



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 360 084**

51 Int. Cl.:
G01N 31/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02759607 .1**

96 Fecha de presentación : **11.09.2002**

97 Número de publicación de la solicitud: **1425576**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **09.06.2004**

54 Título: **Dispositivo de medición de la opacidad de los gases de escape.**

30 Prioridad: **11.09.2001 US 318574 P**
11.03.2002 US 93714

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
31.05.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
31.05.2011

73 Titular/es: **ENVIRONMENTAL SYSTEMS
PRODUCTS HOLDINGS Inc.**
11 Kripes Road
East Granby, Connecticut 06026, US

72 Inventor/es: **Stedman, Donald, H.;**
Bishop, Gary, A. y
Full, Gary

74 Agente: **Sugrañes Moliné, Pedro**

ES 2 360 084 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

Dispositivo de medición de la opacidad de los gases de escape

Solicitudes relacionadas

5 Esta solicitud reivindica la prioridad respecto a la solicitud de patente provisional de EE.UU., No. de serie 60/318.574, presentada el 11 de septiembre de 2001 y titulada "System and Method For Detecting Smoke Density In Exhaust Emissions".

Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a un sistema de detección remota de emisiones y un procedimiento para detectar emisiones de escape procedentes de vehículos a motor donde el sistema determina la opacidad de un penacho de gases de escape.

Antecedentes de la invención

15 Los sistemas de detección remota de emisiones (RES) son conocidos. Uno de tales sistemas se desvela en la patente de EE.UU. No. 5.210.702 y comprende una fuente de radiación electromagnética (EM) que está dispuesta para pasar un haz de radiación EM a través del penacho de gases de escape de un vehículo a motor cuando el vehículo a motor pasa por el sistema. El sistema también comprende uno o más detectores dispuestos para recibir la radiación después de que pasa a través del penacho de gases de escape de un vehículo. Uno o más filtros pueden estar asociados con el uno o más detectores para permitir que los detectores determinen la intensidad de la radiación EM que tiene una longitud de onda o intervalo de longitudes de onda particular. Las longitudes de onda pueden seleccionarse convenientemente para que correspondan con longitudes de onda absorbidas por especies moleculares de interés en un penacho de gases de escape (por ejemplo, hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x) como NO y NO₂. Los voltajes de salida del uno o más detectores representan la intensidad de la radiación EM medida por ese detector.

20 Estos voltajes son introducidos luego en un procesador. El procesador calcula la diferencia entre la intensidad conocida de la fuente de luz y la intensidad detectada por los detectores para determinar la cantidad de absorción por la especie molecular particular (basándose en longitudes de onda predeterminadas asociadas con esa especie). Basándose en la(s) absorción(es) medida(s), puede determinarse de una manera conocida la concentración de una o más especies moleculares en las emisiones.

25 Un sistema para la detección remota de la opacidad de los gases de escape se desvela en el documento "Feasibility of Remote Sensing of Particulate Emissions From Heavy-Duty Vehicles", de Chen, G. y col., American Society of Automotive Engineers (1996). En este sistema, se mide la opacidad en una longitud de onda de 638 nm y se correlaciona con las mediciones de CO₂.

Los sistemas RES existentes adolecen de diversos inconvenientes y limitaciones. Estos factores pueden conducir a lecturas erróneas, una incidencia relativamente alta de datos desechados o una incidencia relativamente alta de resultados de pruebas "señalizadas". Estos y otros problemas pueden reducir los beneficios de un sistema RES.

35 Al menos algunos sistemas RES funcionan, en parte, determinando la absorción (o transmitancia) de la luz a través de un penacho de gases de escape. Determinando la absorción/transmitancia a longitudes de onda particulares (que corresponden a longitudes de onda a las que varias especies moleculares presentes en un penacho de gases de escape absorben radiación EM), puede determinarse la concentración de esas especies en los gases de escape. Un problema es que diversos factores externos pueden afectar a la intensidad medida y conducir a errores. Por ejemplo, si la intensidad medida es reducida debido a la dispersión de la luz por partículas en el penacho de gases de escape, más que la absorción de la radiación las especies de interés, esto puede conducir a errores.

40 Un inconveniente de algunos sistemas de detección remota es el uso de una sola longitud de onda de radiación EM para medir la opacidad. Se sabe que la dispersión de la radiación EM debida a la presencia de partículas aumenta con la disminución de la longitud de onda. Como la dispersión es un contribuidor fundamental a la opacidad de un penacho, los sistemas que miden la opacidad sólo con radiación EM de longitud de onda relativamente larga a menudo pueden arrojar resultados inexactos.

Existen estos y otros inconvenientes.

45 El documento US 6.570.655 desvela un aparato para medir la opacidad en o cerca del máximo de la sensibilidad del ojo en la longitud de onda verde. Se hace una segunda medición en una longitud de onda diferente para corregir la dispersión debida a partículas "blancas".

El documento WO00/34755 desvela un sistema de detección de emisiones que emite y mide la luz en diversas longitudes de onda de absorción y también en una longitud de onda de opacidad.

Resumen de la invención

Según un primer aspecto de la presente invención se proporciona un procedimiento para determinar un valor de opacidad de un penacho de emisiones, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

5 dirigir un haz que comprende una longitud de onda de opacidad de radiación electromagnética a través de un penacho de emisiones, en el que una longitud de onda de opacidad es una longitud de onda en la que la atenuación de la radiación electromagnética dentro del penacho de emisiones está causada fundamentalmente por dispersión debida a la presencia de partículas en el penacho de emisiones;

detectar el haz después de que el haz ha pasado a través del penacho de emisiones;

10 caracterizado por dirigir un haz que comprende al menos una longitud de onda de opacidad adicional y diferente a través del penacho de emisiones, determinando un cambio de intensidad del haz causado por el paso del haz a través del penacho de emisiones para cada una de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética;

15 comparar los cambios de intensidad determinados de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética, determinando un valor de opacidad relacionado con los cambios de intensidad determinados de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética si los cambios de intensidad de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética son sustancialmente equivalentes, y desechar los cambios de intensidad determinados de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética sin determinar un valor de opacidad si los cambios de intensidad de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética no son sustancialmente equivalentes.

20

Según un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento para medir la opacidad usando un sistema de detección remota de emisiones que mide las emisiones de escape de vehículos en marcha, comprendiendo el procedimiento:

25 dirigir una longitud de onda de opacidad de radiación electromagnética a través de un penacho de emisiones de escape, en el que una longitud de onda de opacidad es una longitud de onda en la que la atenuación de la radiación electromagnética dentro del penacho de emisiones está causada fundamentalmente por dispersión debida a la presencia de partículas en el penacho de emisiones de escape;

detectar las longitudes de onda de radiación electromagnética después de que pasa a través del penacho de emisiones de escape;

30 determinar la concentración relativa de un constituyente de los gases de escape de un vehículo presente en el penacho de emisiones de escape;

caracterizado por dirigir al menos una longitud de onda de opacidad adicional y diferente a través del penacho de emisiones de escape;

35 determinar un cambio de intensidad causado por el paso del haz a través del penacho de emisiones para cada una de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética;

correlacionar los cambios de intensidad para cada una de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética con la concentración relativa determinada del constituyente de los gases de escape de un vehículo;

40 registrar un valor de opacidad válido para cada una de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética que se correlacionan sustancialmente con la concentración relativa determinada del constituyente de los gases del escape de un vehículo;

comparar los cambios de intensidad de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética;

45 calcular un valor de opacidad notificado proporcional a una media de los valores de opacidad válidos si los cambios de intensidad de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética son sustancialmente equivalentes; y

desechar los cambios de intensidad determinados de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética sin calcular un valor de opacidad notificado si los cambios de intensidad de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética no son sustancialmente equivalentes.

50 Según un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema de detección remota para medir la opacidad de un penacho de gases de escape de un vehículo, comprendiendo el sistema:

una fuente que dirige una longitud de onda de opacidad de radiación electromagnética a través de un penacho de emisiones de escape, en el que una longitud de onda de opacidad es una longitud de onda a la que la atenuación de

la radiación electromagnética dentro del penacho de emisiones de escape está causada fundamentalmente por dispersión debida a la presencia de partículas en el penacho de gases de escape;

un detector que detecta la longitud de onda de opacidad de radiación electromagnética y produce una señal de salida; y

5 un procesador que comprende:

un módulo de concentración relativa que determina una concentración relativa de un constituyente de los gases de escape de un vehículo presente en el penacho de emisiones de escape;

10 caracterizado porque la fuente dirige al menos una longitud de onda de opacidad adicional y diferente a través del penacho de emisiones y el detector detecta la al menos una longitud de onda de opacidad ulterior, y caracterizado además por

un cambio del módulo de intensidad que determina un cambio de intensidad causado por

el paso del haz a través del penacho de emisiones para las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes basándose, al menos en parte, en la señal de salida;

15 un módulo de correlación que correlaciona los cambios de intensidad para las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes con la concentración relativa del constituyente de los gases de escape de un vehículo y registra un valor de opacidad válido para cada una de las al menos dos longitudes de onda diferentes que se correlacionan sustancialmente con la concentración relativa determinada del constituyente de los gases de escape de un vehículo; y un módulo de cálculo que compara los cambios de intensidad de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética, calcula un valor de opacidad notificado proporcional a una media de los
20 valores de opacidad válidos si los cambios de intensidad de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética son sustancialmente equivalentes, y desecha los cambios de intensidad determinados de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética sin calcular un valor de opacidad notificado si los cambios de intensidad de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes no son sustancialmente equivalentes.

25 Otras ventajas de la presente invención resultarán evidentes para alguien con experiencia normal en la materia en el momento de revisar la descripción de este documento.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 representa un dispositivo de detección remota de emisiones (RES) según un ejemplo que no forma parte de la presente invención.

30 La Fig. 2 representa un procedimiento de análisis de datos según un ejemplo que no forma parte de la presente invención.

La Fig. 3 representa un sistema de procesamiento según un ejemplo que no forma parte de la presente invención.

La Fig. 4 representa un organigrama de un procedimiento según un ejemplo que no forma parte de la presente invención.

35 La Fig. 5 es una vista esquemática de un sistema de medición de opacidad de longitud de onda múltiple según algunas realizaciones de la invención.

La Fig. 6 es una vista esquemática de un procesador según algunas realizaciones de la invención.

La Fig. 7 es un organigrama que ilustra un procedimiento para determinar un valor de opacidad según algunas realizaciones de la invención.

40 La Fig. 8 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema de medición de opacidad monocromática según un ejemplo que no forma parte de la invención.

La Fig. 9 es un organigrama esquemático que ilustra un procedimiento para determinar un valor de opacidad según ejemplo que no forma parte de la invención.

Descripción detallada de los dibujos

45 La Fig. 1 representa un RES según un ejemplo que no forma parte de la presente invención. El RES mide las emisiones procedentes de un vehículo 10. El RES comprende una fuente 12 para generar radiación 20. La radiación 20 es dirigida a través del penacho de gases de escape 16 de un vehículo 10 cuando el vehículo 10 pasa por el RES. La óptica de transferencia 18 recibe la radiación 20 y transfiere la radiación 20 a través del penacho 16 como radiación post-penacho 22 a uno o más detectores 14. Los detectores 14 están dispuestos para medir dicha radiación 22

después de que pasa a través del penacho de gases de escape 16 del vehículo 10. Un filtro (no mostrado) puede estar asociado con uno o más detectores 14 para permitir al detector 14 determinar la intensidad de radiación que tiene una longitud de onda o un intervalo de longitudes de onda particular filtrando todas menos la longitud de onda o un intervalo de longitudes de onda particular de la radiación de retorno 22. Alternativamente, pueden emplearse láseres sintonizados como fuente 12 para generar radiación 20 de una longitud de onda o un intervalo de longitudes de onda particular, en cuyo caso puede que no se requieran filtros.

Las longitudes de onda pueden seleccionarse convenientemente para que correspondan a longitudes de onda absorbidas por especies moleculares de interés en un penacho de gases de escape (por ejemplo, HC, CO, CO₂, NO, NO₂ (en lo sucesivo NO_x), u otras especies moleculares). Se obtienen uno o más voltajes de salida del detector que representan la intensidad de la radiación 22 medida por ese detector 14. Los voltajes de salida del detector son introducidos en un procesador 100. El detector 14 puede ser cualquier detector adecuado como un fotodiodo, fotomultiplicador, detector acoplado por carga, antimoniuro de indio, seleniuro de plomo, u otros detectores fotoconductores o fotovoltaicos conocidos.

Preferentemente, la fuente 12 se mantiene a una temperatura sustancialmente constante, por ejemplo, encerrando la fuente 12 en un alojamiento para aislarla de las condiciones atmosféricas como el sol, el viento y la lluvia. Las variaciones de temperatura en la fuente 12 pueden introducir un error adicional en las mediciones.

El procesador 100 puede calcular la diferencia entre la intensidad original de la radiación 20 y la intensidad de la radiación 22 detectada por el detector 14 para determinar la cantidad de absorción de radiación por la especie molecular particular a longitudes de onda predeterminadas asociadas con esa especie. Basándose en la(s) absorción(es) medida(s), la concentración de una o más especies moleculares en las emisiones puede determinarse de manera conocida. Tales sistemas generalmente toman una pluralidad de mediciones (por ejemplo, 50) durante un periodo de tiempo predeterminado (por ejemplo, 0,5 segundos). Luego, estos puntos de datos son correlacionados y analizados para determinar las concentraciones de las especies de emisiones objetivo.

Según un ejemplo que no forma parte de la presente invención, el procesador 100 puede realizar diversas funciones que incluyen determinar concentraciones de diversos componentes de emisiones. Tal como se discutió anteriormente, el dispositivo de la Fig. 1 monitoriza varios canales, cada uno para un componente de las emisiones separado.

Según un ejemplo que no forma parte de la presente invención, el RES puede usarse para vehículos diésel, y particularmente vehículos diésel para trabajos pesados como camiones y autobuses. La presente invención puede usarse para medir la concentración de diversos componentes de emisiones así como la cantidad de emisiones en forma de partículas en los gases de escape de un vehículo diésel. Las emisiones gaseosas y en forma de partículas juntas contribuyen a una cantidad sustancial de contaminantes para el medio ambiente. En particular, los vehículos diésel para trabajos pesados producen una cantidad sustancial de NO_x así como emisiones en forma de partículas. Debido a la probable naturaleza carcinógena de las emisiones diésel en forma de partículas, generalmente se imponen estrictas regulaciones sobre tales emisiones.

La opacidad de los gases de escape es una medición de las emisiones en forma de partículas procedentes de un vehículo.

Al medir la opacidad de las emisiones de un vehículo, puede tomarse una medición de opacidad, una medición de CO y una medición de CO₂ para obtener una medida fiable y exacta de la opacidad. Cualquier medición de opacidad contiene inherentemente un cierto factor de error que resulta de la dilución del penacho de gases de escape con el aire ambiente. Una medición correspondiente de concentración de CO₂ tomada al mismo tiempo que la medición de opacidad reflejará la misma dilución del penacho de gases de escape por el aire ambiente. Basándose en una expectativa predeterminada del nivel de CO₂ en un penacho de gases de escape, y tomando una proporción de la medición de opacidad y una medición de CO₂, se compensa el factor de dilución, teniendo como resultado así una medición precisa de la opacidad específica del combustible.

La medición de opacidad puede ser verificada con más detalle en el caso de vehículos con motor diésel comparándola con una medición de CO tomada del mismo penacho de gases de escape sustancialmente al mismo tiempo. La cantidad de CO en el penacho se correlaciona generalmente con la cantidad de opacidad del penacho. Por lo tanto, si la cantidad de opacidad es alta, la cantidad de CO también debería ser alta. Si la cantidad de CO es baja, mientras que se mide que la cantidad de opacidad es alta, esto puede servir como una indicación de un posible error en la medición de opacidad o posible interferencia con la medición debida a otros factores.

En otro ejemplo, se emplea un canal de opacidad separado para determinar la opacidad. El canal separado usa preferentemente radiación de longitudes de onda de aproximadamente 0,20-1,50 micrómetros. Se espera que este intervalo de longitud de onda proporcione mediciones de opacidad más exactas. Tal sistema también puede incluir al menos un canal de CO₂, CO y referencia.

Según un ejemplo que no forma parte de la presente invención, un procedimiento para analizar emisiones puede describirse con referencia a la Fig. 2. En la etapa 300 se proporcionan ciertos criterios. Los criterios usados para

analizar la medición pueden variar dependiendo de la emisión particular de que se trate. En la etapa 302, si se satisfacen los criterios, entonces en la etapa 310 el procedimiento vuelve a la etapa 300 para determinar si quedan más criterios por ser analizados. Ese procedimiento continúa hasta que, en la etapa 310, no hay más criterios por analizar.

- 5 En la etapa 302, si no se satisfacen los criterios, entonces el procedimiento determina en la etapa 304 si los criterios no se satisfacen hasta un punto en que han de ser desechados en la etapa 306 o si simplemente han de ser señalizados en la etapa 308.

Después de que los criterios han sido satisfechos, en la etapa 320, pueden compensarse las condiciones ambientales de los resultados. En la etapa 322, el sistema compensa las condiciones del sistema y en la etapa 324, pueden analizarse con más detalle. Este procedimiento general puede comprenderse mejor con referencia a la siguiente realización de la presente invención.

10 Según un ejemplo que no forma parte de la presente invención, los criterios pueden comprender la validación de la opacidad. Según este ejemplo, las salidas del uno o más detectores del sistema RES son introducidas en el procesador 100 como se representa en la Fig. 3. El procesador 100 puede comprender una unidad de determinación de la opacidad de los gases de escape 102. El procesador 100 puede realizar diversas funciones conocidas que incluyen determinar concentraciones de diversas emisiones gaseosas. Además, el procesador 100 también puede determinar la opacidad de los gases de escape a partir de las mediciones tomadas, a través de la unidad de determinación de opacidad de los gases de escape 102.

20 Según un ejemplo, la unidad de determinación de la opacidad de los gases de escape 102 puede determinar la opacidad de los gases de escape usando el canal de referencia del sistema RES tomando mediciones de opacidad a una longitud de onda de aproximadamente $3,9 \mu\text{m}$. La unidad de determinación de la opacidad de los gases de escape 102 recibe mediciones procedentes del canal de referencia y al menos uno de otros canales de interés. Según un ejemplo, el canal de interés puede ser el canal de CO_2 .

25 Para cada intervalo de tiempo particular medido, si la intensidad del canal de referencia es inferior a la intensidad de entrada de la radiación 20 normalmente generada por la fuente de radiación 12, entonces el procesador 100 compara la atenuación de intensidad del canal de referencia con la del canal de CO_2 . Si la intensidad detectada del canal de referencia desciende, se determina que las partículas del penacho de gases de escape están bloqueando o desviando una parte de la radiación 20 que entonces no regresa al detector 14 como radiación post-penacho 22. La opacidad resulta de la dispersión y absorción de radiación por el material en forma de partículas presente en el penacho de gases de escape.

30 Según un ejemplo que no forma parte de la presente invención, la salida de uno o más de los detectores puede usarse al determinar la opacidad del penacho de gases de escape que emana de un vehículo que se está probando. La salida del detector (nivel de voltaje) puede ser monitorizada por el procesador 100. Puede usarse una caída de voltaje en el canal de referencia para indicar y determinar la opacidad de los gases de escape. Por consiguiente, la longitud de onda o la banda de longitudes de onda detectada por el canal de referencia puede seleccionarse específicamente de manera que los componentes de la emisión, incluyendo el CO_2 , CO , HC y NO_x , no interfieran con las lecturas de opacidad.

35 La determinación de opacidad en un penacho de gases de escape puede incluir los gases de escape procedentes de vehículos diésel para trabajos pesados donde los gases de escape pueden comprender partículas, como hollín seco. Generalmente, la mayoría de las partículas diésel pueden estar comprendidas entre 0,02 y 0,5 micrómetros de tamaño. Según la presente invención, la salida de uno o más detectores puede usarse para calcular la opacidad del penacho de gases de escape de un vehículo diésel para trabajos pesados que se está probando. La salida del detector puede ser monitorizada por el procesador 100 para ver los cambios de intensidad de radiación debidos a partículas, como hollín, del penacho de gases de escape diésel. El grado de cambio de la intensidad de radiación detectado puede usarse entonces para medir la opacidad de la emisión de gases de escape diésel.

40 Las reducciones medidas en la intensidad del canal de referencia pueden usarse para corregir el ruido ambiental, la opacidad y otros factores de las longitudes de onda de la medición de gas porque los gases contaminantes no absorben a la longitud de onda de referencia. Las absorciones de longitudes de onda de contaminantes medidas pueden ser convertidas entonces en valores de concentración aparente. Si al menos uno de los valores de concentración aparente excede un mínimo predeterminado, las concentraciones de contaminantes pueden ser correlacionadas con el CO_2 medido. Las pendientes son las proporciones de los contaminantes medidos respecto al CO_2 medido. Estas pendientes pueden usarse para llevar a cabo otros cálculos tal como se describe en otra parte en este documento.

45 En otro ejemplo, la medición de opacidad se emplea para validar las mediciones de otros componentes del penacho de gases de escape. Un alto valor de opacidad indica la presencia de una gran cantidad de materia en forma de partículas en el penacho de gases de escape, lo cual puede tener como resultado la dispersión o absorción de radiación a una o más longitudes de onda características para diversos componentes del penacho de gases de

escape. Esto puede causar lecturas inexactas para estos diversos componentes.

En tal caso, el RES puede calificar las lecturas tomadas cuando está presente una alta opacidad como sospechosas o no válidas. Más preferentemente, estas lecturas son calificadas no válidas y se toman lecturas adicionales después de un retardo de tiempo. Para implementar esto, el RES puede monitorizar la opacidad y/o las lecturas de CO hasta que la opacidad y/o la concentración de CO bajen por debajo de un nivel predeterminado considerado aceptable para tomar lecturas para diversos componentes de los gases de escape como CO, CO₂, HC, NO y NO₂. La presencia de suficiente penacho para las mediciones después del retardo de tiempo puede verificarse usando la lectura de CO₂. De esta manera, el RES puede proporcionar mediciones precisas de componentes de los gases de escape aun cuando el penacho de gases de escape inicial tenga una alta opacidad que normalmente introduciría un error significativo en tales mediciones.

El porcentaje de opacidad está sujeto a rápida atenuación por diversos factores, como el aire, el viento, y la turbulencia detrás del vehículo. Como las lecturas de CO₂ pueden usarse como indicador de dónde se ve el penacho de gases de escape, si la correlación con el CO₂ no es precisa (es decir, existe un gran error en la pendiente), entonces puede presumirse que la medición de opacidad es procedente de otra fuente, como la suciedad de los neumáticos, y se rechaza la lectura. Si la correlación es precisa (es decir, existe un pequeño error en la pendiente), entonces la multiplicación de la pendiente medida por un factor de corrección, como 1000, dependiendo de las calibraciones y las unidades de medición usadas, conduce a una opacidad estandarizada.

La Fig. 4 representa un organigrama de un procedimiento para detectar la opacidad de los gases de escape según un ejemplo que no forma parte de la presente invención. En la etapa 200, la salida de un canal de referencia y uno o más canales de emisión, por ejemplo, el canal de CO₂, puede ser recibida por el procesador 100. Pueden realizarse diversas rutinas de validación, prevención de error o procesamiento de señal sobre los datos para asegurar que el penacho es suficiente para hacer una determinación de opacidad. En la etapa 202, si estas rutinas de validación determinan que el penacho es insuficiente, entonces el penacho puede ser calificado como sospechoso o desecharse para prevenir mediciones de opacidad erróneas.

Sin embargo, si las mediciones son validadas, entonces, en la etapa 204, el procesador 100 puede determinar el porcentaje de opacidad a partir de las mediciones restantes. Específicamente, el porcentaje de opacidad puede determinarse calculando la pendiente de la salida del canal de referencia frente a la pendiente de la salida del canal de CO₂. Además, estos resultados pueden ser convertidos para proporcionar un equivalente en la escala de Ringelman. Expuesto de manera sencilla, se determina un equivalente en la escala de Ringelman igualando el porcentaje de opacidad a un número entre 0 y 5. La escala de Ringelman, que es una escala de opacidad estándar usada por observadores adecuadamente cualificados, que puede compararse con la opacidad puede ser como sigue:

Opacidad	Equivalente Ringelman
0%	0
15%	1
30%	2
50%	3
70%	4
100%	5

Después de determinarse el porcentaje de opacidad, puede desearse validar las mediciones de opacidad a través de una o más rutinas de validación. Específicamente, según un ejemplo, todos los porcentajes de opacidad inferiores a una cantidad predeterminada deberían calificarse como sospechosos. En una realización, la cantidad predeterminada puede ser el -5,0%, aunque también pueden usarse otros valores.

Además, al determinar la pendiente de referencia usando mínimos cuadrados, también puede determinarse un valor de error de pendiente según procedimientos conocidos. Basándose en ese error de pendiente, se determina un valor de error de opacidad multiplicando este valor por un valor predeterminado. Según un ejemplo, el factor predeterminado puede ser 1000, por ejemplo. Según otro ejemplo de la presente invención, el factor puede ser 100. Si este valor de error de opacidad excede un valor predeterminado, entonces la medición de porcentaje de opacidad se califica como sospechosa. El valor predeterminado para el error de opacidad puede ser el 2%, por ejemplo.

Además, las mediciones de porcentaje de opacidad superiores a un cierto nivel de opacidad pueden calificarse como sospechosas o desecharse. Por ejemplo, puede determinarse que una medición de más de aproximadamente el 50% de opacidad debería desecharse porque es probable que una cantidad tan alta de opacidad no sería legible con exactitud y, en cambio, puede indicar bloqueo de luz u otro tipo de problema temporal que no refleja la opacidad de la corriente de gases de escape. También pueden usarse otros valores predeterminados, como el 70%, el 80%, el 90% o el 100%, por ejemplo.

En el caso de vehículos con motor diésel, el procedimiento de validación más preferido es comparar la medición de

opacidad con una medición de CO tomada al mismo tiempo ya que existe una correlación entre las emisiones de CO y la opacidad de los gases de escape para los vehículos diésel. Usando este procedimiento, las correlaciones predeterminadas entre el CO y las mediciones de opacidad pueden usarse para determinar si una medición de opacidad particular debería considerarse válida, sospechosa o no válida.

- 5 Por consiguiente, un dispositivo según la presente invención puede determinar a distancia la opacidad durante un breve intervalo de tiempo desde un vehículo móvil. Además, como muchos dispositivos existentes de monitorización de emisiones utilizan un canal de referencia para otros propósitos, un dispositivo según la presente invención puede utilizarse con los sistemas existentes para proporcionar mediciones de opacidad. Según un ejemplo, el uso del procesador 100 con los sistemas existentes permite que un sistema existente de monitorización de emisiones también monitorice la opacidad. Por lo tanto, pueden minimizarse los costes de sustitución.

Medición de opacidad de longitud de onda múltiple

- 15 La Fig. 5 es un esquema de un sistema de medición de opacidad de longitud de onda múltiple según una realización de la invención. El sistema puede comprender una fuente 12 capaz de producir múltiples longitudes de onda de radiación EM. Por ejemplo, la fuente 12 puede comprender varias fuentes (por ejemplo, la fuente 12A, la fuente 12B, ..., la fuente 12N) que producen radiación EM en zonas diferenciadas del espectro EM. Por ejemplo, en una realización de la invención de tres longitudes de onda, la fuente 12 puede comprender una fuente infrarroja (IR) (por ejemplo, un encendedor calentado eléctricamente de carburo de silicio, un láser de diodo sintonizable, etc.), una fuente visible (por ejemplo, un láser de He-Ne) y una fuente ultravioleta (UV) (por ejemplo, una lámpara de xenón, mercurio, deuterio u otra lámpara de arco).

- 20 Aunque se muestra que la fuente 12 comprende fuentes separadas (por ejemplo, la fuente 12A, la fuente 12B, ..., la fuente 12N) en la Fig. 5, la invención no está limitada de ese modo. Puede usarse una única fuente capaz de producir radiación EM en longitudes de onda diferenciadas (por ejemplo, una fuente láser sintonizable o similar), una combinación de fuentes de longitudes de onda sintonizables y discretas, o algún otro esquema para producir radiación EM de longitud de onda diferenciable.

- 25 La fuente 12 produce radiación EM 20 que es dirigida a través de una fuente de emisión (por ejemplo, el penacho de gases de escape 16). La radiación 20 puede ser dirigida a través de la fuente de emisión de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, la radiación 20 puede ser dirigida directamente a través de una fuente de emisión usando óptica apropiada (por ejemplo, lentes, espejos, divisores de haz, polarizadores, filtros, retrorreflectores y otra óptica).

- 30 Como se indica esquemáticamente en la Fig. 5, la radiación emitida desde múltiples fuentes (por ejemplo, la fuente 12A, la fuente 12B, ..., la fuente 12N) puede combinarse en un solo haz, sin embargo, la invención no está limitada de ese modo. Múltiples haces pueden ser dirigidos a través de la fuente de emisiones (por ejemplo, el penacho de gases de escape 16) o pueden emplearse otras geometrías de haz, por ejemplo, algunos de los haces pueden originarse desde ubicaciones que son diferentes de la ubicación de otros haces (por ejemplo, los haces pueden originarse desde fuentes situadas en lados opuestos de la fuente de emisiones). Por ejemplo, en una realización las fuentes IR y UV pueden estar situadas en un lado de la fuente de emisiones y la fuente visible puede estar situada en otro lado de la fuente de emisiones. En tal realización la radiación IR y UV completa una sola pasada a través del penacho de gases de escape 16 y la radiación visible ejecuta una doble pasada a través del penacho de gases de escape. Pueden usarse retrorreflectores u otros dispositivos de dirección de haz (por ejemplo, lentes, espejos, divisores de haz, etc.) para dirigir los haces.

- 40 En realizaciones de la invención que también detectan concentraciones de los constituyentes del penacho de gases de escape 16, una o más de la fuente 12A, ..., la fuente 12N pueden sintonizarse a longitudes de onda de absorción apropiadas de las longitudes de onda. También pueden usarse otras disposiciones. Por ejemplo, pueden estar provistas fuentes separadas 12 para mediciones de absorción y para mediciones de opacidad o la misma fuente 12 puede sintonizarse alternativamente a longitudes de onda de mediciones de absorción y de opacidad.

- 45 Mientras pasa a través de la fuente de emisión (por ejemplo, el penacho de gases de escape 16), partes de la radiación incidente 20 pueden ser absorbidas, dispersadas o atenuadas de otro modo por las partículas constituyentes de la fuente de emisión. Después de salir de la fuente de emisión, la radiación post-penacho 22 es dirigida al interior de un detector apropiado 14. Por ejemplo, en una realización de tres haces la radiación UV puede detectarse usando un monocromador y una matriz de diodos (por ejemplo, una matriz de diodos de silicio) la radiación visible puede detectarse con un tubo fotomultiplicador (PMT) (y filtros, si es necesario) y la radiación IR puede detectarse mediante detectores IR apropiados (por ejemplo, fotodiodos o similares). También pueden usarse otros detectores (por ejemplo, dispositivos acoplados por carga (CCD), u otros detectores de radiación).

- 55 La Fig. 5 indica una geometría de una sola pasada para la combinación de fuente-detector (es decir, la radiación 20 hace una sola pasada a través de la fuente de emisión antes de llegar al detector 14), sin embargo, la invención no está limitada de ese modo. Por ejemplo, la fuente 12 y el detector 14 pueden estar colocados en el mismo lado de una fuente de emisión y puede usarse óptica apropiada (por ejemplo, espejos, lentes, u otros directores de haz) para dirigir la radiación post-penacho de gases de escape 22 al detector 14. También son posibles otras geometrías.

Las señales procedentes del detector 14 pueden ser introducidas en el procesador 100. El procesador 100 puede comprender cualquier dispositivo de procesamiento adecuado. Por ejemplo, un ordenador personal, un ordenador portátil o un ordenador portátil de pequeño tamaño, un procesador manual, un dispositivo de procesamiento autónomo, o cualquier otro dispositivo capaz de realizar las funciones de procesamiento descritas en este documento.

5 Como se muestra esquemáticamente en las Figs. 1, 3 y 6, el procesador 100 puede comprender varios módulos para ejecutar funciones de procesamiento. Por ejemplo, el procesador 100 puede comprender un módulo de determinación de opacidad 102, un módulo de comparación de intensidad 602, un módulo de concentración relativa 604, un módulo de correlación 606, y módulos de procesamiento 608. Aunque se muestra que el procesador 100 tiene numerosos módulos separados, la invención no está limitada de ese modo. Los módulos (por ejemplo, el 102, el 10
602, etc.) pueden comprender subrutinas de un único paquete de software, paquetes de software individuales, o alguna otra combinación de módulos de software que permiten al procesador 100 realizar las funciones descritas en este documento.

El funcionamiento del sistema de detección de opacidad puede describirse con referencia a la Fig. 7. La Fig. 7 muestra un procedimiento para determinar la opacidad de una fuente de emisión según una realización de la invención. La radiación EM de diferentes longitudes de onda es dirigida a través de un penacho de gases de escape como se indica en 700. Como se describió anteriormente, la radiación puede ser dirigida usando directores de haz apropiados y puede comprender uno o más haces de radiación EM. También como se describió anteriormente, al menos algunas de las longitudes de onda de radiación EM se escogen convenientemente para que correspondan con longitudes de onda para las cuales se producirá dispersión debida a partículas de "humo" (por ejemplo, 0,8-4µm para la IR, 400-800 nm para la visible y 200-223 y 233-400 nm para la UV). Estas se denominan colectivamente "longitudes de onda de opacidad". Además, una o más de las longitudes de onda EM pueden escogerse convenientemente para que correspondan a longitudes de onda de absorción para uno o más constituyentes de la fuente de emisión (por ejemplo, CO, CO₂, NO, NO_x, HC, H₂O, etc.).

La radiación EM se detecta como se indica en 702. Como se discutió anteriormente, la radiación EM puede detectarse de cualquier manera apropiada y después de que la radiación EM ha realizado cualquier número de pasadas a través de la fuente de emisión. Las señales procedentes del detector (por ejemplo, el detector 14) son comunicadas a un procesador (por ejemplo, el procesador 100).

Después se produce el procesamiento de la información de las señales del detector. El procesamiento puede producirse en ordenaciones diferentes de la mostrada en la Fig. 7. Esto se indica esquemáticamente por la colocación adyacente de los elementos 704 y 706 en la Fig. 7.

El procesador 100 determina el cambio de intensidad para las longitudes de onda de opacidad como se indica en 704. El procesador 100 puede llevar a cabo el cambio de determinación de intensidad de cualquier modo adecuado. Por ejemplo, puede usarse un módulo de comparación de intensidad (por ejemplo, el módulo 602). En algunas realizaciones, el cambio de intensidad es una comparación de la intensidad de la señal del haz como se midió en el detector 14 con el haz que no intercepta el penacho de gases de escape 16 y la intensidad de la señal del haz como se midió con el haz que pasa a través del penacho de gases de escape 16. Tal medición puede implementarse mediante cualquier esquema adecuado como se discutió anteriormente (por ejemplo, la señal previa al bloque indica el estado antes del paso del vehículo y la señal posterior al bloque indica el estado después de que ha pasado el vehículo).

El procesador 100 también puede determinar la concentración relativa de uno o más constituyentes del penacho de gases de escape (por ejemplo, CO, CO₂, NO, NO_x, HC, H₂O, etc.) como se indica en 706. Las concentraciones relativas pueden obtenerse como se describió anteriormente, o de cualquier otra manera adecuada.

Los valores de concentración relativa pueden usarse para correlación con las mediciones de opacidad. Cualquier valor de concentración puede usarse para la correlación, sin embargo, puede ser ventajoso usar la suma de los valores de concentración de CO y CO₂. Por ejemplo, si el resultado de una medición de concentración de CO₂ es un valor de CO₂ válido, y si el resultado de una medición de concentración de CO es un valor de CO válido, entonces la correlación de la absorción a las longitudes de onda de opacidad con la suma de CO, CO₂ observada es una medida de la opacidad específica del combustible (es decir, humo por galón de combustible). Alternativamente, la correlación puede ser frente al carbono total en la fuente de emisión que, para la mayoría de combustibles de hidrocarburos, es equivalente a CO₂ + CO + 6HC. En la mayoría de los casos el término del CO₂ domina y puede usarse por sí mismo como valor de correlación de primera aproximación.

La correlación de la medición de longitud de onda de opacidad se realiza como se indica en 708. La correlación puede realizarse de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, los cambios de intensidad para las longitudes de onda de opacidad (por ejemplo, obtenidos en 704) pueden compararse con los cambios de las mediciones de CO₂ hechas durante el mismo intervalo de tiempo.

El grado de correlación puede evaluarse de cualquier modo adecuado. Por ejemplo, la correlación puede compararse con criterios predeterminados (por ejemplo, una línea de regresión con un error estándar de la pendiente inferior

al 20% del valor de la pendiente) para determinar si la medición de longitud de onda de opacidad es válida. Esto se indica en 710.

5 Si la evaluación en 710 indica que la medición de longitud de onda de opacidad no es válida, entonces los datos pueden pasarse a otras rutinas de procesamiento como se indica en 712. Otro procesamiento puede incluir señalar o marcar de otro modo los datos como sospechosos o no válidos, desechar los datos, u otro procesamiento apropiado.

10 Si la evaluación en 710 indica que la medición de longitud de onda de opacidad es válida, entonces el procedimiento continúa como se indica en 714. En 714, se compara un número predeterminado de las múltiples mediciones de longitud de onda de opacidad. Puede compararse cualquier número de mediciones de longitud de onda de opacidad. Por ejemplo, en una realización de tres longitudes de onda, pueden compararse las mediciones de longitud de onda de opacidad para longitudes de onda IR, UV y visible.

Las mediciones de longitud de onda de opacidad pueden compararse para evaluar cualquier criterio adecuado. Por ejemplo, puede compararse el cambio de intensidad (por ejemplo, con y sin paso a través de la fuente de emisiones) para un número predeterminado de los haces de longitud de onda de opacidad.

15 En 716 puede producirse una evaluación de la comparación de 714. Puede usarse cualquier evaluación apropiada. Por ejemplo, puede realizarse una evaluación del grado de equivalencia para un número predeterminado de las mediciones de cambio de intensidad.

20 Si el resultado de la evaluación de 714 es que la comparación no es válida (por ejemplo, las mediciones no concuerdan dentro del grado de equivalencia predeterminado), entonces los datos pueden pasarse para otro procesamiento como se indica en 718. El procesamiento en 718 puede comprender cualquier rutina de procesamiento adecuada (por ejemplo, señalización, rechazamiento, etc.).

Si el resultado de la evaluación en 714 es que las comparaciones son válidas (por ejemplo, las mediciones concuerdan dentro de un grado de equivalencia predeterminado), entonces el procedimiento puede continuar hasta un cálculo de un valor de opacidad para la fuente de emisiones. Esto se indica en 720.

25 El cálculo de un valor de opacidad para la fuente de emisiones puede llevarse a cabo de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, el cambio válido de las mediciones de intensidad (por ejemplo, como se determinó en 704 y se validó en 710 y 716) puede promediarse para notificar un valor de opacidad para la fuente de emisiones. También pueden realizarse medias ponderadas u otras manipulaciones de los datos para calcular un valor de opacidad.

Medición de opacidad monocromática que no forma parte de la presente invención

30 Las pequeñas partículas no absorbentes (es decir, el humo) en un haz de radiación EM reducen la energía transmitida en el haz. La cantidad de reducción en el haz EM monocromático se define típicamente por la ley de Beer como:

$$T = e^{-k_s n_s}$$

35 Donde T es la transmitancia de la luz a una longitud de onda especificada, n_s es la cantidad de humo por unidad de sección transversal del haz de luz, y k_s es el coeficiente de extinción que se aplica para la longitud de onda especificada de radiación EM y para un tamaño de partícula dado. Las unidades de k_s son las inversas de n_s .

40 Como se discutió anteriormente, la determinación de la cantidad de CO₂ en un penacho de gases de escape de un vehículo 16 es conocida. Como también se discutió anteriormente, el CO₂ procedente de los gases de escape es un resultado directo de procesos de combustión que tienen lugar dentro del vehículo. La cantidad de CO₂ producido en los gases de escape es generalmente proporcional a la cantidad de combustible implicado en el proceso de combustión.

La formulación del humo en un penacho de gases de escape también es generalmente el resultado de procesos de combustión. Por lo tanto, para una condición de funcionamiento del motor dada, es razonable suponer que la cantidad de humo producido también es proporcional a la cantidad de CO₂ producido. Es decir:

$$n_s = kn_{CO_2}$$

45 Donde n_s es la cantidad de humo, k es una constante de proporcionalidad, y n_{CO_2} es la cantidad de CO₂.

Lo anterior se aplica generalmente a todo el penacho de emisiones o a una parte del penacho siempre que todas las mediciones se refieran a la misma parte. Por lo tanto, la Ley de Beer puede volver a escribirse como:

$$T = e^{-k_s n_s} = e^{-k_s k n_{CO_2}} = e^{-K_s n_{CO_2}}$$

Donde K_s es el producto de k_s y k .

Lo anterior implica que midiendo simultáneamente la cantidad de CO_2 (n_{CO_2}) con un haz de radiación EM, y midiendo luego la transmitancia (T) con otro haz de radiación EM a través del mismo volumen espacial, el valor de opacidad, K_s , puede calcularse como:

$$K_s = \frac{\ln\left(\frac{1}{T}\right)}{n_{CO_2}}$$

Donde T es la transmitancia medida (T) de una radiación EM monocromática de longitud de onda que es lo suficientemente corta como para detectar las partículas de humo y también es una longitud de onda que no está sujeta a absorción de gases típicos de los gases de escape de automoción (por ejemplo, 0,8-4 μm , 400-800 nm, 200-223 nm, 233-400 nm, etc.). A partir de la medición de K_s y los valores de la bibliografía para k_s es sencillo determinar las emisiones de masa de partículas por kilogramo o por galón de combustible.

Un ejemplo de un sistema de medición de opacidad monocromática puede comprender un sistema de detección remota de emisiones (RES) capaz de detectar emisiones de escape de vehículos y, además, medir y compensar las partículas de humo de los gases de escape. Esto se muestra en la Fig. 8. Por ejemplo, el RES puede comprender una fuente 12 para emitir radiación EM que permite la detección de los constituyentes de los gases de escape y una fuente de radiación EM monocromática (es decir, longitud de onda única o casi única) 800 que permite la detección de la opacidad del penacho de gases de escape 16. La fuente combinada 12, 800 puede comprender múltiples fuentes que emiten radiación EM de diferentes longitudes de onda, una única fuente que es capaz de sintonizar a lo largo de múltiples longitudes de onda o alguna otra combinación de fuentes de transmisión EM.

La Fig. 9 es un organigrama que ilustra un procedimiento para calcular un valor de opacidad K_s . En 900 se mide una cantidad para un constituyente de la fuente de emisión. La medición puede tener lugar en cualquier momento adecuado (por ejemplo, un poco antes, un poco después o simultáneamente con la transmisión de radiación EM monocromática a través de la fuente de emisión). La medición 900 también puede ser para cualquier constituyente de la adecuado de la fuente de emisión (por ejemplo, NO, NO_x, CO, CO₂, H₂O, HC, etc.), sin embargo, como se discutió anteriormente, puede ser ventajoso medir la cantidad de CO₂.

La radiación EM monocromática es dirigida a través de la fuente de emisión como se indica en 902. Como se indicó anteriormente, esto puede producirse en cualquier momento adecuado (antes, después o simultáneamente). Sin embargo, debería tenerse cuidado de asegurarse de que la radiación EM monocromática y la medición 900 se toman para sustancialmente el mismo volumen de la fuente de emisión. Por ejemplo, una medición de sustancialmente el mismo volumen de la fuente de emisión puede llevarse a cabo usando un retardo de una fracción de segundo entre la transmisión del haz (por ejemplo, 0-5 ms), o dirigiendo un haz combinado a través del volumen de la fuente de emisión.

En 904 se realiza una medición de transmitancia de radiación EM monocromática. La transmitancia puede medirse de cualquier manera adecuada (por ejemplo, con el detector 14 como se describió anteriormente).

En 906 puede realizarse un cálculo del valor de opacidad K_s . El cálculo puede realizarse de cualquier modo adecuado. Por ejemplo, el procesador 100 puede usarse para calcular un valor de opacidad según la relación

$$K_s = \frac{\ln\left(\frac{1}{T}\right)}{n_{CO_2}}$$

En algunos ejemplos, puede llevarse a cabo una medición de opacidad a longitudes de onda que son comparables como promedio con el diámetro medio de la masa, de partículas de humo no absorbentes. Por ejemplo, pueden usarse longitudes de onda en la parte ultravioleta (UV) del espectro EM (por ejemplo, 200-400 nm, no incluyendo 224-232 nm).

Además, las longitudes de onda de radiación EM que se seleccionan para la opacidad pueden seleccionarse de partes del espectro UV para las que la absorción por constituyentes de los gases de escape (por ejemplo, CO, CO₂, NO, NO_x, HC, etc.) es sustancialmente insignificante. Esto permite que la medición de transmitancia no se vea

relativamente afectada por la absorción por los constituyentes de los gases de escape.

Además, las longitudes de onda usadas para medir la opacidad pueden ser sustancialmente monocromáticas o de un ancho de banda relativamente estrecho. Manteniendo la radiación EM de ancho de banda relativamente estrecho, los cálculos derivados de la Ley de Beer se aplican con más exactitud y producen buena concordancia experimental (por ejemplo, una correlación aproximadamente lineal entre K_s y n_{CO_2}). Por ejemplo, puede usarse un láser o un espectrómetro para proporcionar radiación EM medida relativamente monocromática. Pueden usarse otras fuentes.

Los detectores usados para detectar la radiación EM también pueden seleccionarse según los tipos de fuentes de radiación EM usadas. Por ejemplo, si se emite radiación UV desde una fuente, entonces pueden usarse detectores UV. En algunas realizaciones puede usarse un espectrómetro UV para detectar la radiación EM emitida por la fuente. Pueden usarse otros detectores.

En un ejemplo que no forma parte de la invención, la medición de opacidad en las emisiones de escape puede llevarse a cabo según el siguiente esquema. Una fuente EM 12, 800 dirige un haz de radiación EM (por ejemplo, 20) a través de un penacho de emisiones de escape 16. Por ejemplo, un haz combinado de radiación infrarroja (IR) y UV puede ser dirigido a través del penacho de gases de escape de un vehículo. El componente IR del haz puede usarse para medir la cantidad de CO_2 y otros constituyentes de los gases de escape de una manera conocida. El componente UV del haz puede usarse para medir la transmitancia del haz a través de la misma parte (es decir, volumen espacial) del penacho de gases de escape. Las mediciones para la transmitancia (T) y la cantidad de constituyentes de los gases de escape (por ejemplo, n_{CO_2}) pueden usarse para calcular un valor de densidad del humo (K_s) como se indicó anteriormente, usando:

$$K_s = \frac{\ln\left(\frac{1}{T}\right)}{n_{CO_2}}.$$

Pueden usarse otros esquemas para registrar las mediciones de los constituyentes de los gases de escape (por ejemplo, CO_2) y la opacidad. Por ejemplo, un primer haz de radiación EM (por ejemplo, uno procedente de la fuente 12) puede ser dirigido a través de una parte de un penacho de gases de escape en un primer momento y un segundo haz de radiación EM (por ejemplo, uno procedente de la fuente 800) puede ser dirigido a través del penacho de gases de escape 16 un poco después (por ejemplo, una fracción de un milisegundo) para registrar la cantidad de constituyente de los gases de escape y la transmitancia.

En algunos ejemplos, el valor de opacidad (K_s) puede usarse como factor de corrección para otras mediciones de emisión de escape. Por ejemplo, puede usarse K_s , en algunos casos, con una longitud de onda dependiente del factor de escala para corregir las mediciones de las cantidades relativas de concentración de constituyentes de los gases de escape (por ejemplo, las cantidades de CO, NO, NO_x , HC, etc.).

Además, el valor de opacidad K_s puede usarse como valor de medición separado que puede usarse en la monitorización de las emisiones de escape. Por ejemplo, el valor de K_s puede registrarse y compararse con valores predeterminados indicativos de condiciones correctas de funcionamiento del vehículo. Por ejemplo, los valores registrados de K_s fuera del intervalo predeterminado pueden tener como resultado una "avería" del vehículo que se monitoriza en la prueba de emisiones. También son posibles otros usos para el valor de opacidad.

Otras realizaciones y usos de la invención resultarán evidentes para los expertos en la materia a partir de la consideración de la memoria descriptiva y la práctica de la invención desvelada en este documento. La memoria descriptiva y los ejemplos deberían considerarse únicamente ejemplares. El alcance de la invención únicamente está limitado por las reivindicaciones adjuntas a la misma.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para determinar un valor de opacidad de un penacho de emisiones (16), comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- 5 dirigir un haz (20, 22) que comprende una longitud de onda de opacidad de radiación electromagnética a través de un penacho de emisiones (16), en el que una longitud de onda de opacidad es una longitud de onda en la que la atenuación de la radiación electromagnética dentro del penacho de emisiones está causada fundamentalmente por dispersión debida a la presencia de partículas en el penacho de emisiones;
- detectar el haz después de que el haz ha pasado a través del penacho de emisiones;
- 10 **caracterizado por** dirigir un haz que comprende al menos una longitud de onda de opacidad adicional y diferente a través del penacho de emisiones, determinando un cambio de intensidad del haz (20, 22) causado por el paso del haz a través del penacho de emisiones para cada una de al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética;
- 15 comparar los cambios de intensidad determinados de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética, determinando un valor de opacidad relacionado con los cambios de intensidad determinados de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética si los cambios de intensidad de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética son sustancialmente equivalentes, y desechar los cambios de intensidad determinados de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética sin determinar un valor de opacidad si los cambios de intensidad de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética no son sustancialmente equivalentes.
- 20
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el haz además comprende:
- una primera longitud de onda de opacidad que está sustancialmente en el espectro infrarrojo;
- una segunda longitud de onda de opacidad que está sustancialmente en el espectro visible; y
- una tercera longitud de onda de opacidad que está sustancialmente en el espectro ultravioleta.
- 25
3. Un procedimiento para medir la opacidad usando un sistema de detección remota de emisiones que mide las emisiones de escape de vehículos en marcha, comprendiendo el procedimiento:
- 30 dirigir una longitud de onda de opacidad de radiación electromagnética a través de un penacho de emisiones de escape (16), en el que una longitud de onda de opacidad es una longitud de onda a la que la atenuación de la radiación electromagnética dentro del penacho de emisiones está causada fundamentalmente por dispersión debida a la presencia de partículas en el penacho de emisiones de escape;
- detectar la longitud de onda de radiación electromagnética después de que pasa a través del penacho de emisiones de escape;
- determinar la concentración relativa de un constituyente de los gases de escape de un vehículo presente en el penacho de emisiones de escape;
- 35 **caracterizado por** dirigir al menos una longitud de onda de opacidad adicional y diferente a través del penacho de emisiones de escape;
- determinar un cambio de intensidad causado por el paso del haz a través del penacho de emisiones para cada una de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética;
- 40 correlacionar los cambios de intensidad para cada una de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética con la concentración relativa determinada del constituyente de los gases de escape de un vehículo;
- registrar un valor de opacidad válido para cada una de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética que se correlacionan sustancialmente con la concentración relativa determinada del constituyente de los gases del escape del vehículo;
- 45 comparar los cambios de intensidad de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética;
- calcular un valor de opacidad notificado proporcional a una media de los valores de opacidad válidos si los cambios de intensidad de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética son sustancialmente equivalentes; y
- 50 desechar los cambios de intensidad determinados de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética sin calcular un valor de opacidad notificado si los cambios de intensidad de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética no son sustancialmente equivalentes.

4. El procedimiento de la reivindicación 3, que además comprende:
 dirigir una tercera longitud de onda de opacidad diferente de radiación electromagnética a través del penacho de emisiones de escape.
5. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que,
- 5 una primera de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética comprende una longitud de onda que está sustancialmente en el espectro infrarrojo;
 una segunda de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética comprende una longitud de onda que está sustancialmente en el espectro visible; y
- 10 la tercera longitud de onda de opacidad diferente de radiación electromagnética comprende una longitud de onda que está sustancialmente en el espectro ultravioleta.
6. Un sistema de detección remota para medir la opacidad de un penacho de gases de escape de un vehículo, comprendiendo el sistema:
 una fuente (12) que dirige una longitud de onda de opacidad de radiación electromagnética a través de un penacho de emisiones de escape (16), en el que una longitud de onda de opacidad es una longitud de onda a la que la
 15 atenuación de la radiación electromagnética dentro del penacho de emisiones de escape está causada fundamentalmente por dispersión debida a la presencia de partículas en el penacho de gases de escape;
 un detector (14) que detecta la longitud de onda de opacidad de radiación electromagnética y produce una señal de salida; y
 un procesador (100) que comprende:
- 20 un módulo de concentración relativa que determina una concentración relativa de un constituyente de los gases de escape de un vehículo presente en el penacho de emisiones de escape;
caracterizado porque la fuente (12) dirige al menos una longitud de onda de opacidad adicional y diferente a través del penacho de emisiones y el detector detecta la al menos una longitud de onda de opacidad adicional, y **caracterizado además por**
- 25 un cambio del módulo de intensidad que determina un cambio de intensidad causado por
 el paso del haz a través del penacho de emisiones para las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes basándose, al menos en parte, en la señal de salida;
 un módulo de correlación que correlaciona los cambios de intensidad para las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes con la concentración relativa del constituyente de los gases de escape de un vehículo y registra
 30 un valor de opacidad válido para cada una de las al menos dos longitudes de onda diferentes que se correlacionan sustancialmente con la concentración relativa determinada del constituyente de los gases de escape de un vehículo;
 y
 un módulo de cálculo que compara los cambios de intensidad de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética, calcula un valor de opacidad notificado proporcional a una media de los
 35 valores de opacidad válidos si los cambios de intensidad de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética son sustancialmente equivalentes, y desecha los cambios de intensidad determinados de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética sin calcular un valor de opacidad notificado si los cambios de intensidad de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes no son sustancialmente equivalentes.
- 40 7. El sistema de la reivindicación 6 que además comprende:
 una fuente de radiación electromagnética que comprende una tercera longitud de onda de opacidad diferente.
8. El sistema de la reivindicación 7, en el que:
- 45 una primera de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética comprende una longitud de onda que está sustancialmente en el espectro infrarrojo;
 una segunda de las al menos dos longitudes de onda de opacidad diferentes de radiación electromagnética comprende una longitud de onda que está sustancialmente en el espectro visible; y
 la tercera longitud de onda de opacidad diferente comprende una longitud de onda que está sustancialmente en el espectro ultravioleta.

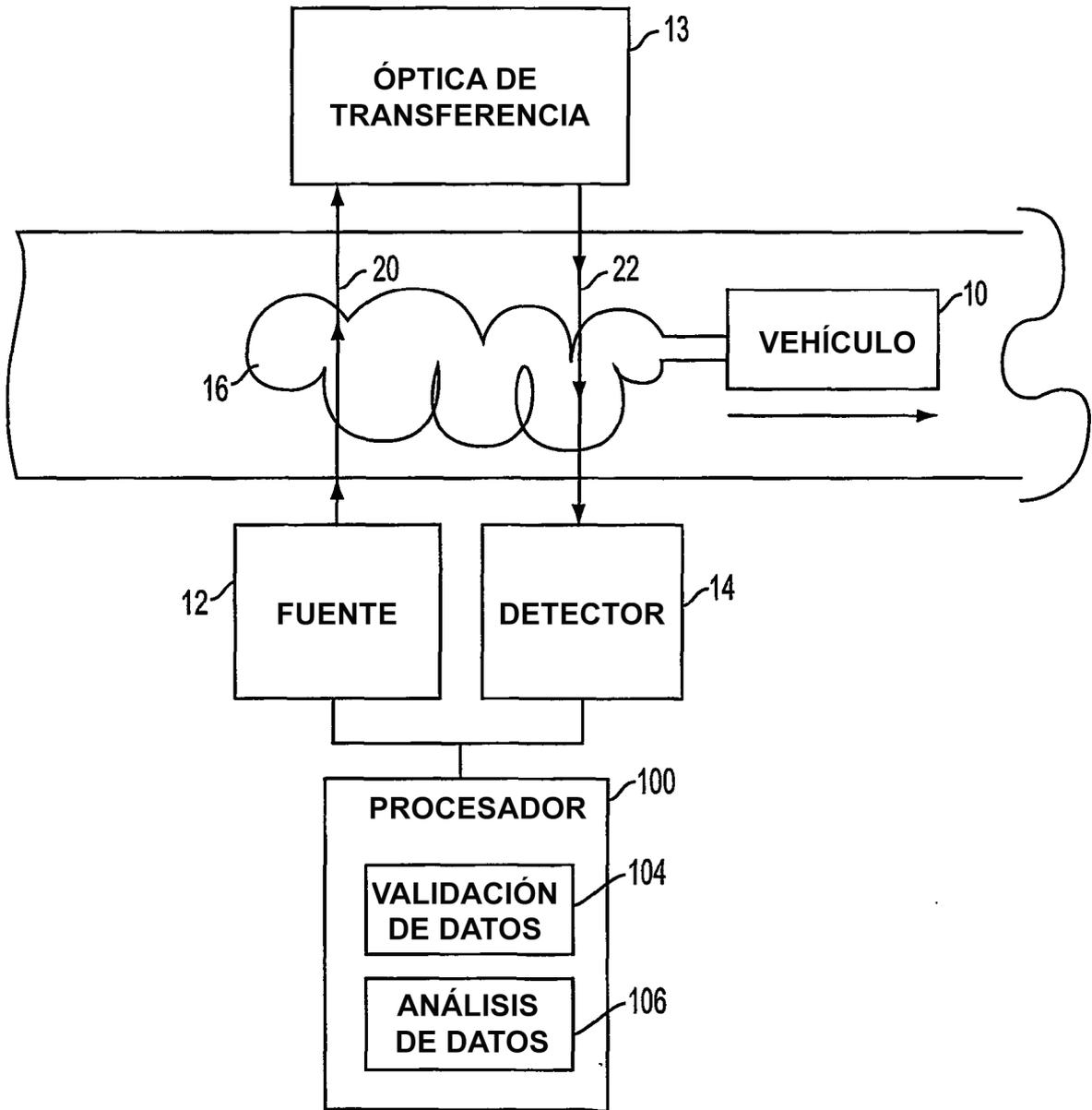


FIG. 1

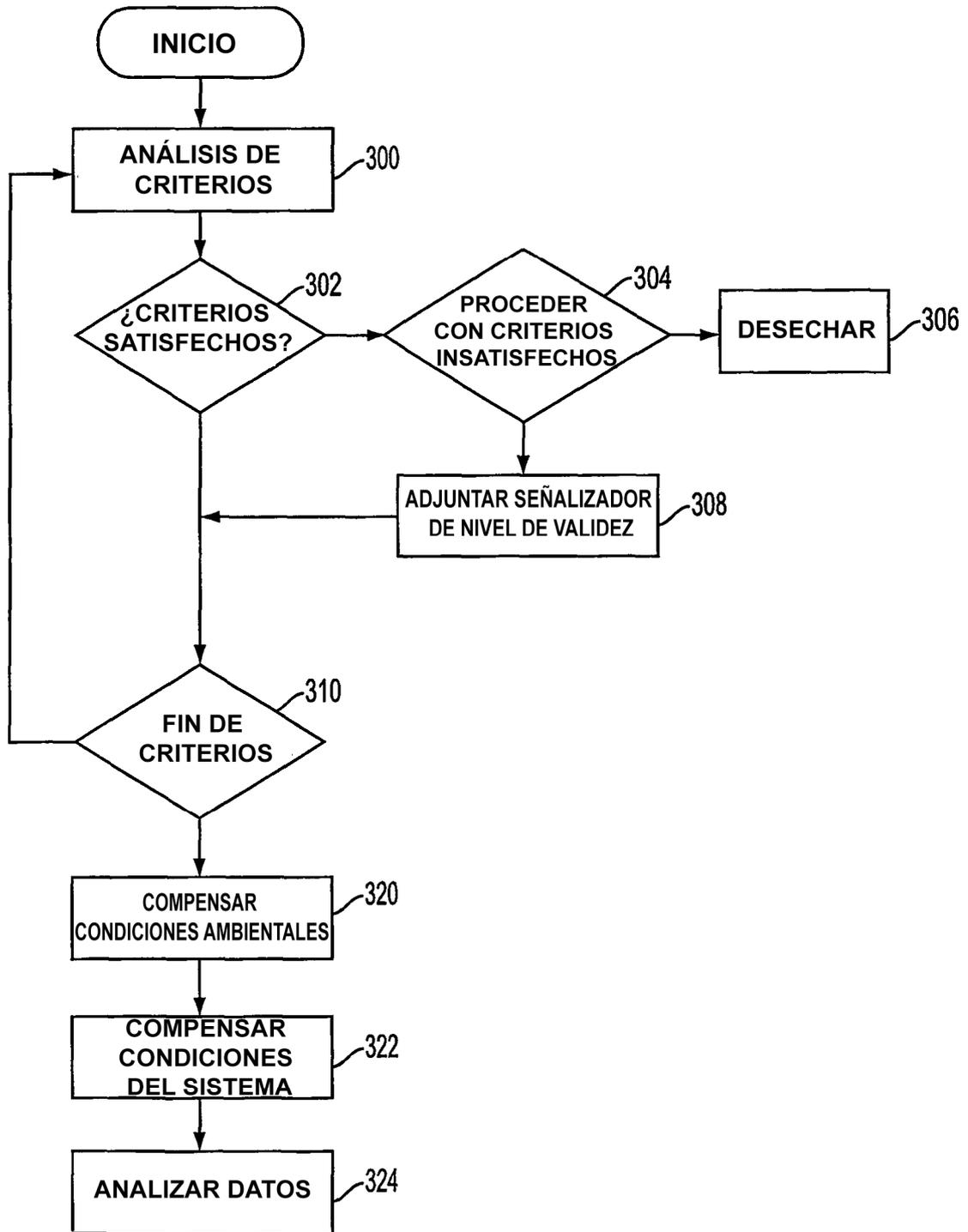


FIG. 2

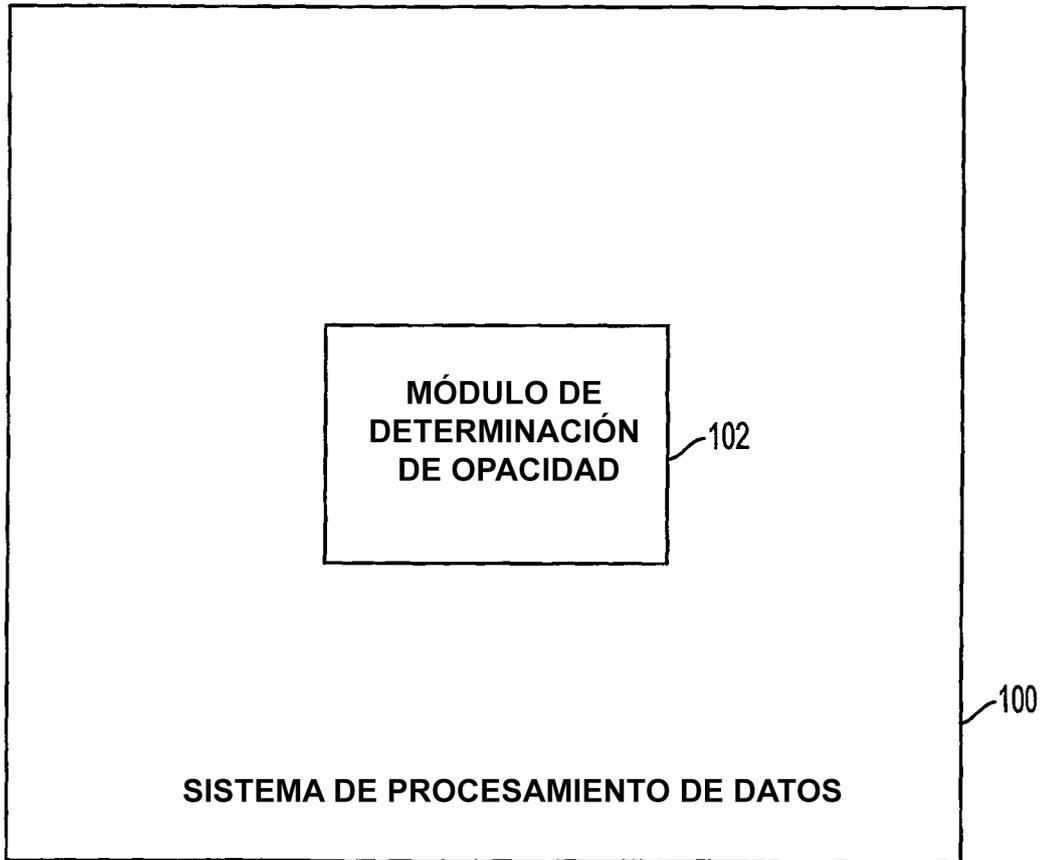


FIG. 3

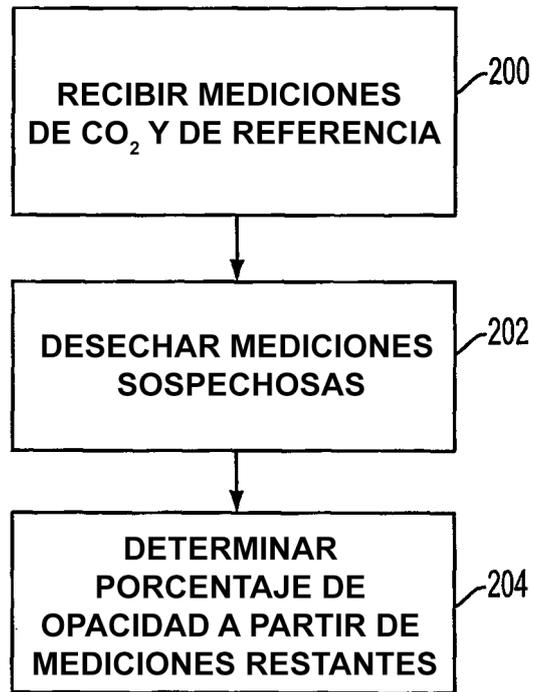


FIG. 4

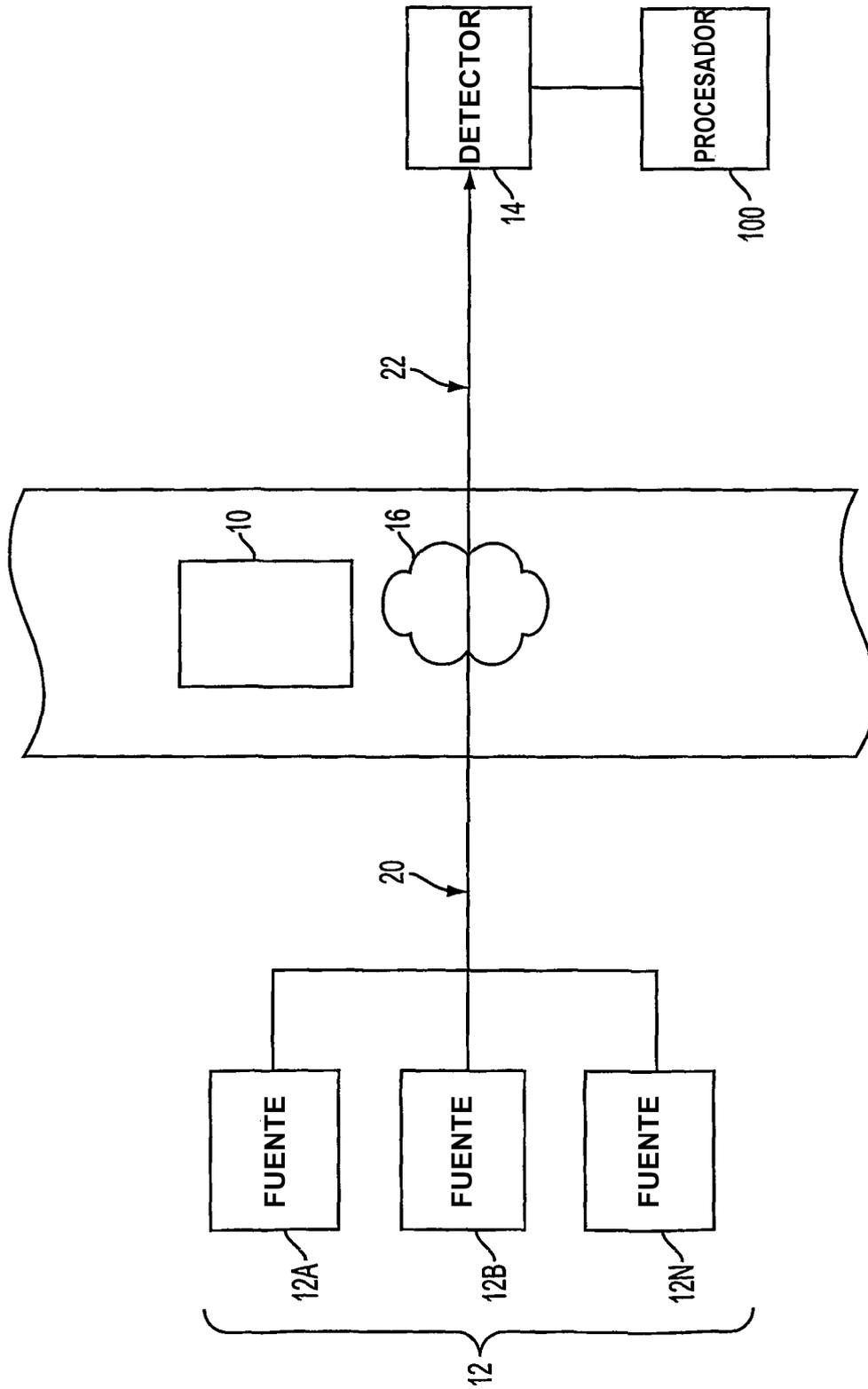


FIG. 5

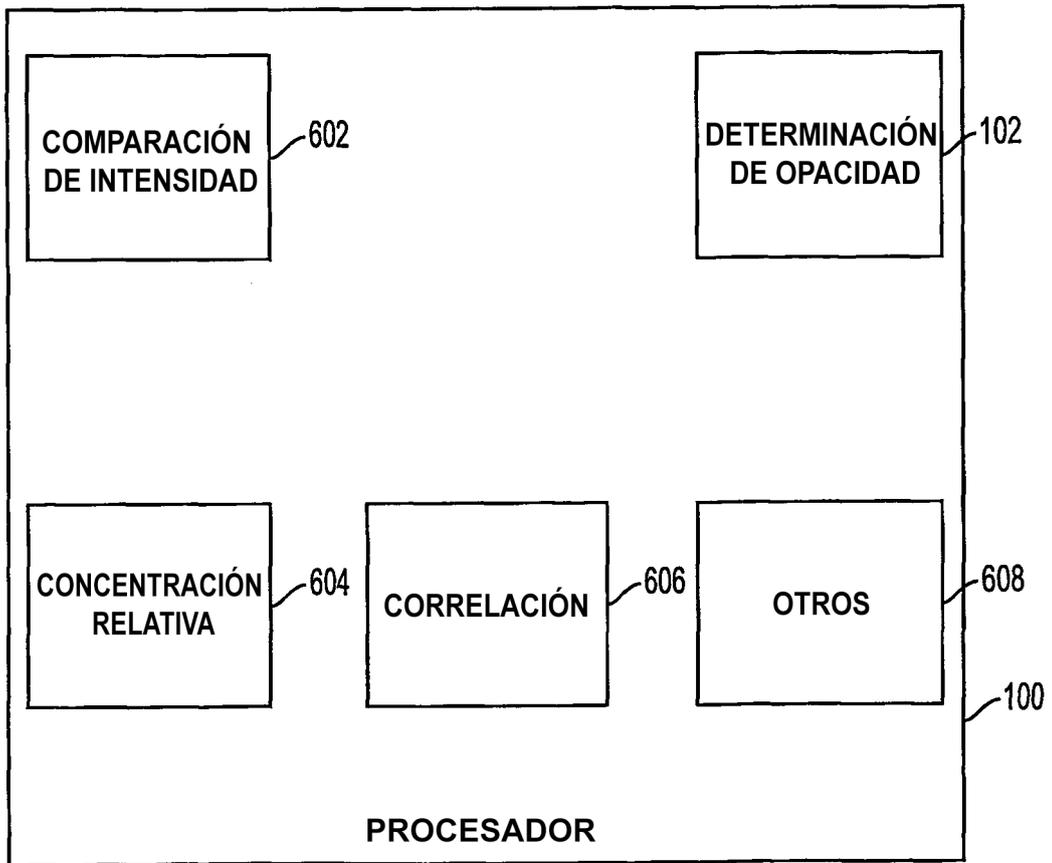


FIG. 6

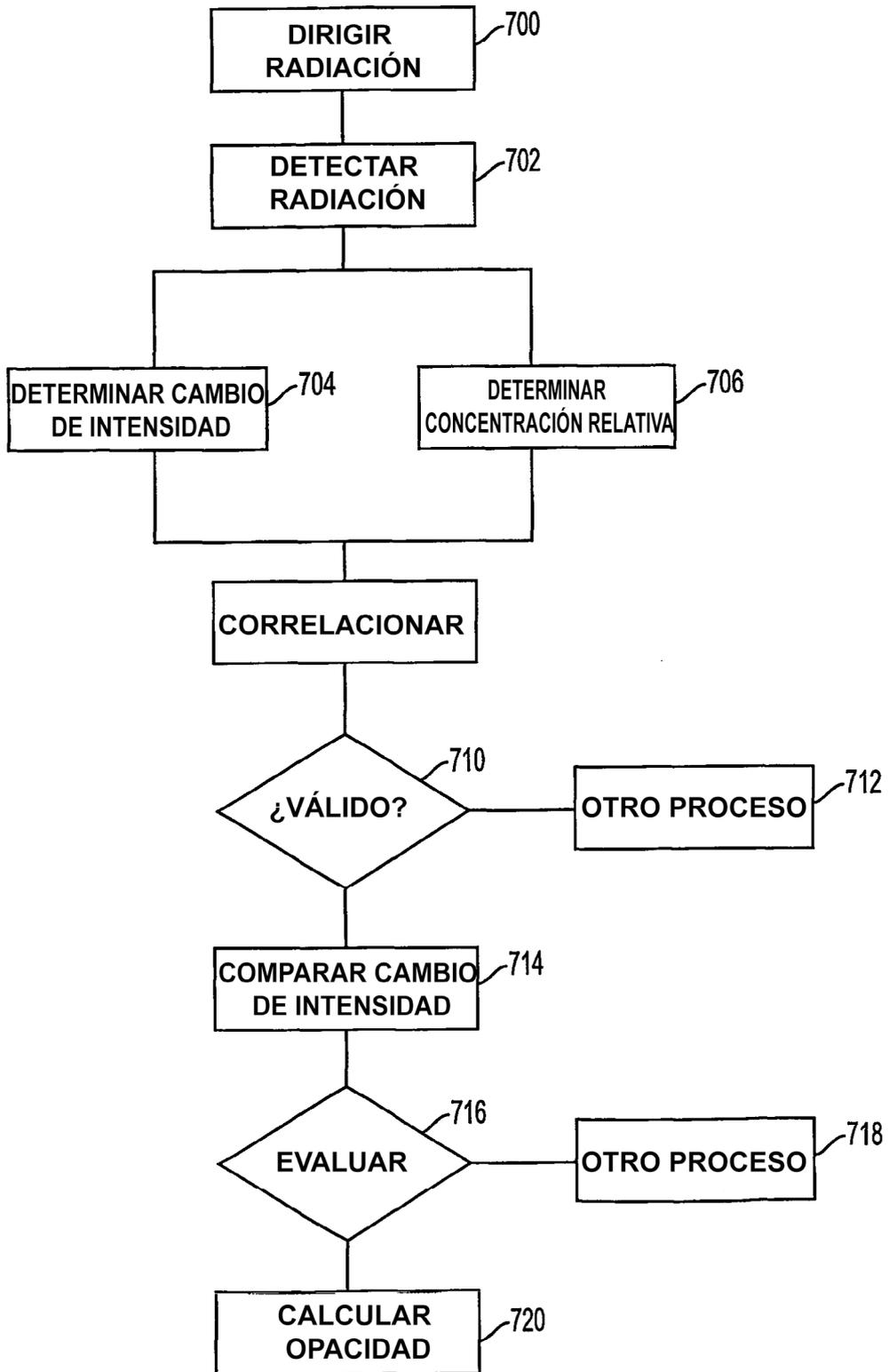


FIG. 7

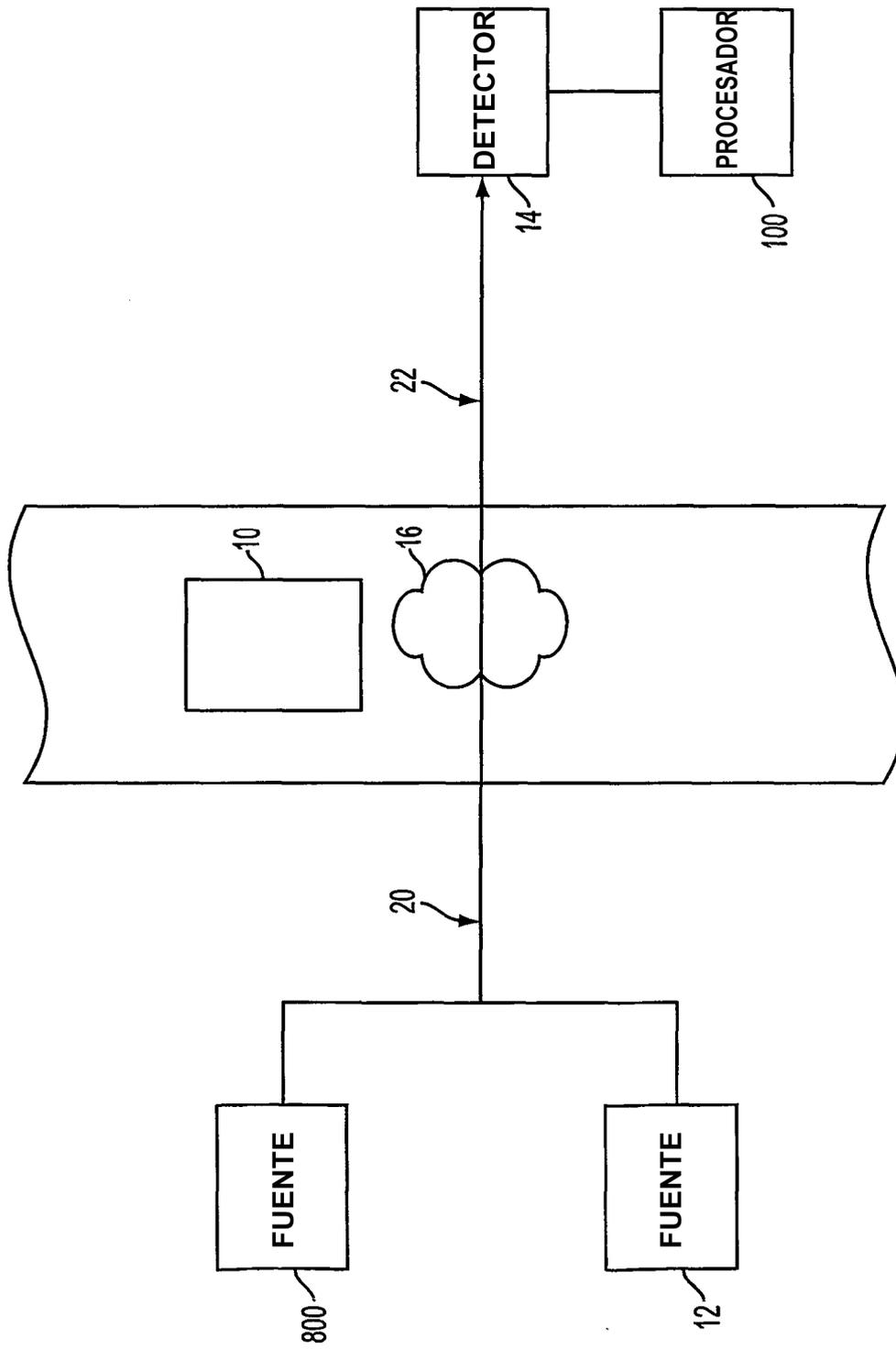


FIG. 8

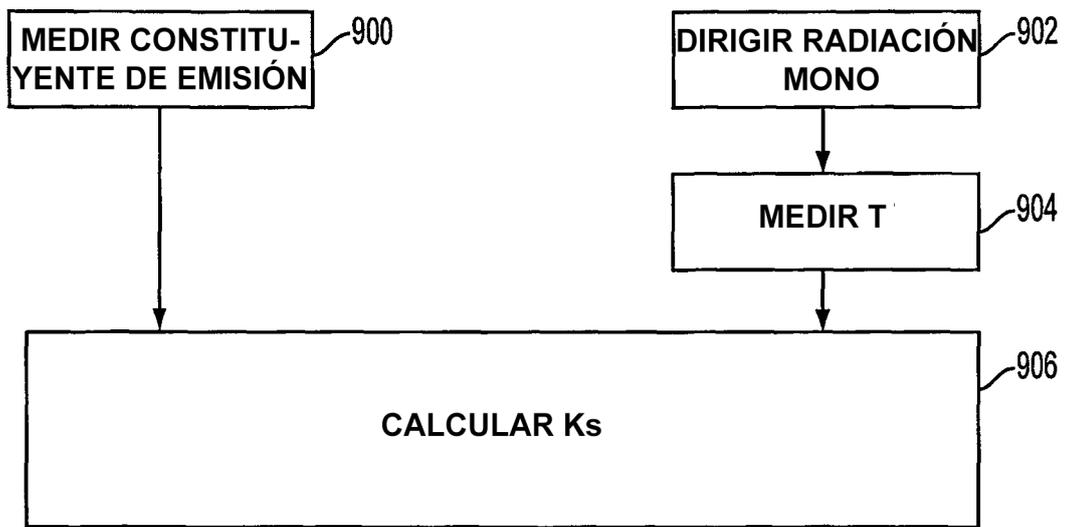


FIG. 9