

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 686 601**

51 Int. Cl.:

G01N 21/31 (2006.01)

G01N 21/3504 (2014.01)

G01M 3/20 (2006.01)

G01M 3/38 (2006.01)

G01N 21/01 (2006.01)

G01N 21/39 (2006.01)

G01N 21/03 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.10.2013 PCT/US2013/065723**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.04.2014 WO14063078**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.10.2013 E 13846762 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 2909597**

54 Título: **Procedimientos para la detección y localización de pérdida de gas en áreas pobladas que utilizan mediciones de proporción de isótopo**

30 Prioridad:

19.10.2012 US 201213656096

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

18.10.2018

73 Titular/es:

**PICARRO, INC. (100.0%)
3105 Patrick Henry Drive
Santa Clara, CA 95054, US**

72 Inventor/es:

**RELLA, CHRIS, W.;
CROSSON, ERIC, R.;
WOELK, MICHAEL, R. y
TAN, SZE, MENG**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 686 601 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

Procedimientos para la detección y localización de pérdida de gas en áreas pobladas que utilizan mediciones de proporción de isótopo.

5

CAMPO DE LA INVENCION.

Esta invención se refiere a la detección de pérdida de gas.

10 **CONTEXTO.**

La detección de pérdida de gas es un problema práctico importante. En muchos casos, es conveniente buscar rápidamente pérdidas de gas en una región amplia. Un enfoque que ha sido considerado para dichas aplicaciones es el de montar un instrumento de detección de pérdida de gas en un vehículo en movimiento, por ejemplo, como se
15 considera en US 3,107,517, US 3,444,721 y US 4,164,138.

US 7 704 746 revela procedimientos para la medición de pérdida de dióxido de carbono de retención de reservas. Se inyectan fracciones de rastreadores junto con dióxido de carbono en formaciones geológicas. Las pérdidas son
20 monitoreadas por el análisis cromatográfico de gas de los absorbentes. La invención también proporciona un proceso para la detección temprana de una posible pérdida de dióxido de carbono de retención de reservas al medir los índices de pérdida de metano (CH₄), etano (C₂H₆), propano (C₃H₈), y/o radón (Rn) de las reservas. La invención proporcionará posteriormente un procedimiento para marcar el dióxido de carbono aislado y utiliza rastreadores de perfluorocarbono (PFTs) para mostrar propiedad.

25 WO 2009/134692 describe un gas con isótopos estables que es monitoreado continuamente y utiliza un sistema que envía un rayo láser modular al gas y recolecta y transmite la luz que no es absorbida por el gas a un detector. El gas de un almacenamiento geológico o de la atmósfera puede ser monitoreado continuamente sin recolectar muestras y transportarlas a un laboratorio.

30 EP 2 503 323 revela un aparato de medición de distribución espacial con un espectrómetro y dos espejos rotativos, donde dos retro-reflectores son ubicados en un perímetro exterior con una distribución espaciada para que sea medida. Se ubica el espectrómetro en el interior del espacio de distribución. Se emite y alinea un rayo de medición en los espejos rotativos y se guía desde el espejo rotativo a través del retro-reflector y de regreso al espectrómetro. También se revela un método de medición para la distribución espacial de concentraciones de gases atmosféricos
35 cerca del suelo.

WO 99/42814 expone un aparato y un método para medir con precisión la concentración y las proporciones de isótopos de un componente en una mezcla de gas. En una representación, el aparato está diseñado para proporcionar un sistema portátil desplegable de campo capaz de proporcionar concentración y mediciones de
40 proporción de isótopo en ubicaciones remotas sin intervención física. En representaciones posteriores, el aparato se despliega para medir el dióxido de carbono en la atmósfera y determinar el origen del dióxido de carbono. Una realización del método incluye una medición de componentes adicionales o diferentes de otras mezclas de gas. Sin embargo, los enfoques convencionales para la detección móvil de pérdida de gas poseen desventajas importantes. Comúnmente, estas desventajas pueden ser una o más de las siguientes:

- 45 1) dificultad para distinguir una pérdida de un origen,
2) dificultad para distinguir una pérdida de otras fuentes posibles del gas medido y 3) falta de una distancia estimada de la fuente de la pérdida. Por consiguiente, sería un avance en la técnica superar estas dificultades.

RESUMEN

50

Las presentes enseñanzas proporcionan un método de detección y localización de pérdida de gas de acuerdo con la reivindicación 1. Las características ventajosas se presentan en las reivindicaciones dependientes.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

55

La figuras 1a-b muestran esquemáticamente un análisis horizontal de acuerdo con representaciones de la invención.

La figura 2 muestra esquemáticamente un instrumento óptico de absorción ejemplar adecuado para utilizar con representaciones de la invención.

60

La figuras 3a-b muestran resultados de análisis de isótopos de una representación de la invención.

La **figura 4** muestra un enfoque de manejo del gas adecuado para utilizar en relación con las mediciones de proporción de isótopo.

Las **figuras 5a-c** muestran esquemáticamente mediciones multi-punto de acuerdo con las representaciones de la invención.

5 Las **figuras 6a-c** muestran esquemáticamente algunos enfoques adecuados de manejo de gas para mediciones multi-punto.

La **figura 7** muestra una visualización de interfaz ejemplar de usuario relacionada con representaciones de la invención.

10 DESCRIPCIÓN DETALLADA

Es conveniente definir una pérdida de gas como cualquier situación donde el gas se encuentra presente en el ambiente en las concentraciones antes mencionadas. Las pérdidas de gas, así definidas, incluyen pero no se limitan a: pérdidas de las tuberías de gas o sistemas de transporte (por ejemplo, pérdidas de gas natural), pérdidas durante el procesamiento de gas o manejo de instalaciones, y emisiones de fuentes de gas en el ambiente (por ejemplo contaminación, emisiones de gas de desechos, etc.).

Un modelo de pluma de gas es cualquier modelo matemático que relaciona la concentración de gas con una posición en el espacio.

20

A) Un análisis horizontal

A1) Principios

25 Las **figuras 1a-b** muestran un ejemplo de análisis espacial horizontal a escala de acuerdo con representaciones de la invención. Una plataforma móvil 102 procede a lo largo de al menos una pista 106 de plataforma. La plataforma 102 puede ser cualquier vehículo, como un coche, camión, furgoneta o bicicleta. La plataforma 102 también puede ser cualquier otra entidad móvil capaz de transportar el instrumento de medición de gas, como una persona, animal de carga, etc. La pista 106 de plataforma se coloca cerca de una o más ubicaciones potenciales pérdidas de gas (por ejemplo 108a, 108b). Para su simplificación, la pista de plataforma se muestra como un único segmento de recta, pero en la práctica la pista de plataforma puede ser cualquier combinación de curvas y segmentos de línea. En este ejemplo, una pérdida en la ubicación 108a emite una pluma 110 de gas que cruza la pista 106 de plataforma. Un instrumento 104 de medición de gas se coloca en la plataforma. La práctica de la invención no depende de manera crítica de detalles de la entrada de gas al instrumento 104. Una implementación es ubicar esta entrada en el frente de la plataforma tan cerca del nivel del suelo como sea práctico, con uno o más puertos de entrada discretos (o una entrada difusiva) que abarquen el ancho de la plataforma. Una o dos mediciones de concentración de gas primarias se realizan con el instrumento 104.

40 Comúnmente, estas mediciones de concentración de gas primarias se graban originalmente como concentración versus tiempo. La posición de la plataforma versus la información de tiempo (por ejemplo al utilizar un sistema de posición global (GPS)) se combina con la concentración versus la información de tiempo para proporcionar concentración versus información de posición, esquemáticamente se muestran en la **figura. 1b**. Aquí se muestra, un pico de 112 y un nivel de origen 114.

45 La disponibilidad de concentración versus la información de posición habilita el análisis espacial automático horizontal a escala, que es útil para distinguir pérdidas de gas de niveles de origen de gas. En general, el análisis espacial horizontal a escala incluye cualquier enfoque de análisis que hace uso de concentración versus información de plataforma de posición para detección de pérdida de gas. Un ejemplo detallado puede observarse a continuación. Nótese que los umbrales simples (en otras palabras, reportar una pérdida si la concentración medida es mayor que X, y no reportar una pérdida si la concentración medida es menor que X, donde X es un valor umbral predeterminado) no es un ejemplo de análisis espacial horizontal a escala porque la concentración versus la información de posición no tiene utilidad. Los resultados del análisis espacial horizontal a escala pueden reportarse a un usuario de destino. Varios enfoques para este reporte se describen a continuación. Una posibilidad es proporcionar una indicación binaria sí/no de si una pérdida está presente o no.

55

El análisis espacial horizontal a escala depende de que las fuentes de punto varían rápidamente con el cambio de posición a medida que la plataforma se mueve, mientras que los orígenes distantes varían más lentamente debido a la extensión espacial mayor de la emisión de pluma. En otras palabras, puntas finas en concentración de solo unos metros de ancho se generan muy cerca de la plataforma. La extensión espacial angosta se utiliza para influenciar a las fuentes cercanas en el proceso de identificación de la pérdida. Existen varios algoritmos posibles para realizar un

60

análisis espacial horizontal a escala, que incluye pero se limita a:

El hallazgo de un máximo y el análisis de un ancho -la información puede analizarse si se utilizan métodos de localización de máximos, y luego cada máximo identificado puede adaptarse (al utilizar una optimización lineal o no lineal) para centro y ancho. La forma funcional utilizada para este paso de adaptación puede ser un pulso gaussiano (un gaussiano es la forma funcional esperada que toman las plumas propagadas a través de la atmósfera), o la circunvolución de un gaussiano y la respuesta del sistema (que normalmente es un gaussiano angosto convolucionado con una cola exponencial).

El análisis de onda espacial de máximo -este algoritmo utiliza una función de base de modelo especial (relacionado a la segunda derivada discreta de la función de respuesta del sistema de punto de origen general. Esta serie de función base se convoluciona con la información de medición. El análisis de onda de salida proporciona tanto la posición horizontal como el ancho efectivo, que puede relacionarse a través de un modelo de pluma de gas a la distancia desde la medición a la emisión de origen.

Preferentemente, el análisis espacial horizontal a escala es sensible a máximos de concentración de gas de anchos medios en un rango de detección de aproximadamente 1 m a 50 m, y es sustancialmente insensible a máximos de concentración de gas de anchos medios fuera del rango de detección. La selectividad espacial ayuda a distinguir entre pérdidas de gas de variaciones en concentración de gas de origen. Por ejemplo, la concentración de gas de origen puede variar significativamente (por ejemplo por un factor de 2 o más), pero esta variación tiende a ser superior a una longitud de escala significativamente mayor que el rango de detección arriba mencionado. Nótese también que dichas grandes variaciones en la concentración de origen interfieren significativamente con un umbral simple para hallar pérdidas de gas.

Las mediciones de concentración de gas primario se realizan de manera rápida preferentemente (por ejemplo a una tasa de 0,2Hz o más, s preferentemente 1Hz o más). Esto habilita el concepto de conducir una plataforma vehicular a velocidad de superficie en la calle normal (por ejemplo 35 millas por hora) mientras que acumula una concentración útil versus información de posición. Si las mediciones de concentración de gas son demasiado bajas, la resolución espacial de la información será reducida de manera indeseable. Preferentemente, las mediciones de posición de plataforma se realizan al menos tan rápidamente como las mediciones de concentración de gas primaria.

Otros atributos significativos de las mediciones de concentración primaria incluyen:

- 1) El análisis de medición de gas primaria debe estar presente en cantidades significativas para que todas las pérdidas sean objetivo de este procedimiento.
- 2) Los niveles de origen comunes de este análisis en el ambiente donde se realizan estas mediciones (por ejemplo, urbano) deben ser lo suficientemente bajas para que la concentración cambie de las pérdidas focalizadas puedan distinguirse claramente de las señales locales de origen a una distancia de 10 a 300 metros.
- 3) Para el gas natural, el metano es el componente más abundante, pero otros hidrocarburos u otras especies (sulfato de hidrógeno u otros olores) son análisis viables para la medición de concentración primaria.

La presente invención no depende de manera crítica en la tecnología de detección de gas utilizada. Cualquier enfoque de detección de gas capaz de proporcionar un rastro de medición de concentración de gas pueden ser utilizadas para las mediciones de concentración de gas primaria. Un enfoque de detección de gas apropiado puede observarse esquemáticamente en la **figura 2**. Aquí las mediciones de concentración de gas primaria realizadas en una cavidad óptica resonante dispuesta en un instrumento en la plataforma móvil. Más específicamente la **figura 2** muestra una celda 202 de absorción capaz de sostener una muestra de gas para su análisis. La celda 202 de absorción incluye una cavidad óptica definida por los espejos 204, 206 y 208. Este ejemplo muestra una cavidad en forma de anillo con un modo 208 de cavidad unidireccional que se propaga en dirección horaria alrededor de la cavidad. Cualquier otra cavidad resonante que la geometría puede utilizar. La absorción de la cavidad puede medirse al comparar la luz de salida 212 con la luz de entrada 210. De manera alternativa, la absorción de la cavidad puede ser medida al medir el índice de decaimiento de la radiación emitida desde la cavidad (en otras palabras, el espectroscopio de cavidad en forma de anillo (CRDS)).

El análisis espacial horizontal a escala puede combinarse con el uso de rastreadores (rastreadores de proporción de isótopos y/o rastreadores químicos) para proporcionar la identificación del origen de la pérdida. Se proporcionarán posteriormente detalles relacionados con los rastreadores en la sección B.

El análisis espacial horizontal a escala también puede combinarse con las mediciones multi-punto como se describe

en la sección C debajo. El análisis espacial horizontal automático y transversal a escala puede proporcionar una distancia estimada para una fuente de pérdida.

5 Aunque las mediciones de concentración de gas primario se realizan mientras que la plataforma está en movimiento, las mediciones adicionales de concentración pueden realizarse mientras que la plataforma está detenida. Dichas mediciones de concentración de gas estacionado pueden ser útiles para corroborar las concentraciones de gas de origen.

10 Mientras que se prefieren las mediciones en tiempo real, el análisis posterior de información de muestra más escasa (por ejemplo muestras en frascos cerrados al vacío y análisis posterior vía cromatografía de gas u otros métodos) pueden ser también un método viable para identificar correctamente las emisiones de destino desde las fuentes de origen.

15 Opcionalmente, el sistema puede incluir una fuente de información metodológica atmosférica, especialmente la dirección del viento, pero también la velocidad del viento o la clase de estabilidad atmosférica, tanto en la plataforma como en cualquier ubicación detenida. 'Cerca' significa lo suficientemente cerca para que las condiciones atmosféricas en la ubicación de la plataforma estén correlacionadas correctamente a las mediciones detenidas.

20 Opcionalmente, el sistema puede incluir una videocámara de a bordo y un sistema de ingreso que puede utilizarse para rechazar fuentes potenciales con los términos de la visualización local recolectada junto con la información de concentración. Por ejemplo, una pila de emisiones medidas puede descartarse si el vehículo impulsado por gas natural pasa cerca durante las mediciones.

25 La pista de plataforma debe estar tan cerca de fuentes potenciales como sea posible. Con distancia decreciente a las emisiones de origen: 1) La señal de concentración primaria aumentará y permitirá así una mayor confianza en la identificación de origen y/o una detección de la pérdida más sensible; 2) El efecto del viento para esconder las señales o cambiar la ubicación medida relativa a la ubicación de la pérdida se reduce; y 3) La extensión espacial de la concentración de señal desde la pérdida se hace más angosta y así se distingue más fácilmente de las señales de origen y las plumas desde fuentes más distantes (prolongadas), que tiene señales que varían mucho más
30 lentamente.

Opcionalmente, las mediciones repetidas de una única ubicación pueden realizarse para proporcionar una confirmación posterior (o rechazo) de pérdidas potenciales.

35 Opcionalmente, las mediciones pueden realizarse de diferentes lados de la carretera o en diferentes carriles para proporcionar una localización más precisa del origen de la pérdida.

40 Opcionalmente, el presente enfoque puede utilizarse en conjunto con otros métodos convencionales, como la inspección visual y/o mediciones con medidores portátiles para detectar componentes emitidos, para posteriormente perfeccionar los resultados.

Opcionalmente, las mediciones pueden realizarse a una velocidad reducida, o estacionadas en una fuente o cerca de ella para proporcionar información adicional y/o atribución de una fuente.

45 **A2) Ejemplo**

Esta sección ofrece un ejemplo específico de análisis espacial horizontal a escala en relación con la detección de pérdida del gas metano.

50 La concentración de metano se mide inicialmente como una función del tiempo. Se combina con la salida del receptor del navegador digital para obtener la concentración de metano como una función de distancia desde algún punto inicial. La interpolación puede utilizarse para tomar una muestra de información en una recolección de puntos con espaciado regular.

55 La concentración de metano comúnmente varía con suavidad con posición, mayormente por ser igual al nivel de origen mundial de 1,8 partes por millón junto con mejoras desde fuentes grandes y relativamente distantes como basureros y pantanos. Estas mejoras pueden elevar el nivel de origen por varias partes por millón. Por el contrario, una pérdida de gas natural común produce una pluma de metano que es muy angosta en un espacio extenso. Aunque varía en condiciones con estabilidad atmosférica, hasta que la pluma no se ha propagado más de 100 m esto es su ancho medio es de orden 20 m de tamaño.

El problema de detectar una pérdida de gas por el perfil espacial de la concentración de metano medido implica entonces:

- 1) Ser insensible a una estructura de gran escala, que puede atribuirse a variaciones en su origen.
- 2) Detectar mejoras locales en la concentración de metano sobre el origen que consiste en máximos con medios anchos en el rango aproximando de 1 a 20 m.
- 3) Rechazar el ruido en la medición debido a imperfecciones instrumentales.

La idea fundamental de este enfoque ejemplar es enroscar la concentración de entrada como una función de distancia $f(x)$ con una colección de núcleos gaussianos

$$g(x, w) = \exp(-x^2/2w) / \sqrt{2\pi w} \quad (1)$$

para variar las escalas especificadas por el parámetro w (aquí w tiene dimensiones de largo cuadrado). Si se define $L(x, w)$ para ser la convulsión de $f(x)$ y $g(x, w)$, la segunda derivada normalizada $-w(\partial^2 L / \partial x^2)$ es sensible a las estructura en f de extensión espacial proporcional a

$$\sqrt{w}.$$

Por ejemplo, si $f(x)$ es un máximo gaussiano del ancho medio σ , en otras palabras,

$$f(x) = \exp(-x^2/2\sigma^2) / (\sigma\sqrt{2\pi}),$$

se encuentra que

$$-w \left(\frac{\partial^2 L}{\partial x^2} \right) = \frac{w}{\sqrt{2\pi}} \left[\frac{w + \sigma^2 - x^2}{(w + \sigma^2)^{5/2}} \right] \exp \left[-\frac{x^2}{2(w + \sigma^2)} \right] \quad (2)$$

que tiene un máximo en $x = 0$ y $w = 2\sigma^2$. El valor del máximo es aproximadamente 0,385 veces la amplitud del pico original en f . Lejos del pico, cae lentamente a cero.

Lo fundamental de este algoritmo es calcular la superficie $-w(\partial^2 L / \partial x^2)$. Y para examinar el resultado para un máximo local tanto en x como en w . Para cada máximo (\hat{x}, \hat{w}) la posición x y el ancho medio w_0 de la punta fina correspondiente se reportan como $x_0 = \hat{x}$ y

$$w_0 = \sqrt{\hat{w}/2},$$

Y la amplitud de la punta fina se escala desde el valor de la superficie al máximo. Solo un número de w es considerado, que corresponde a un número de picos de anchos medios comúnmente de 1 a 20 m que corresponde a dimensiones de pluma vistas en la detección de gas.

Numerosas propiedades matemáticas permiten el cálculo más conveniente de la superficie espacio-escala. Como los núcleos gaussianos lo satisfacen

$$\partial g / \partial w = \frac{1}{2} \partial^2 g / \partial x^2,$$

Es posible computar la superficie como la convulsión de $-2w(\partial g / \partial w)$ y la función de entrada $f(x)$. Un número finito de valores de w se utilizan en la práctica, geoméricamente espaciados, específicamente $w \in \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ donde $w_i = \lambda^{i-1} w_1$ para algunos $\lambda > 1$. La derivada parcial de g con respecto a w también puede aproximarse por una pequeña diferencia, y las convulsiones computadas como sumas discretas.

Es posible organizar el cálculo de la superficie espacio-escala de manera encausada, para que el flujo de muestras de $f(x)$ se utilice como entrada. Las convoluciones pueden evaluarse vagamente para que, en cualquier etapa, solo las muestras suficientes se produzcan si se necesitan para determinar si un punto en la superficie es un máximo local. Una vez que esa determinación se ha producido, las muestras que ya no son necesarias se descartan, para que el cálculo entero pueda producirse en un tiempo real cercano en una limitada cantidad de memoria.

Al obtener las ubicaciones, las amplitudes y los anchos de los picos de candidatos, una etapa de filtro adicional puede aplicarse que selecciona amplitudes sobre cierto umbral (o dentro de cierto rango). Como se describe en gran detalle en la sección D debajo, los picos restantes pueden exponerse como indicaciones de pérdida, y utiliza iconos cuyo tamaño indica la amplitud del pico, y cuya posición en el mapa indica dónde a lo largo de la pista estaba ubicado el pico.

B) Rastreadores

Se ha encontrado que la fuente de identificación puede realizarse si se utilizan mediciones de proporción de isótopos. Por ejemplo, las proporciones de isótopo de metano (δD de $CH_4(\text{‰})$ relativo al Estándar del Agua Media Oceánica de Viena (VSMOW), y $\delta^{13}C$ de $CH_4(\text{‰})$ relativo a la Belemnita de Viena Pee-Dee (VPDB) caen en rangos característicos dependiendo de la fuente del metano. Para el gas microbiano (por ejemplo, gas de pantano, gas de desechos), estos rangos son de aproximadamente $-350 < \delta D < -260$ and $-63 < \delta^{13}C < -40$. Para el gas microbiano subsuperficial (por ejemplo, sedimentos de las profundidades del mar y gas de deriva), estos rangos son de aproximadamente $-250 < \delta D < -170$ and $-90 < \delta^{13}C < -60$. Para el gas termogénico (por ejemplo, gas natural y gas de yacimiento carbonífero), estos rangos son de aproximadamente $-250 < \delta D < -100$ and $-57 < \delta^{13}C < -28$. Como estos rangos básicamente no se superponen, las mediciones de proporción de isótopos pueden utilizarse para proporcionar identificación de la fuente para el metano. Se espera que la identificación de la fuente de la proporción de isótopo se aplique en general para mediciones de pérdida de cualquier gas.

Así, un método de acuerdo con este aspecto de la invención comienza con las mediciones de la concentración de gas primaria desde una plataforma en movimiento como se describe anteriormente (el análisis espacial horizontal a escala puede realizarse u omitirse de los métodos anteriormente descriptos) Una o más mediciones de proporción de isótopo secundarias desde la plataforma en movimiento también se realizan desde la plataforma en movimiento. Las mediciones de la segunda proporción de isótopo utilizan para proporcionar una fuente de identificación, mientras que las mediciones de concentración de gas primaria se utilizan para determinar la presencia/ausencia de una pérdida de gas. Estos resultados se proveen a un usuario de destino.

Opcionalmente, el análisis de rastreadores químicos puede realizarse además del análisis de proporción de isótopo para la identificación de fuente. Por ejemplo, el gas natural marcado con marcaptanos puede utilizar los marcaptanos como un rastreador químico para distinguir entre otras fuentes de gas natural, combinados con identificación de fuente de proporción de isótopo.

Atribuciones significativas de las mediciones de rastreador (en otras palabras proporciones químicas y/o de isótopo) son como se indica a continuación:

- 1) El rastreador debe estar presente en el gas emitido en una proporción conocida y constante para el componente primario para todas las pérdidas posibles dentro de un área de medición objetivo. Esta proporción representa una «firma» de la fuente objetivo.
- 2) La proporción firma de la fuente de emisión de destino debe ser diferente y distinguible de otras fuentes comunes del componente primario que puede encontrarse en el área de medición de destino.
- 3) La proporción firma de la fuente de emisión de destino debe también ser diferente de la proporción firma del origen ambiente.

Por ejemplo, para el caso del metano como la medición de concentración primaria, otras fuentes comunes de metano en el ambiente urbano son los sistemas de desagüe, desechos, las instalaciones de procesamiento petroquímico u otras actividades industriales. Un ejemplo de rastreadores de metano útiles es la proporción de isótopo estable de carbono ($^{13}C/^{12}C$) en la muestra de metano. El gas natural es un ejemplo de una fuente de metano petrogénica, que tiene una proporción de isótopo estable diferente a la del gas biogénico emitido por el sistema de desagüe, tormentas, drenajes o desechos, por ejemplos.

Otras especies de candidatos rastreadores incluyen pero no se limitan a la proporción de isótopo estable de hidrógeno $^2H/^1H$, sulfuro de hidrógeno u otros odorantes en el gas natural; o etano, propano u otros hidrocarburos.

Opcionalmente, rastreadores múltiples ofrecen dimensionalidad adicional y permiten métodos aún más efectivos para distinguir las fuentes de destino de otras fuentes del componente primario.

5 Puede emplearse cualquier enfoque para realizar el análisis de proporción de isótopo. Un enfoque preferido es el de realizar una identificación de fuente de acuerdo con el y-interceptor de un ajuste lineal de una proporción de isótopo versus una concentración inversa (conocida como ploteo de Keeling). **Figuras. 3a-b** muestran ejemplos de dichos ploteos. El ejemplo de la **figura 3a** muestra una señal típica de origen (e interceptor se diferencia del nivel de origen). El ejemplo de la **figura 3b** muestra una señal de origen típica (e interceptor es la misma que el nivel de origen).

10 Los principios básicos de un análisis de ploteo de Keeling son como se indica a continuación. Para un rastreador único, esta proporción variará del valor de origen en ambiente para un valor que se *enfoca*, pero no alcanza, la proporción encontrada en la emisión pura, debido al hecho de que la proporción observada se debe a una mezcla del gas de origen y las emisiones. Un análisis llamado ploteo de Keeling (desarrollado por Chales Keeling para el
15 análisis de carbono 13 presente en el dióxido de carbono atmosférico) puede utilizarse para identificar claramente el origen y la fuente, al plotear la proporción del rastreador como una función del inverso de la concentración primaria observada. El interceptor de este gráfico es la proporción de rastreador de la fuente de emisión. Si este valor puede distinguirse de otras fuentes posibles, entonces una determinación de fuente clara puede realizarse. En esta instancia, 'distinguirse de' significa que el interceptor determinado del ploteo no es diferente de la firma de fuente
20 esperada de manera estadísticamente significativa. Para rastreadores múltiples, el procedimiento de Keeling puede extenderse a proporciones de rastreador múltiples.

Los procedimientos de Keeling se aplican mejor cuando las mediciones del rastreador pueden realizarse en tiempo real. Para mediciones en frasco cuando la cantidad de puntos de información es más limitada, el procedimiento de
25 Keeling aún puede aplicarse para determinación de fuente, siempre y cuando se lleve con precaución a recolectar muestras en frascos tanto en o cerca del pico, y en el punto de referencia *cercano*, donde los niveles de concentración han regresado a un ambiente pero no tan lejos como para que las demás fuentes de la concentración primaria o el rastreador influyan los resultados.

30 De manera alternativa, un enfoque por J.B. Miller and P.P. Tans (Tellus, 55B, 207-214) puede emplearse, en el que la concentración del rastreador se plotea como una función de la concentración primaria y una regresión lineal se lleva a cabo en esta información. La inclinación de la línea de mejor ajuste se utiliza para estimar la proporción del rastreador no varía con frecuencia con la concentración primaria y así permite el uso de un algoritmo de regresión
35 lineal sin peso más simple.

En algunos casos, un sistema de manejo de gas puede utilizarse en relación con mediciones de proporción de isótopos secundaria. Por ejemplo, un sistema de manejo de gas puede utilizarse para adquirir una o más muestras y para proporcionalizar las muestras adquiridas a un instrumento de medición de proporción de isótopo desconectada.
40 Aquí, desconectado indica que las mediciones de proporción de isótopos normalmente son significativamente más lentas que las mediciones de concentración de gas primarias como se describe anteriormente. Así, la medición de proporción de isótopo está desconectada con respecto a la escala de tiempo de las mediciones de concentración primaria. Sin embargo, el instrumento de medición de concentración de isótopo se ubica preferentemente en la plataforma en movimiento. Las muestras de concentración de isótopo adquiridas pueden analizarse a bordo. La
45 **Figura 4** muestra un ejemplo. Aquí un sistema de manejo de gas 406 guarda una muestra adquirida en la entrada 402 en la cámara 404, y es capaz de proporcionar los contenidos de la cámara 404 al instrumento 104 (aquí el instrumento 104 es un instrumento de concentración de isótopo).

Puede utilizarse cualquier enfoque por realizar mediciones de proporciones de isótopos secundarias. Si los
50 rastreadores químicos también se miden, cualquier enfoque puede utilizarse para dichas mediciones de rastreador. Preferentemente, se emplea el espectroscopio óptico de absorción como se lo describe anteriormente. Las mediciones estacionarias pueden utilizarse además para las mediciones de concentración de gas primarias, como se describe anteriormente.

55 Las mediciones de proporción de isótopo secundarias pueden combinadas con mediciones multipunto y análisis como se describe en la sección C a continuación El análisis espacial horizontal automático y transversal a escala puede proporcionar una distancia estimada para una fuente de pérdida.

C) Mediciones multipunto para estimación de distancia

60

Se ha encontrado que las mediciones multipunto pueden ser útiles para proporcionar un estimativo de distancia para la fuente de pérdida. Aquí, una medición multipunto es cualquier medición de dos o más puntos en la plataforma en movimiento que están transversalmente separada una de la otra. Las **figuras 5a-c** muestran un ejemplo de separación transversal. Se dejará que z sea la dirección en que viaja la plataforma, que y sea la dirección vertical y que x sea perpendicular a y y a z. La **figura 5a** muestra los puntos 502 y 504 de medición separados transversalmente donde la separación está completamente en la dirección x. La **figura 5b** muestra los puntos 502 y 504 de medición separados transversalmente donde la separación está en parte en la dirección x y en parte en la dirección z. Los puntos 502 y 504 de la **figura 5b** son separados transversalmente porque no existe una separación distinta de cero en dirección x. La **figura 5c** muestra los puntos 502 y 504 de medición separados transversalmente donde la separación está completamente en la dirección y. Aquí los puntos de medición se ubican en un mástil 506.

Un procedimiento, de acuerdo con este aspecto de la invención comienza con mediciones de concentración de gas primarias desde una plataforma en movimiento como se describe anteriormente (análisis espacial horizontal a escala puede realizarse u omitirse de los procedimientos descritos anteriormente). Las mediciones multipunto se utilizan para proporcionar un estimativo de distancia. Más específicamente, una distancia entre la posición de medición de la plataforma y una ubicación de fuente de pérdida de gas se estima, donde la posición de medición de la plataforma es la posición de la plataforma al momento en que se realizaron las mediciones. El análisis espacial automático a escala de las mediciones multipunto se utiliza para proporcionar un estimativo de distancia. Los resultados, incluidos el estimativo de distancia, pueden proporcionarse a un usuario de destino de varias maneras. Preferentemente, los puntos de medición se separan unos de los otros verticalmente (por ejemplo, como en el ejemplo de la **figura 5c**). El análisis espacial a escala puede incluir proporcionar un modelo de pluma de pérdida de gas e invertir este modelo para determinar una fuente de distancia de una gradiente de concentración medido. Nótese que este gradiente de concentración medido puede determinarse desde las mediciones multipunto como aquí se considera. La información atmosférica en tiempo real puede incluirse en el modelo de pluma de gas.

Varios enfoques de manejo de gas pueden emplearse en relación con mediciones multipunto. El requerimiento subyacente es obtener mediciones simultáneas o casi simultáneas (en otras palabras, preferentemente dentro de aproximadamente 5 segundo, más preferentemente dentro de aproximadamente un segundo). Las **figuras 6a-c** muestran ejemplos de varias mediciones de dos puntos. Todos estos enfoques pueden extenderse a mediciones a cualquier cantidad de puntos transversales de separación. El ejemplo de la **figura 6a** muestra dos instrumentos 104a y 104b que tienen entradas separadas 502 y 504. Esto puede claramente proporcionar mediciones simultáneas, pero tiene la desventaja de aumentar el costo al duplicar el instrumento de medición. El ejemplo de la **figura 6b** muestra que un único instrumento 104 conectado a las entradas 502 y 504 por un interruptor 602. Si el interruptor y el instrumento son lo suficientemente rápidos, este enfoque puede proporcionar mediciones casi simultáneas en estas entradas. El ejemplo de la **figura 6c** muestra un sistema 604 de manejo de gas que ha separado las entradas 502 y 504 que es capaz de proporcionar simultáneamente o casi simultáneamente muestras adquiridas a un único instrumento en secuencia. Para este ejemplo, las muestras adquiridas en las entradas 502 y 504 pueden ser guardadas en las cámaras 606 y 608 respectivamente y proporcionarlas a un instrumento 104 en secuencia. La diferencia de tiempo entre el análisis de la cámara 606 y la cámara 608 no es importante.

Preferentemente, las mediciones de concentración de gas primarias se realizan con un espectroscopio óptico de absorción como se describe anteriormente. Las mediciones de concentración, como se describe arriba también pueden emplearse.

45 C2) Ejemplo multipunto

Se considera el siguiente ejemplo de utilizar mediciones verticales múltiples de una pluma para contar la distancia desde la medición a una ubicación de fuente en posición contraria. Un modelo físico comprobado para una pluma, desarrollado por Gifford en 1959 es para modelar la pluma como una distribución gaussiana en las dimensiones espaciales en posición transversal a la dirección del viento, o (para una fuente al nivel del suelo).

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{\pi V \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-y^2/2\sigma_y^2 - z^2/2\sigma_z^2\right) \quad (3)$$

Como se esperaba, las dimensiones de la distribución gaussiana horizontal y verticalmente (en otras palabras σ_y y σ_z respectivamente) aumentan con gran distancia, y la cantidad que aumenta puede estimarse de las mediciones de la velocidad del viento, la irradiación solar, el suelo de albedo, la humedad, la tierra y los obstáculos, todos influyen la mezcla turbulenta de la atmósfera. Sin embargo, si uno está dispuesto a tolerar más incertidumbre en el estimativo de distancia, la mezcla turbulenta de la atmósfera puede ser estimada simplemente por la velocidad del viento, la

hora del día, y el grado de nubosidad, todos son parámetros que están disponibles tanto en la plataforma o bases de datos públicas del clima en tiempo real. Si se utiliza esta información disponible, los estimativos de los parámetros de ancho gaussianos pueden estimarse (por ejemplo al utilizar el esquema de tipo de turbulencia Pasquill-Gifford-Turner). Por ejemplo, una forma funcional posible para σ_y y σ_z es

5

$$\sigma = ax/\sqrt{1+bx} ,$$

Donde a y b son parámetros adecuados y x es la distancia en el eje de la pluma. Pueden realizarse ajustes separados para la direcciones y y z, o el mismo ajuste puede utilizarse para ambas direcciones.

10

La medición vertical multipunto puede utilizarse para estimar el ancho vertical gaussiano. El ancho horizontal también puede estimarse del análisis espacial horizontal, pero el análisis vertical tiene la ventaja de que la extensión vertical de la pluma no está tan distorsionada por el movimiento de las plataformas y otras plataformas cercanas como lo está la dimensión horizontal, donde la pluma puede ser transportada horizontalmente por el movimiento de una plataforma.

15

Dado el estimativo del ancho vertical gaussiano, disponible, tablas de consulta disponibles pueden utilizarse para determinar la distancia desde la fuente dado el ancho y la información disponible sobre la mezcla turbulenta de la atmósfera. Incluso cuando cualquier medición atmosférica, un estimativo de distancia crudo puede determinarse (en camino, cerca de un camino, o alejado), lo que proporcionaría información adicional valiosa para un inspector que buscar la fuente de las emisiones.

20

Otras formas de análisis multipunto puede realizarse como alternativa a utilizar un modelo de pluma. Por ejemplo, para fuentes en camino, una medición de punto en o cerca de la superficie del camino (por ejemplo dentro de 25 cm) que es cercano a la fuente de emisiones se verá una concentración dramáticamente diferente al punto de medición en un mástil de 2-3 metros. En esta situación, el modelo de pluma gaussiano se rompe, y el análisis de umbral como (altura máxima de delta) / (altura promedio de delta) > t (donde el umbral t es el orden de 0,5) puede claramente identificar dichas fuentes como locales (por ejemplo en camino).

25

30 D) Interfaz de usuario

La **figura 7** muestra un interfaz de usuario ejemplar relacionada con las representaciones de la invención. Aquí, una visualización 302 de mapa tiene números de pérdida (por ejemplo 704, 708, 710) superpuestas en él. Los números de pérdida incluyen indicadores (por ejemplo 706) lo que muestra que la ubicación de las pérdidas detectadas (en otras palabras las posiciones de la plataforma en las que las concentraciones de pérdida correspondientes se midieron). El tamaño de la figura puede escalarse de acuerdo con las cantidades como la amplitud de pico (en otras palabras, la cantidad por la que la concentración de picos excede el origen de la ubicación), la concentración de pico, o el ancho espacial medido del pico. Los parámetros numéricos (como la amplitud, la concentración, el ancho, la seriedad del rango de la pérdida dentro de cierta región definida, etc.) puede visualizarse dentro de los números de la pérdida. Si las mediciones de proporción de isótopos se realizan, también pueden mostrarse en la visualización (por ejemplo 712). Los números de pérdida pueden tener cualquier forma. Los indicadores en los números de pérdida pueden tener cualquier forma.

35

40

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de detección de pérdida de gas y localización, el método comprende:
 5 realizar una o más mediciones de concentración de gas desde el instrumento (104) de medición de gas que es transportado por un vehículo o entidad (102) móvil que procede en al menos una pista (106) de plataforma dispuesta cerca de una o más ubicaciones potenciales de pérdidas de gas (108a, 108b);
 y realizar una o más mediciones de proporción de isótopo del instrumento (104) de medición que es transportado por la entidad (102) móvil y procede junto con al menos una pista (106) de plataforma, donde
 10 las mediciones de proporción de isótopos son mediciones ópticas de absorción hechas en una cavidad óptica resonante ubicada en el instrumento (104);
 automáticamente determina si la pérdida de gas está presente en las ubicaciones (108a, 108b) potenciales de pérdida de gas, basado en las mediciones de concentración de gas y las mediciones de proporción de isótopo, donde las mediciones de proporción de isótopo proporcionan una identificación de fuente para
 15 pérdidas detectadas: y proporcionar una indicación de pérdida en las ubicaciones (108a, 108b) de potenciales pérdidas de gas a un usuario de destino.
2. El procedimiento de la reivindicación 1 que comprende además uno o más mediciones de rastreador químico del instrumento (104) de medición de gas que es transportado por el vehículo o entidad (102) móvil como procede en al menos una pista (106) de plataforma, donde en las mediciones de rastreador químico
 20 proporciona una identificación de fuente para las pérdidas detectadas.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, donde las mediciones de proporción de isótopos comprenden utilizar un sistema de manejo de gas para adquirir una o más muestras y proporcionar las mezclas
 25 adquiridas a un instrumento de medición de proporción de isótopo desconectado.
4. El procedimiento de la reivindicación 1 que comprende además:
 Realizar una o más mediciones de concentración de gas en dos o más ubicaciones separadas
 30 transversalmente en el vehículo o entidad (102) móvil como procede en al menos una pista (106) de plataforma;
 Realizar un análisis espacial transversal automático a escala de las mediciones de concentración de gas;
 Donde automáticamente determinar si la pérdida de gas está presente en las ubicaciones (108a, 108b)
 potenciales de pérdida de gas, también está basado en el análisis espacial transversal automático a escala.
5. El procedimiento de la reivindicación 1 comprende además una o más mediciones de concentración de gas
 35 estacionario cuando el vehículo o entidad (102) estacionaria.
6. El procedimiento de la reivindicación 1 que comprende además una identificación de fuente de acuerdo con el y-interceptor de un ajuste lineal de una proporción de isótopo frente a una concentración inversa,
 40 conocida como ploteo de Keeling.
7. El procedimiento de la reivindicación 1 donde la indicación de la pérdida es una indicación binaria sí/no de si la pérdida está presente o no.
8. El procedimiento de la reivindicación 1 que comprende además proporcionar una visualización que muestre
 45 los números (704, 708, 710) de pérdida superpuestos en el mapa para postrar las pérdidas detectadas, donde los números de las pérdidas (704, 708, 710) incluyen indicadores (706) que muestran las ubicaciones de las pérdidas detectadas, donde los tamaños de los números de las pérdidas son escalados con la concentración medida.
9. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además proporcionar una visualización que
 50 muestre un mapa con los números de las pérdidas (704, 708, 710) superpuestas en el mapa para mostrar las pérdidas detectadas, donde los números de las pérdidas incluyen indicadores (706) que muestran las ubicaciones de las pérdidas detectadas y donde los tamaños de los números de las pérdidas (704, 708, 710) son escalados con una diferencia entre la concentración medida y el nivel de origen de la ubicación.
 55
10. El procedimiento de la reivindicación 9, que comprende además proporciones (712) de isótopos de medición en el mapa corresponden a una o más pérdidas detectadas.

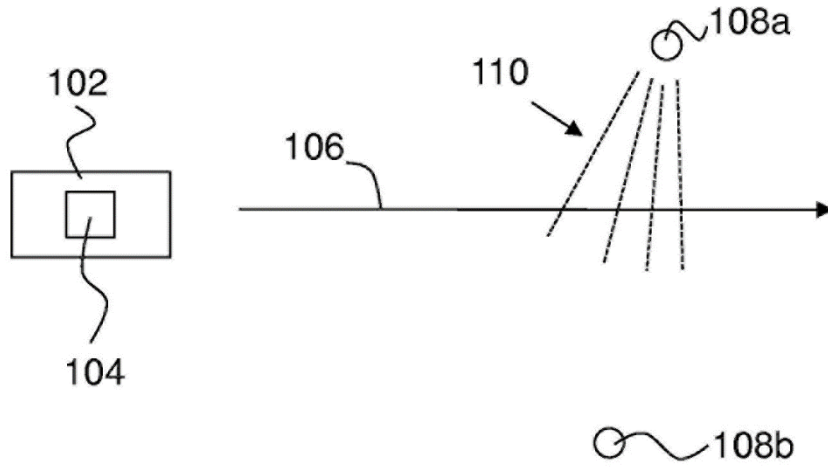


Fig. 1a

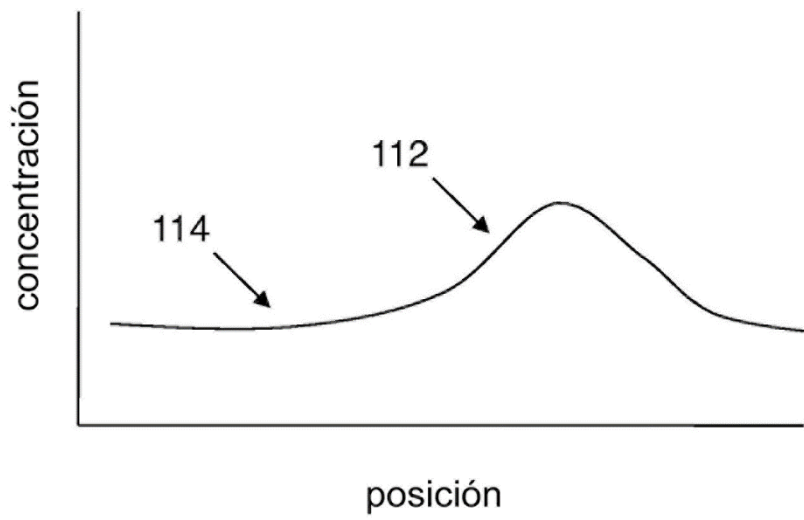


Fig. 1b

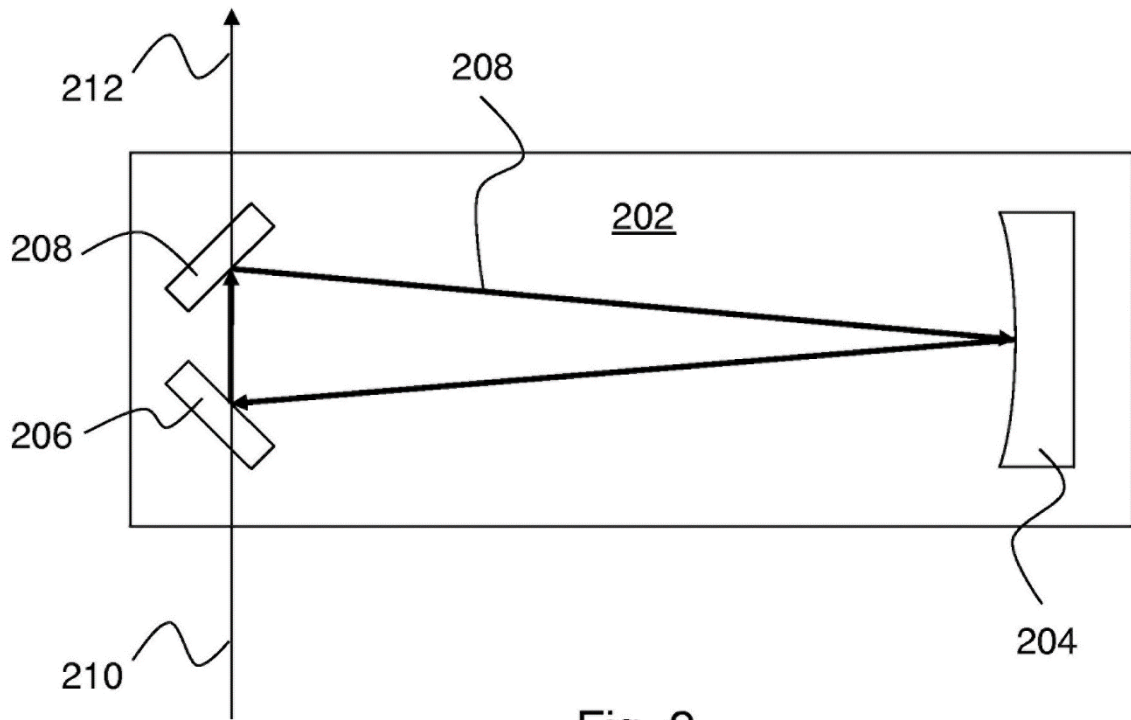


Fig. 2

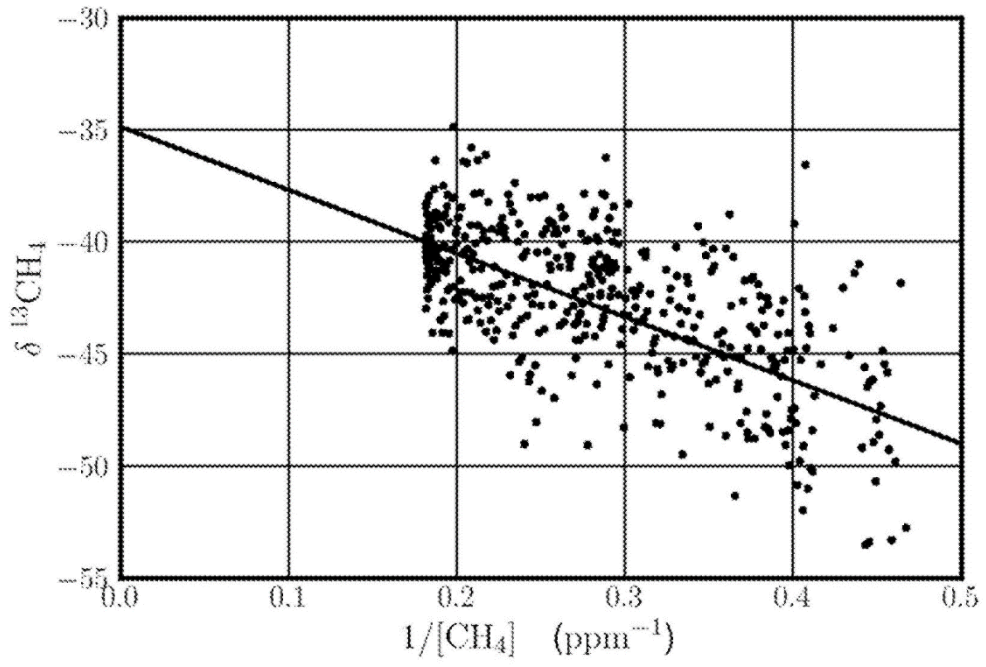


Fig. 3a

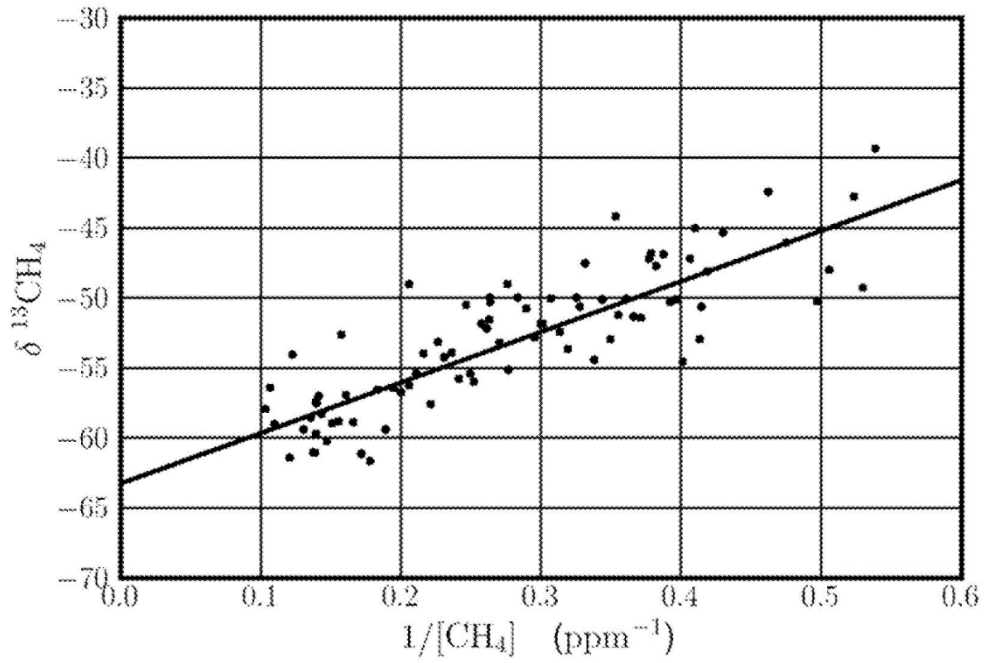


Fig. 3b

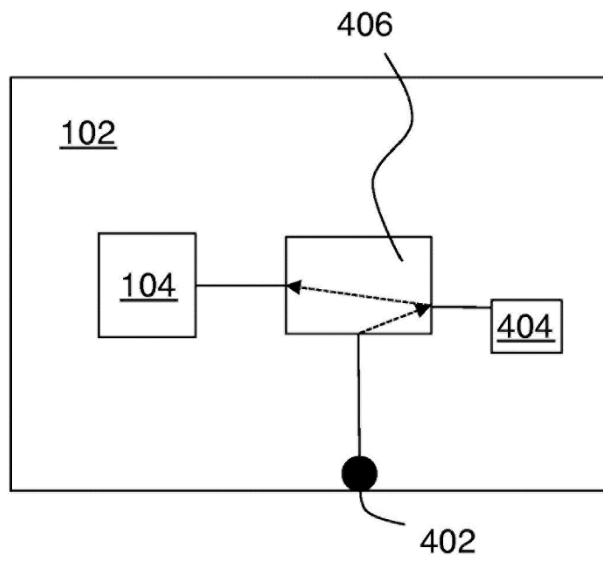


Fig. 4

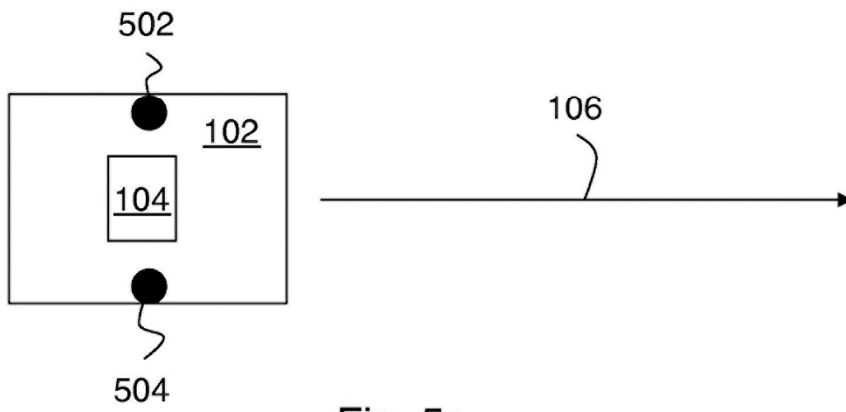


Fig. 5a

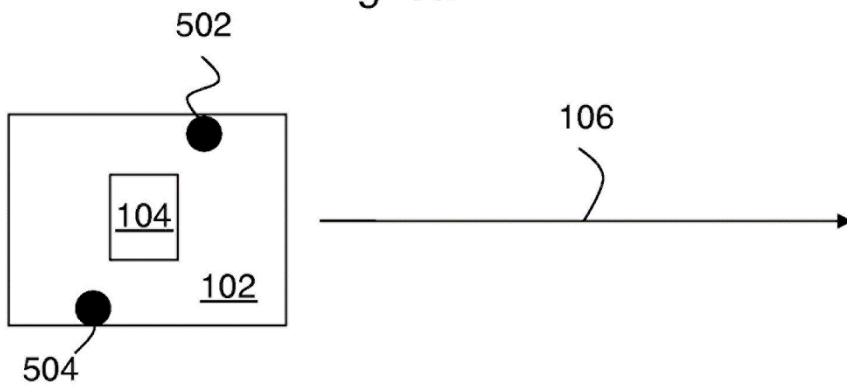


Fig. 5b

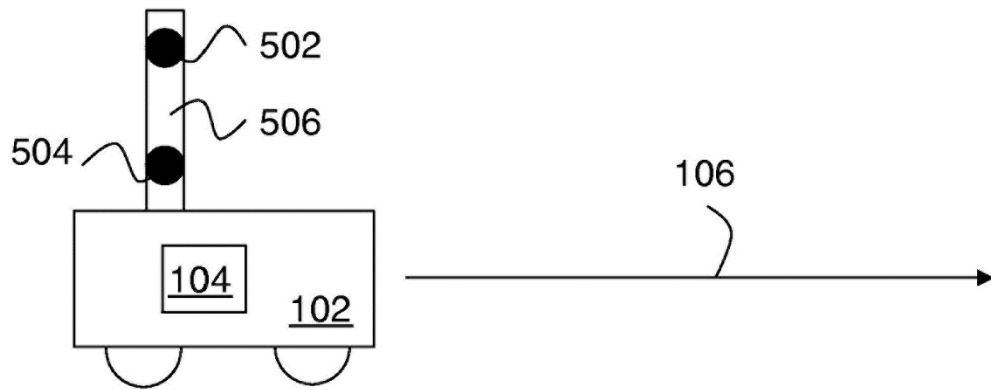


Fig. 5c

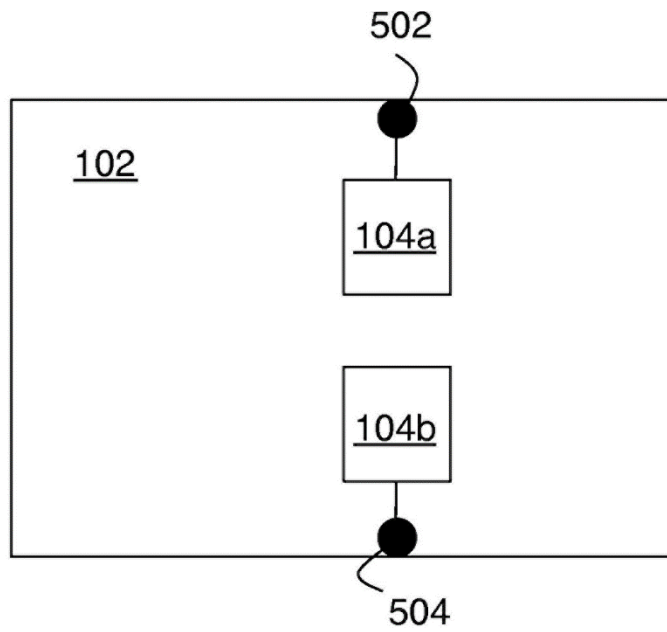


Fig. 6a

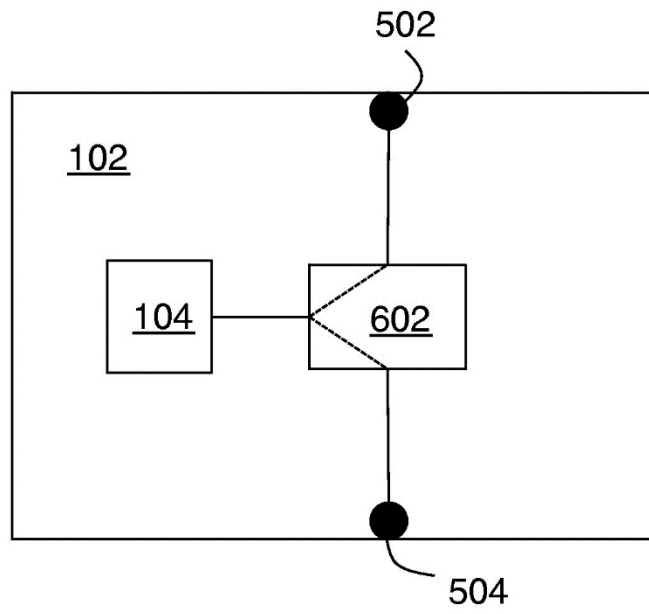


Fig. 6b

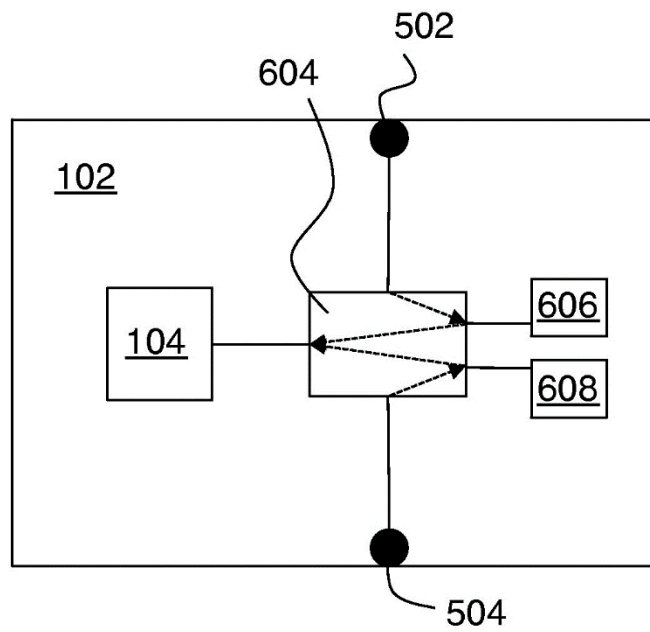


Fig. 6c

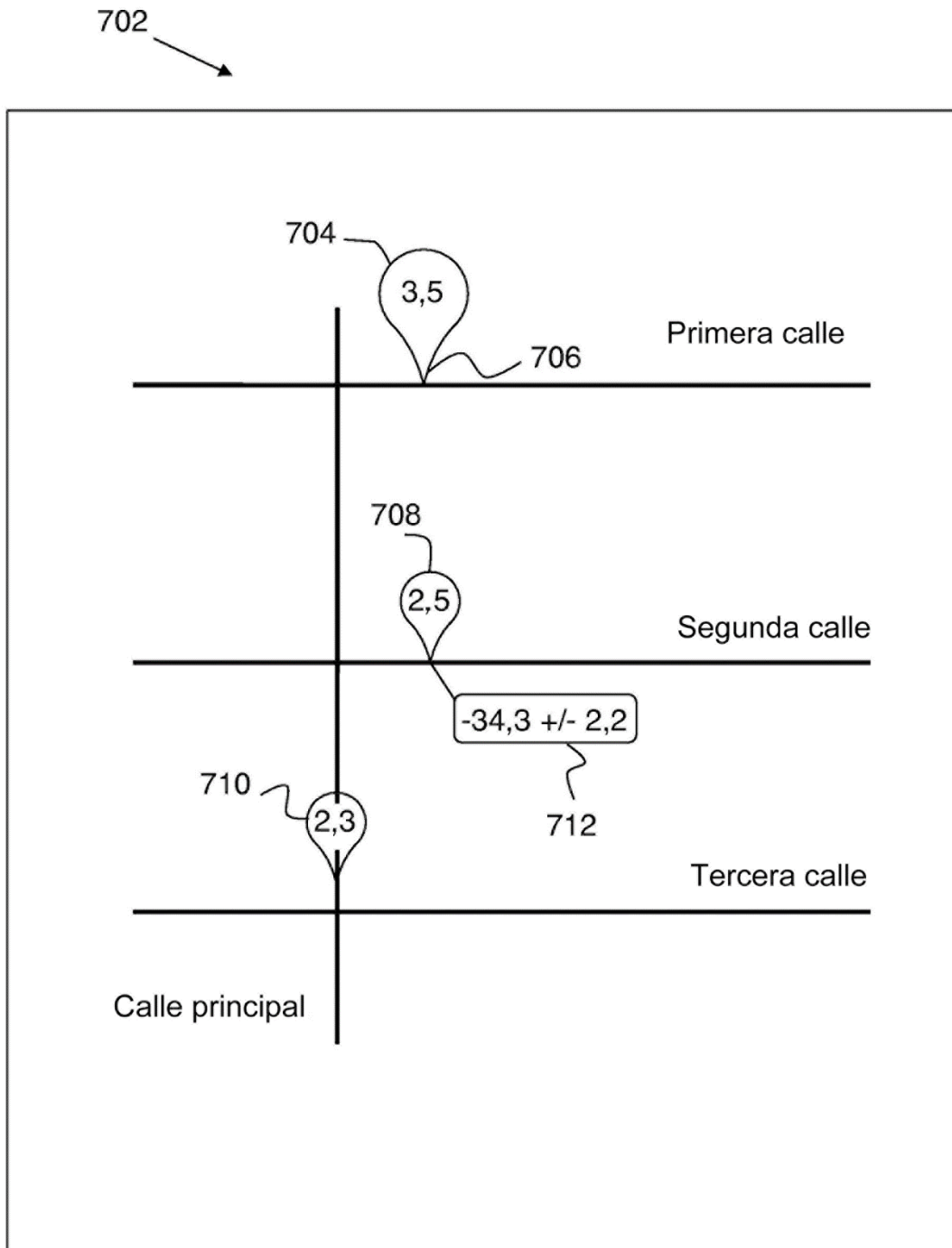


Fig. 7