracteriza por el hecho de que** la cámara digital permite grabar imágenes digitales con al menos 512 niveles de grises, de preferencia con al menos 32.768 niveles de gris.
19. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 15 a 18, **que se caracteriza por el hecho de que** la cámara digital comprende un zoom y está colocado a una distancia de entre 1m y 1,5 m aproximadamente de la lámpara del aparato de determinación del punto de humo.
- 15 20. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 19, **que se caracteriza por el hecho de que** el zoom está regulado de tal modo que la imagen digital grabada contenga la imagen de la totalidad de la escala graduada del aparato de determinación del punto de humo.

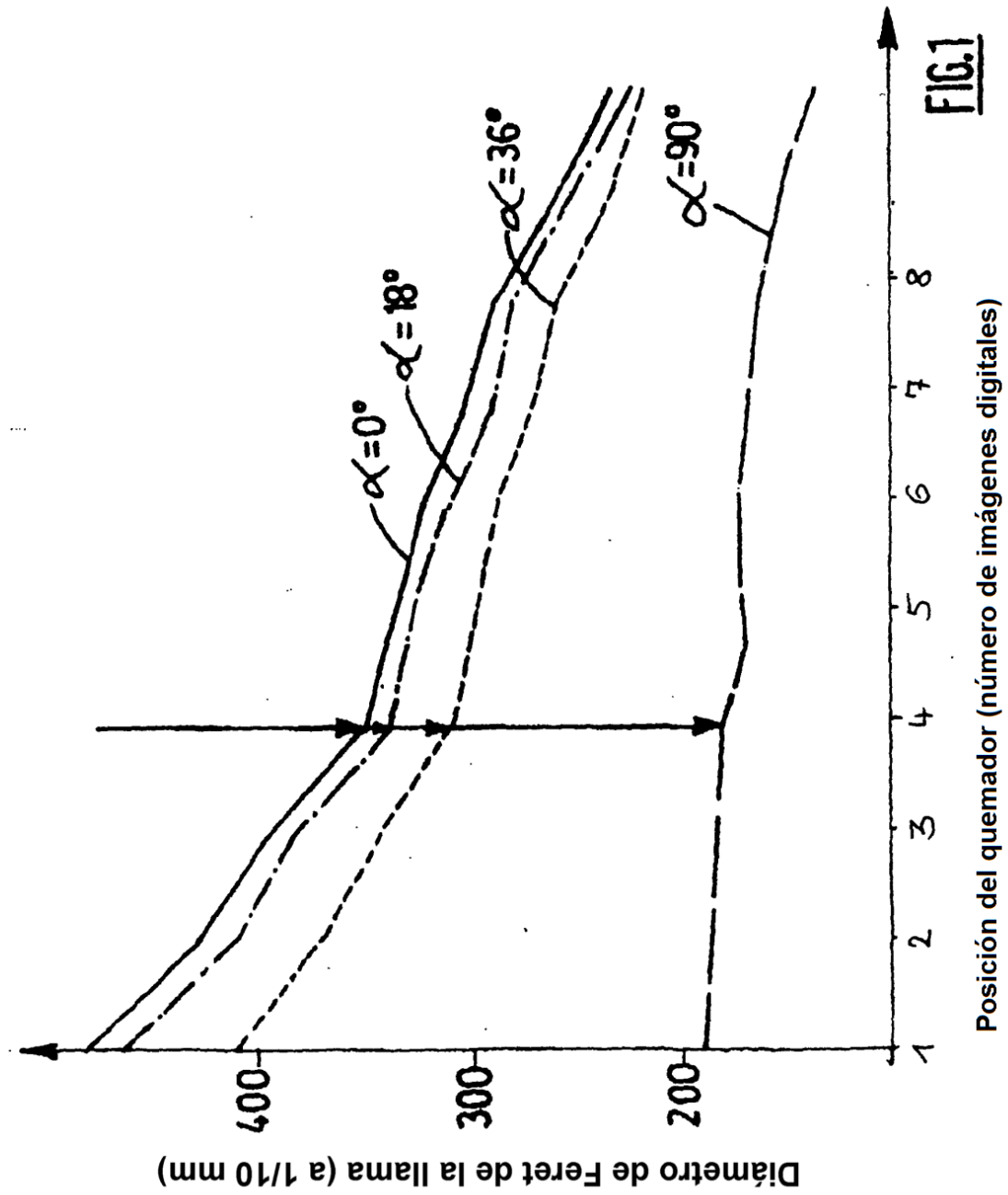


FIG.1

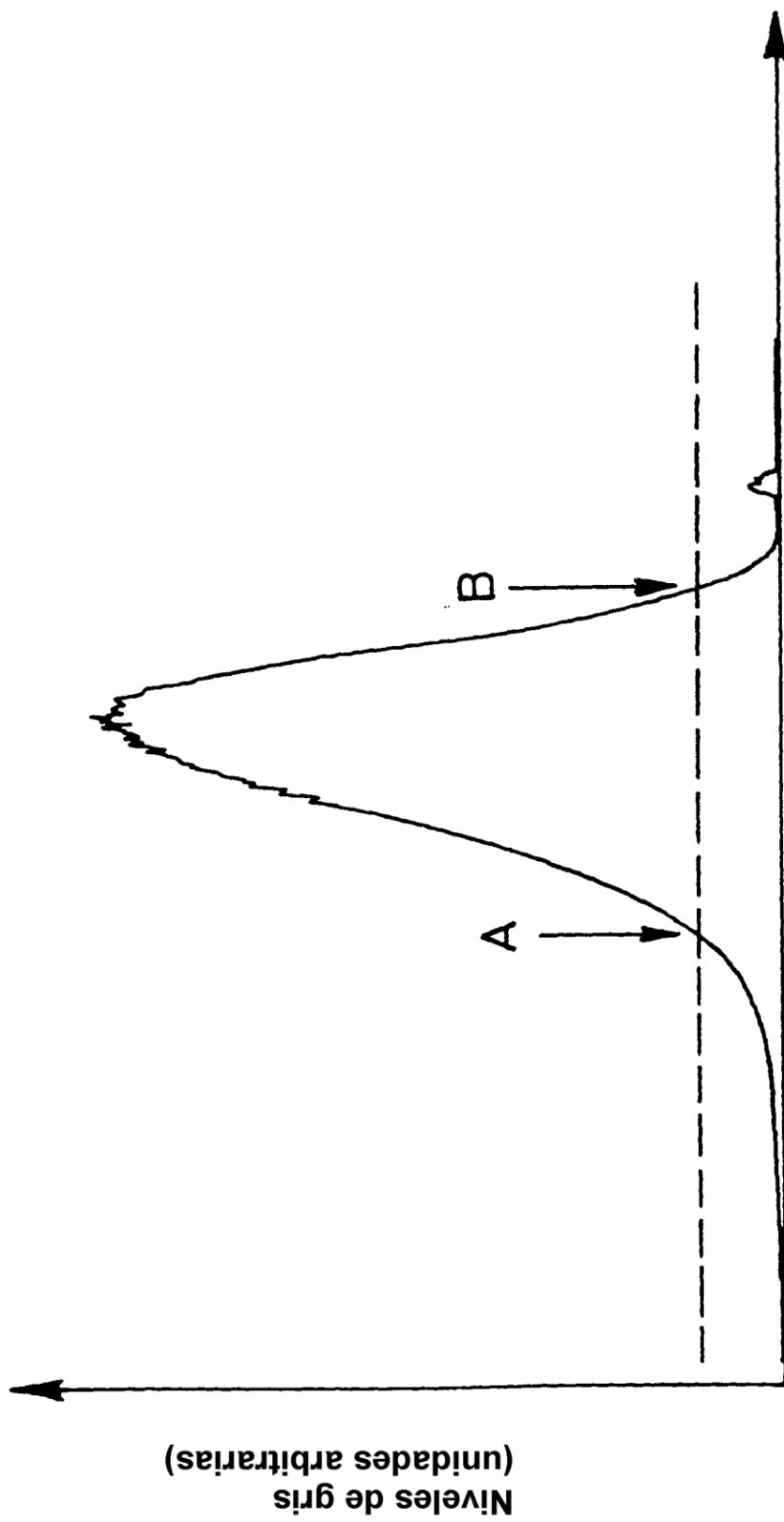


FIG.2