

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 948 941**

51 Int. Cl.:

G01N 37/00 (2006.01)

G01N 1/26 (2006.01)

G01W 1/00 (2006.01)

G08B 21/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.01.2008** **PCT/CA2008/000080**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.07.2008** **WO08086606**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.01.2008** **E 08706228 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023** **EP 2115479**

54 Título: **Método y sistema de detección y monitorización de emisiones**

30 Prioridad:

16.01.2007 US 885172 P

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

22.09.2023

73 Titular/es:

AIRDAR INC. (100.0%)
1141-75 Street
Edmonton, Alberta T6K 2S4, CA

72 Inventor/es:

PRINCE, DENNIS SCOTT y
BUTLER, TERRY DAN

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 948 941 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

Método y sistema de detección y monitorización de emisiones

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a monitorización del aire y, en particular, a un método y a un sistema para detectar, cuantificar o caracterizar fuentes emisoras.

10 Antecedentes de la invención

La reducción de las emisiones de contaminantes industriales continúa siendo importante en la disminución del impacto ambiental antropogénico. Se están enfrentando enormes desafíos a medida que el listón sigue subiendo con respecto a la cantidad y la naturaleza de los contaminantes que se consideran aceptables. Esto es particularmente evidente con respecto a las reducciones de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Mientras que grandes emisiones de CO₂ son una preocupación actual con respecto al efecto invernadero, las emisiones no intencionales de metano también serían importantes dado que el metano produce un mayor efecto invernadero. La contribución de las emisiones de metano al impacto ambiental antropogénico general no se comprende bien en la actualidad, sin embargo, hay indicios de que puede ser significativo.

En el campo de la monitorización de la calidad del aire, se confía en la percepción sensorial humana para detectar columnas de humo químicas o de partículas. Las columnas de humo visibles también pueden incluir columnas de humo de condensación, en el que un contaminante emitido siendo invisible de otro modo, se hace visible en condiciones de temperatura y presión atmosféricas, lo que hace que el contaminante se condense o cristalice. Si una columna de humo tiene características visuales distintivas, como un color u opacidad distintivos, la columna de humo se puede rastrear visualmente hasta su origen. Sin embargo, no se puede confiar en la percepción sensorial visual humana en condiciones de poca luz.

No todas las emisiones tienen características visuales perceptibles. Si una emisión no tiene características visuales perceptibles bajo condiciones ambientales típicas, si una emisión tiene características visuales perceptibles, pero es de una concentración tan baja que la percepción sensorial humana es incapaz de percibir la diferencia entre la columna de humo y el aire ambiente, o si las condiciones ambientales de niebla tóxica hacen que la columna de humo no se distinga de ella; incluso concentraciones extremadamente bajas de ciertos contaminantes transportados por el aire pueden tener un impacto nocivo en el medio ambiente y/o afectar a entidades vivas grandes y pequeñas.

La solicitud de patente estadounidense US2004/0064254 (Archibald *et al.*) describe un método para determinar la posición y la tasa de emisión de fugas en una refinería, planta química, o áreas similares de actividades de procesamiento, de al menos una fuente de emanaciones en un medio intermedio. El método consiste en medir la concentración de las emanaciones en varias localizaciones junto con la velocidad del medio intermedio y luego comparar estos datos con los derivados del modelo de dispersión de la contaminación de varias fuentes postuladas, con características diferentes. Se predice que la posición y la tasa de emisión de la fuente postulada que ofrece el mejor ajuste entre los datos calculados y observados será la fuente real.

La patente de US n.º 5.604.299 (Cobb) describe un método para localizar la fuente de material emitido en un fluido en movimiento. El método consiste en calcular, a partir de una serie de parámetros medidos en una serie de puntos de detección, el flujo de masa direccional del material emitido en cada dirección del flujo de fluido en cada punto de detección durante un período de tiempo. Esto se extrapola para calcular el valor de emisión relativo del material emitido en cada punto en un plano alrededor de los puntos de detección. Luego se genera un mapa de valores de emisión potencial del material emitido en cada punto del plano, que puede ser utilizado para identificar fuentes potenciales de emisión en este plano.

En consecuencia, sigue existiendo la necesidad de mejoras en la técnica.

Breve resumen de la invención

La presente invención está dirigida a un método y a un sistema para detectar, cuantificar y/o caracterizar fuentes de emisión de un material o compuesto.

De acuerdo con un aspecto amplio de la presente invención, se proporciona un método para caracterizar un fuente de un material emitido, el método comprende las etapas de: medir las concentraciones del material emitido en al menos dos o más localizaciones; medir cambios en la velocidad del viento representativa a lo largo del tiempo; generar una primera columna de humo adimensional y una segunda columna de humo adimensional en el espacio en base a los cambios de velocidad del viento medidos y las concentraciones medidas en la primera y la segunda localización, respectivamente, comprendiendo cada columna de humo adimensional representaciones numéricas del flujo de contaminantes a partir de mediciones de concentración e información de la velocidad del viento a partir de la información de cambio de la velocidad del viento medida correlacionada con referencia a un momento de medición

relevante y con una localización; determinar una primera trayectoria en base a las representaciones numéricas de dicha primera columna de humo adimensional del flujo de contaminantes asociado con las velocidades del viento a partir de los cambios de velocidad del viento medidos en varios momentos relevantes para la primera localización; determinar una segunda trayectoria en base a las representaciones numéricas de dicha segunda columna de humo adimensional del flujo de contaminantes asociado con las velocidades del viento a partir de los cambios de velocidad del viento medidos en varios momentos relevantes para la segunda localización; determinar una primera fuente de emisión candidata en una primera localización a lo largo de la primera trayectoria, y la primera fuente de emisión que tiene una o más características; determinar una segunda fuente de emisión candidata en una segunda localización a lo largo de la segunda trayectoria, y la segunda fuente de emisión que tiene una o más características, donde ambas fuentes candidatas están relacionadas entre sí por la distancia; convertir la primera columna de humo adimensional en una columna de humo dimensionada en la primera localización usando información de concentración asociada con la primera localización con la representación numérica del flujo de concentración junto con la distancia desde la primera localización de fuente candidata de emisión a la primera localización, y determinando una característica basada en dicha columna de humo dimensionada, en el que la característica comprende una de las características asociadas con la primera fuente de emisión candidata; convertir la segunda columna de humo adimensional en una columna de humo dimensionada en la segunda localización usando la información de concentración asociada con la segunda localización con la representación numérica del flujo de concentración junto con la distancia desde la segunda localización de fuente candidata de emisión a la segunda localización y determinando una característica asociada con la segunda fuente candidata basada en la columna de humo dimensionada, en el que la característica comprende una de las características asociadas con la segunda fuente de emisión candidata; y determinar la fuente del material emitido basándose en un acuerdo sustancial entre la localización y las características de la primera y la segunda fuentes candidatas de emisión.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema de análisis de muestras de aire para caracterizar una fuente de un material emitido, comprendiendo dicho sistema uno o más sensores o analizadores para medir concentraciones del material emitido en al menos una primera y segunda localización de muestreo; y un dispositivo informático programado para realizar el método como se describe en el presente documento.

En la siguiente descripción detallada se mostrarán y describirán diversas realizaciones de la invención únicamente a modo de ilustración.

Breve descripción de los dibujos

Con referencia a los dibujos en los que los números de referencia similares indican partes similares a lo largo de las diversas vistas, varios aspectos de la presente invención se ilustran a modo de ejemplo, y no a modo de limitación, en los dibujos, en los que:

La figura 1 es una diagrama esquemático que muestra un sistema de monitorización de muestras de aire de acuerdo con una realización de la invención;

La figura 2 es una diagrama esquemático que muestra elementos de un sistema de análisis de muestras de aire de acuerdo con una realización de la invención;

La figura 3 es una diagrama esquemático que muestra elementos de un sistema de análisis de muestras de aire de ejemplo de acuerdo con una realización de la invención;

La figura 4 muestra mediciones de análisis de muestras de aire tabuladas registradas usando una configuración estacionaria;

La figura 5 muestra mediciones de análisis de muestras de aire tabuladas registradas usando una configuración móvil;

La figura 6 es un diagrama esquemático que muestra las variables que se tienen en cuenta al correlacionar los datos de velocidad y dirección del viento con las mediciones de análisis correspondientes;

La figura 7a, la figura 7b, y la figura 7c son una secuencia de gráficos que muestran el procesamiento de datos para obtener una variación de la concentración de material promedio;

La figura 8a, la figura 8b, y la figura 8c muestran diferentes perspectivas de una variación de las mediciones de concentración de contaminantes que varían con la velocidad y la dirección del viento que se muestran en la figura 7;

La figura 9a, la figura 9b, y la figura 9c muestran diferentes perspectivas de una variación de flujo por área de sección transversal de huella de columna de humo de unidad representada gráficamente frente a la velocidad y dirección del viento que se muestran en la figura 8;

La figura 10 es un gráfico que muestra el flujo de contaminantes que varía con la dirección del viento;

La figura 11 es un gráfico que muestra el flujo de contaminantes que varía con la velocidad del viento;

5 La figura 12 es una representación esquemática del desplazamiento de una columna de humo con la velocidad del viento;

La figura 13 es una representación esquemática de la predicción de la localización de la fuente de emisión por triangulación;

10 La figura 14 es un ejemplo de un gráfico real de fuentes emisoras pronosticadas por triangulación;

La figura 15 es una representación esquemática de las variables relevantes empleadas para cuantificar el tamaño de la fuga;

15 La figura 16 es una representación esquemática de variables relevantes empleadas para determinar la altura de una fuente de emisión de contaminación;

20 La figura 17 muestra dos variaciones de flujo por unidad de área frente a la velocidad del viento tomadas de dos entradas de muestreo remotas en el mismo lugar pero a diferentes elevaciones;

Las figuras 18a a 18d muestran gráficos ilustrativos de la variabilidad de emisión de contaminantes para una fuente de emisión de contaminación con el tiempo;

25 La figura 19 muestra un mapa de un área física con fuentes de emisión detectadas de acuerdo con una realización de la presente invención;

La figura 20 es una diagrama de flujo de un proceso de acuerdo con una realización de la presente invención;

30 La figura 21 es un diagrama de flujo de un proceso para realizar la vigilancia y recopilar datos potencialmente relevantes para determinar las fuentes de emisión de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 22 es un diagrama de flujo de un proceso para mapear una fuente de emisión de acuerdo con una realización de la presente invención; y

35 La figura 23 es un diagrama de flujo de un proceso para monitorizar una fuente de emisión de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción detallada de las realizaciones

40 La descripción detallada que se expone a continuación en relación con los dibujos adjuntos pretende ser una descripción de varias realizaciones de la presente invención y no pretende representar las únicas realizaciones contempladas por el inventor. La descripción detallada incluye detalles específicos con el fin de proporcionar una comprensión profunda de la presente invención. Sin embargo, resultará evidente para los expertos en la materia que la presente invención pueden practicarse sin estos detalles específicos.

De acuerdo con una realización, la presente invención comprende, como se describirá con mayor detalle a continuación, un sistema y método para localizar y caracterizar un material o compuesto (por ejemplo, un contaminante) emitido por una o más fuentes a través de la recopilación de mediciones localizadas (por ejemplo, por medio de observaciones puntuales) de datos de concentración por uno o más o más sensores que podrían ubicarse alrededor de un área a ser monitorizada o adyacente al área y estar en movimiento o estacionario y correlacionar los datos de concentración de contaminantes observados con los datos de dirección y velocidad del viento (o cualquier otro factor meteorológico que pueda afectar el movimiento del aire como, pero no limitado a: intensidad de luz, velocidad del viento vertical, temperatura, etc.) de tal manera que se tenga en cuenta la variabilidad de la velocidad del viento (es decir, la velocidad y la dirección) a lo largo de un camino (es decir, la trayectoria) recorrido por la emisión, por ejemplo, contaminantes transportados por el aire.

En el contexto de la presente descripción, una columna de humo significa o se refiere a una columna o agregación del material emitido que se mueve a través del aire. Columna también puede hacer referencia de manera más general a una columna de un fluido que se mueve a través de otro fluido. Varios efectos controlan el movimiento del fluido, incluyendo el impulso, flotabilidad y diferencia de densidad.

Como se describirá con mayor detalle a continuación, las columnas de humo y sus trayectorias se pueden identificar en un punto de observación. En el contexto de la presente invención, se describen columnas de humo adimensionales y dimensionadas. Se pueden identificar los límites de la columna de humo adimensional y los patrones de flujo a través del área de la sección transversal dentro de los límites adimensionales. Como se describirá con mayor detalle, la

proyección de esta información a lo largo de la trayectoria o camino que ha recorrido la columna de humo hasta la localización de la fuente proporciona la capacidad de predecir o determinar la columna de humo dimensionada (es decir, la columna de humo real). La columna de humo dimensionada tiene dimensiones escalares que reflejan una o más características de la emisión, incluyendo el tamaño, variabilidad, elevación, flotabilidad, impulso de salida, perfil de concentración de la columna de humo y punto meteorológico, área o fuentes múltiples. Cuando no se conoce la localización de la fuente, el conocimiento de algunas de sus características proporciona la capacidad de utilizar un único punto de observación para predecir su localización, como se describirá con más detalle a continuación. De acuerdo con otro aspecto, se utilizan múltiples puntos de observación de acuerdo con la presente invención para predecir fuentes desconocidas en base a la concordancia en la información de la columna de humo proyectada.

Los límites y la trayectoria de la columna de humo se identifican en el gráfico de concentración frente a la velocidad del viento. El gráfico de concentración frente a la velocidad del viento se convierte en un flujo, es decir, un gráfico de "área de sección transversal de huella de columna de humo de flujo por unidad", frente a velocidad del viento. Los datos de la velocidad del viento se pueden ponderar, por ejemplo, de acuerdo con la concentración de la velocidad del viento, lo que permite la correcta interpretación de las concentraciones a diferentes velocidades del viento.

De acuerdo con una realización, las columnas de humo adimensionales comprenden medidas adimensionales angulares de los límites de la columna de humo y el patrón de flujo a través de la columna de humo se determina en el punto de observación. El ancho angular adimensional se determina a partir de la distribución de flujo máxima (por ejemplo, como se describe a continuación para la figura 10). La altura angular adimensional se puede determinar a partir de la conversión ponderada de las velocidades del viento (por ejemplo, como se describe en la figura 11) o se supone que está relacionado con el ancho, o simplemente se supone. Los límites se proyectan hacia afuera a lo largo de la trayectoria o camino que recorrió la columna de humo de regreso a la fuente (no necesariamente lineal debido a la curvatura del viento u obstáculos). Los límites adimensionales se convierten en límites con dimensiones escalares (pies o metros) con el tamaño directamente relacionado con la distancia proyectada. Por ejemplo, el ancho de la columna de humo se puede calcular como ancho de la columna de humo = seno (ancho angular adimensional)* (distancia entre el punto de observación y la proyección), y la altura de la columna de humo se puede calcular de manera similar.

Cuando se proyecta hacia atrás la distancia adecuada a lo largo de la trayectoria o camino a la fuente, se puede predecir el verdadero tamaño físico de la columna de humo, por ejemplo, asumiendo forma de columna de humo elíptica o rectangular, dependiendo de una fuente puntual, una fuente de área o múltiples fuentes. El patrón de concentración y flujo dentro del patrón de límites de la columna de humo y el patrón de "flujo por unidad de área transversal de la huella de la columna de humo" a lo largo de la sección transversal de la columna de humo se pueden convertir a unidades escalares, es decir, pies o metros.

De acuerdo con un aspecto, el tamaño de la fuente emisora se puede determinar combinando el flujo dentro de los límites de la columna de humo menos el nivel de flujo de fondo medido fuera de los límites de la columna de humo con el área de la columna de humo determinada a partir de las dimensiones escalares anteriores.

De acuerdo con un aspecto, la variabilidad en la tasa de emisión de la fuente se puede determinar comparando las concentraciones medidas dentro de los límites de la columna de humo con el perfil del patrón de concentración promedio a más largo plazo dentro de los límites de la columna de humo, y atribuyendo las desviaciones del perfil promedio a largo plazo a los cambios en la tasa de emisión de la fuente.

De acuerdo con un aspecto, la elevación de una fuente emisora puede determinarse proyectando la trayectoria de una columna de humo en el plano vertical de regreso a la localización de la fuente desde uno o más puntos de observación.

Como se describirá con mayor detalle a continuación, afirmando uno o más candidatos para fuentes de emisión potenciales, y luego determinando una o más características asociadas, es decir, tamaño, variabilidad, elevación, flotabilidad, impulso de salida, perfil de concentración de la columna de humo y punto meteorológico, área o múltiples fuentes, al proyectar una o más columnas de humo hacia atrás a lo largo de una o más trayectorias de columna de humo (es decir, correspondientes a una o más posiciones de observación) proporciona la capacidad de predecir la presencia de una o más fuentes emisoras en función del acuerdo, por ejemplo, convergencia, de uno o más candidatos para fuentes potenciales de emisión.

Además de columnas de humo o segmentos de columnas de humo, las lecturas individuales o grupos de lecturas (y el flujo asociado por unidad de área de huella de sección transversal) se pueden proyectar a lo largo de la trayectoria o camino recorrido desde un puntos de observación único, múltiples o móviles para determinar una o más localizaciones potenciales de fuentes de emisión. Se puede afirmar la existencia de una o más fuentes de emisión, es decir, determinar, basado en el acuerdo de las observaciones, por ejemplo, múltiples observaciones desde una sola posición a lo largo del tiempo, u observaciones desde múltiples posiciones u observaciones desde puntos móviles.

Configuración de muestreo

De acuerdo con una realización de la invención, mediciones de concentración de aire de una emisión en particular,

por ejemplo, un contaminante del aire, se pueden recopilar en múltiples localizaciones sobre un área de interés. Se pueden recopilar múltiples mediciones utilizando un solo sensor, múltiples sensores estacionarios, uno o más sensores móviles, o uno o más analizadores estacionarios que extraen muestras de aire de localizaciones separadas. El área que se está monitorizando puede variar desde muy pequeña en el rango de decenas de metros hasta muy grande, por ejemplo, más de decenas de kilómetros (el límite de rango es desconocido). Cuanto mayor sea el área a monitorizar, más deben estar espaciados entre sí los localizaciones de medición de la concentración de contaminantes del aire para mejorar la triangulación. Por certeza, mientras que el lugar geométrico de las mediciones de concentración de contaminantes en el aire define un área interior, espaciar las localizaciones de medición entre sí, también permite la detección de fuentes contaminantes fuera del locus.

La figura 1 muestra un sistema de monitorización de muestras de aire 100 que tiene un paquete de equipos 110 que da servicio a un grupo 120 de entradas de muestras 130 de acuerdo con la realización de la invención.

Las muestras de aire se extraen de cada entrada de muestra 130 por las líneas de muestreo 132 que pueden incluir tubos de pequeño diámetro (plástico o similar), en el paquete de equipo 110. Las entradas de muestra 130 se pueden colocar en cualquier lugar con respecto al paquete de equipo 110. Sin embargo, la fricción acumulada entre las muestras de aire dentro de las líneas de muestra 132 y las paredes de la línea de muestra puede limitar la longitud de las líneas de muestra 132. Además, diferentes compuestos tienen diferente adhesión a la pared dependiendo en gran medida del tamaño y peso molecular del compuesto y, por lo tanto, diferentes compuestos tardan un tiempo ligeramente diferente en viajar a lo largo de una línea de muestra. El tiempo real de viaje por una línea de muestra se puede determinar empíricamente.

La figura 2 muestra elementos de una implementación de un sistema de análisis de muestras de aire de acuerdo con la realización de la invención, la paquete de equipo 110 incluye:

- líneas de muestreo 132 configuradas para transportar muestras de aire desde las correspondientes entradas de muestreo 130, cada línea de muestreo 132 puede incluir:
 - un filtro 140 configurado para filtrar los desechos (el filtro podría colocarse en el extremo de entrada de la línea de muestra para mantener también los desechos fuera de la línea de muestra);
 - una válvula (de aguja) 142 configurada para controlar la tasa de admisión de aire; y
 - un sensor de caudal 144 configurado para proporcionar una salida de caudal para el ajuste de la válvula 142;
- una línea cero 134 configurada para suministrar gas cero;
- una línea de tramo 136 configurada para suministrar gas que tiene una concentración conocida del contaminante objetivo a detectar;
- un colector de válvulas 150 configurado para acoplar un flujo de muestra de aire seleccionado desde una de las líneas de muestra 132 a una corriente de análisis de muestra 160;
- una fuente de vacío 152 configurada para extraer muestras de aire a través de las entradas de muestra de aire 132 y, por lo tanto, transportar las muestras de aire al paquete de equipo 110;
- un caudalímetro 162 configurado para medir el caudal de la muestra de aire en la corriente del analizador 160;
- al menos un analizador de muestras 164 configurado para recibir una muestra de aire de la corriente de análisis de muestras 160 y para realizar una medición en la muestra de aire, tales como, pero sin limitación, medir la concentración de un compuesto en particular (el analizador de muestras puede incluir su propia bomba); y
- un controlador 166 configurado para accionar válvulas del colector de válvulas 150, activar el al menos un analizador 164, recibir y registrar datos que incluyen, pero no se limitan a: una indicación de qué corriente de muestra de aire se está analizando en la corriente de análisis de muestra (posición de la válvula), tasa de flujo de muestra, concentración, tiempo de análisis de la muestra, la velocidad del viento y la dirección del viento.

De acuerdo con una implementación de acuerdo con una realización de la invención, el controlador 166 está además configurado para registrar tiempos de muestreo. Debido a las longitudes no triviales de las líneas de muestreo 132, el controlador 160 puede configurarse además para tener en cuenta el retraso de propagación de cada muestra de aire a lo largo de la línea de muestra 132. Para tal a fin, el controlador 160 puede emplear la salida de caudal proporcionada por el medidor de flujo 162, el diámetro interior de la línea de muestra 132 y la longitud de la línea de muestra 132 para proporcionar una estimación del tiempo de viaje de cada muestra de aire desde la entrada de muestra 130 hasta el analizador de muestra 164 en el paquete de equipo 110.

Para aplicaciones continuas de monitorización de aire, puede ser necesaria una muestra de aire fresco para cada análisis de muestra de aire realizado por el analizador de muestras 164. Particularmente en vista de líneas de muestra largas 132, se pueden aplicar muestras de aire fresco para enjuagar o eliminar el aire estancado en la línea de muestra. Cuando se conectan múltiples líneas de muestra 132 al paquete de equipo 110, es posible que solo se requiera una muestra de aire fresco durante el período de tiempo en que cada línea de muestra 132 se selecciona y se conecta a la corriente de análisis de muestra 160.

Sin limitar la invención, se puede lograr tener muestras de aire fresco para el análisis, por ejemplo, extrayendo continuamente muestras de aire para evitar el retraso de tiempo para despejar la línea de muestra 132, o iniciando la

extracción de una muestra de aire con suficiente antelación al análisis de la muestra para despejar la muestra anterior de la línea de muestra 132. Cuando no está conectado a la corriente de análisis de muestra 160, las líneas de muestra 132 se pueden conectar a la fuente de vacío 152 para mantener un flujo constante para entregar muestras de aire fresco por las líneas de muestra 132 mientras cada línea de muestra 132 espera su turno para entregar una muestra de aire a la corriente de análisis de muestra 160, que puede entregar la muestra a un caudal constante. La fuente de vacío puede incluir una bomba de vacío, y la longitud de las líneas de muestra 132 puede estar limitada por la capacidad de la bomba de vacío para extraer muestras de aire a través de las líneas de muestra 132.

Sin limitar la invención, cada línea de muestra 132 se puede seleccionar de acuerdo con una disciplina de selección, a través del colector de válvulas de selección 150, acoplarse a la corriente de análisis de muestras 160. Dependiendo de la implementación particular, el colector de válvulas 150 puede incluir válvulas de solenoide, por ejemplo, una serie de pares de válvulas de 2/2 vías o una serie de válvulas de 3/2 vías.

Opcionalmente, los medidores de caudal 144 pueden incluir rotámetros empleados para proporcionar una confirmación visual del flujo de aire por las líneas de muestra 132.

El paquete de equipos se puede adaptar al equipo de monitorización de aire existente conectando el flujo de análisis de muestra al equipo de monitorización de aire existente.

Segundo prototipo de paquete de hardware

Para algunas configuraciones del equipo descrito anteriormente, la suposición de flujo constante y estable en las líneas de muestra 132 puede no ser válida, y medir solo el caudal en la línea de muestra 132 que estaba entregando una muestra a la corriente de análisis de muestras 160 puede no ser completamente exacto. Por lo tanto, pueden ser necesarios ajustes para cualquier cambio de caudal que pueda ocurrir en las líneas de muestra 132 durante los cambios de válvula o disminuciones a largo plazo en los caudales debido al desgaste de la bomba.

La figura 3 muestra elementos de otra realización del paquete de equipo 110 que incluye:

- una válvula multipuerto 154 (por ejemplo, válvula VICI número "H-EMT2SC16MWE" disponible de VICI Valco Instruments Canada Corp., 26 Water Street East, Brockville, ON K6V, 1A1, Canadá, Teléfono: (613) 342-2600, Llamada gratuita: (866) 297-2626, Fax: (613) 342-0111, canada@vici.com, www.vici.com) que tengan entradas a las que se conecten al menos algunos de los siguientes:

- las líneas de muestra 132,
- la línea cero 134, y
- la línea de tramo 136;

y salidas que incluyen:

- una línea de purga común conectada a la fuente de vacío 152, y
- una línea que conduce al flujo de análisis de muestras 160;
- una bomba de corriente de análisis de muestras 168 configurada para extraer una muestra de aire a través de la línea de muestra 132 seleccionada a través de la válvula multipuerto 154 para conectarse a la corriente de análisis de muestra 160;
- líneas de señalización 146 que conectan cada sensor de flujo 144 al controlador 166, estando además configurado el controlador 166 para ajustar las válvulas 142 para hacer coincidir los caudales de la línea de muestra con un caudal común seleccionado para todas las líneas de muestra, por ejemplo, para igualar el caudal de la bomba de flujo de análisis de muestras 168;
- válvulas de solenoide 148 en las líneas de cero y de tramo configuradas para cerrar los gases de cero y de tramo cuando no se usan para conservar los gases de cero y de tramo (a diferencia de las muestras de aire, los gases cero y de tramo no varían en concentración).

Muestreo remoto

De acuerdo con la realización de la invención, se seleccionan localizaciones para un grupo de entradas de muestreo 130 alrededor del área de interés. De acuerdo con una realización, las localizaciones de muestreo están separadas entre sí para permitir la triangulación en la localización de fuentes de contaminantes que puedan existir dentro o fuera del lugar de muestreo de aire.

Pueden emplearse entradas de muestra 130 situadas en varias elevaciones; al menos una entrada de muestra colocada al menos tan alta como la elevación de la fuga potencial más alta puede garantizar que las columnas de emisión no pasen por las entradas de muestra 130 sin ser detectadas.

De acuerdo con una implementación de acuerdo con una realización de la invención, se pueden emplear pares de

muestreo remoto. Cada par de muestreo puede incluir al menos dos entradas de muestreo 130 que preferiblemente tengan una amplia separación geográfica y cobertura del área de interés. En consecuencia, se pueden establecer subgrupos de grupos de localizaciones de muestreo que brinden cobertura para áreas monitoreadas de diferentes tamaños y a diferentes distancias. Por ejemplo, para grandes emisiones contaminantes liberadas a grandes distancias del lugar de medición de la muestra, cada par funciona como una medida puntual, mientras que al mismo tiempo proporciona monitorización para detectar fugas de contaminantes más pequeñas liberadas más cerca del lugar de medición de la muestra.

Calibración

Como etapa inicial, se realiza una calibración del analizador 164. El analizador 164 también se puede calibrar en el intervalo seleccionado (por ejemplo, una vez al día). La calibración implica proporcionar una muestra (gaseosa) que se sabe que está libre del compuesto que se va a detectar y registrar la respuesta del analizador (llamada lectura cero), seguida de la provisión de otra muestra que contiene una concentración conocida del compuesto que se va a detectar y registrar la respuesta del analizador, es decir, la lectura de tramo.

Con el fin de obtener la respuesta cero, el colector de válvulas 150 o la válvula multipuerto 154 y la válvula 148 en la línea cero 134 están configuradas para conectar la línea cero 134 a la corriente de análisis de muestra 160 y encender el gas cero. Con el fin de obtener la respuesta de tramo, el colector de válvulas 150 o la válvula multipuerto 154 y la válvula 148 en la línea de tramo 134 están configuradas para conectar la línea de tramo 136 a la corriente de análisis de muestra 160 y encender el gas de tramo.

Los factores de ajuste de calibración se obtienen comparando las respuestas cero y de tramo registradas del analizador 164 con los valores verdaderos, por ejemplo, 0 y 100 ppm. La respuesta de los instrumentos se puede corregir internamente a la lectura de cero y de tramo.

Recopilación de datos

La recopilación de datos sigue a la calibración, que puede ocurrir periódicamente durante la recopilación de datos. La figura 4 muestra datos sin procesar tabulados recopilados cada 10 segundos empleando una configuración de sensor estacionaria en la que la localización de las entradas de muestra 130 no cambia durante la recopilación de datos. Las posiciones de las válvulas corresponden a localizaciones de entrada de muestra asignadas previamente en términos de latitud, longitud y elevación para entradas de muestras estacionarias 130. La figura 5 muestra la recopilación de datos sin procesar tabulados utilizando una configuración de sensor (móvil), cada entrada incluyendo: latitud, longitud y elevación. Se mantiene un registro de las velocidades y direcciones del viento, a partir de la cual se puede seleccionar una medición previa de la velocidad del viento y una medición de la dirección del viento correspondiente en función del retardo del tiempo de propagación de la muestra de aire por una correspondiente línea de muestra 132, colector de válvulas 150, flujo de análisis de muestra 160 y posiblemente a través de al menos una porción del analizador 164.

La invención no se limita a un intervalo de recopilación de datos de 10 segundos, las frecuencias de recopilación de datos pueden oscilar entre menos de 0,5 segundos y horas. Las lecturas de datos de concentración se promedian durante un intervalo de muestreo para reducir el ruido de la señal y posiblemente los errores de conversión de analógico a digital. Por ejemplo, las mediciones se pueden realizar a una frecuencia de 500 lecturas por segundo recopiladas y promediadas durante el período de 10 segundos. La concentración contaminación se puede medir en partes por millón (ppm). Los datos de concentración recopilados durante un intervalo de calibración se pueden ajustar con las lecturas de calibración obtenidas para ese intervalo de calibración ya sea por el analizador de muestras 164 o como una etapa de procesamiento posterior a la medición realizado por el controlador 166.

A medida que cambian las posiciones de la válvula para conectar una línea de muestra 132 diferente a la corriente de análisis de muestra 160, se emplea un período de transición durante el cual al menos la corriente de análisis de muestra 160 y el analizador 164, puede purgarse de la muestra de aire anterior contenida en el mismo. Todas las lecturas tomadas durante el período de transición se descartan, o la lectura de la medición puede pausarse por la duración del mismo. Se puede utilizar cualquier estrategia de muestreo para mejorar el límite de detección de los detectores, como extraer una muestra grande a través de un absorbente y luego desorberla periódicamente.

Calculando la dirección del viento

En el seguimiento de las fuentes de emisión, puede ser necesaria una caracterización precisa del movimiento del aire (impulsado por el viento) que impulsa las columnas contaminantes desde las fuentes emisoras hasta las entradas de muestra de aire 130 en correspondientes ubicaciones de medición. De acuerdo con la realización de la invención, la velocidad y la dirección del viento no se suponen constantes, y la velocidad y la dirección del viento reales se incluyen para determinar la localización de las fuentes contaminantes. Como se ha descrito anteriormente, la velocidad y dirección del viento se pueden medir en cada localización de entrada de muestra de aire 130 o en un número reducido de localizaciones. Después de la medición de las características de la velocidad del viento, tales como, pero no limitado a: lecturas de velocidad y dirección del viento, las características del viento se correlacionan con las correspondientes lecturas de concentración realizadas por el al menos un analizador 164. La correlación de las características del viento

puede tener en cuenta el tiempo de recorrido de la muestra de aire a lo largo de las líneas de muestreo 132 desde las entradas de muestra de aire 130 y el tiempo de recorrido sobre el área de interés.

A modo de ejemplo y sin limitar la invención, la velocidad del viento la proporciona un anemómetro como la velocidad de rotación de una rueda que hace girar el viento, y la dirección del viento puede proporcionarse mediante la salida de un codificador que codifica la orientación de una rueda conectada a una veleta. Ambas salidas se pueden proporcionar al controlador 166 como se describe anteriormente, normalmente como señales electrónicas, ya sean analógicas o digitales. Dependiendo de condiciones atmosféricas, también se tiene en cuenta la velocidad vertical del viento.

Corrección de la dirección del viento

La precisión de la triangulación puede depender de la precisión de la dirección del viento medida. Varios aspectos de la dirección del viento pueden necesitar corrección: errores internos del medidor de viento, errores externos del sensor de viento y posiblemente ajustando la lectura del rango de salida al rango de cero a 360.

Correcciones internas: para un sensor de viento que emplea un potenciómetro para codificar la dirección de la veleta, cuando la veleta apunta hacia el norte, puede haber errores internos en el posicionamiento del potenciómetro y otros componentes electrónicos que miden la dirección, lo que daría como resultado que la salida no equivalga a 360 grados. Hay errores adicionales que pueden resultar en la señal eléctrica (corriente o tensión) del sensor de viento y registrada en el archivo de datos. La corrección necesaria se determina conectando el sensor de viento en el campo a la longitud del cable y el registrador de datos que se usará en la configuración (esto asegura que cualquier cambio o degradación de la señal eléctrica se incluya en la calibración) y luego el viento paleta posicionada en las posiciones conocidas de Norte, Sur, Este y Oeste con la mayor precisión posible. Algunos sensores de viento utilizan un sistema de codificación de potenciómetro dual que registra la dirección del viento de 0 a 540 grados, en este caso, el sensor se puede girar para registrar la salida en cada intervalo de 90 grados (es decir, 0, 90, 180, 270, 360, 450 y 540). Un valor de corrección se determina trazando las lecturas esperadas y reales, esta corrección normalmente tiene la forma $y = mx + b$ y, en algunas situaciones, es posible que m sea 0, por lo que la corrección será una constante que se aplicará a todas las lecturas.

Corrección externa: la corrección externa se proporciona porque al colocar y asegurar el sensor de viento en el campo es imposible que apunte exactamente en la dirección correcta y generalmente se requiere un ajuste. El tamaño del ajuste necesario se determina mirando a lo largo de la veleta a cierta distancia (centenas de metros) y encontrando hacia dónde apunta la dirección Norte (y/o Sur) y midiendo la distancia del norte o sur verdadero y calculando el número de grados necesarios para corregir las lecturas. Esta corrección puede ser típicamente una corrección constante.

Ajustamiento: si se informan las lecturas más allá de 360 grados, estos pueden convertirse o ajustarse nuevamente al rango de 0 a 360.

La figura 6 resume el cálculo de asignación de medición de viento requerido para correlacionar los datos de dirección y velocidad del viento con las lecturas de concentración correspondientes.

La velocidad y la dirección del viento no son estables en el tiempo y pueden variar segundo a segundo moviendo un volumen de aire 200 a lo largo de un camino no lineal 210 desde la fuente emisora hasta la entrada de muestra 130. Las obstrucciones como la topografía del terreno y los edificios pueden hacer que el viento no sea lineal, y el conocimiento de la geometría de dichas obstrucciones puede mejorar el seguimiento de la trayectoria del aire. En consecuencia, las estimaciones de la velocidad y la dirección del viento están relacionadas con las lecturas individuales del analizador 164. La frecuencia de las lecturas puede ser tan alta como una vez cada segundo o cada medio segundo porque se descubrió que los efectos del viento desplazan las columnas en esta escala de tiempo. Las lecturas del analizador reflejan la concentración de compuestos contaminantes en un volumen de aire 202 que ha pasado por el analizador 164, por la línea de muestra 132, aspirado del volumen de aire (200) que ha sido soplado sobre el área de interés 230 arrastrando moléculas del compuesto contaminante emitido por fuentes desconocidas de emisión de contaminantes en el área de interés 230. Las lecturas del analizador 164 están relacionadas con las lecturas del sensor de viento.

De acuerdo con una realización de la invención, se proporciona un proceso de mayor nivel para tener en cuenta la variabilidad del viento siguiendo la camino no lineal 210 de un volumen de aire 202 desde los puntos de muestreo 130 hasta la área de interés 230, retrocediendo en el tiempo y hacia afuera en el espacio desde el punto de muestreo 130 ajustando el camino y la concentración con cada etapa para las condiciones cambiantes del viento (tenga en cuenta que las concentraciones se ajustarían para reflejar la dispersión que ocurre cuando la columna viaja a favor del viento). Cada concentración de contaminación medida por el analizador 164 tiene en cuenta el grado en que los cambios en la velocidad del viento han afectado la muestra de aire que atraviesa el camino 210 hacia afuera y contra el viento desde la entrada de muestra 130. La concentración de un contaminante aumenta a lo largo del camino 210 a medida que se recorre hacia atrás, hacia la fuente, debido a la dispersión (natural) que se produce. Una técnica de mapeo establece una gran cantidad de caminos generados con muestreo de alta frecuencia (es decir, aproximadamente 100

mil por día, por localización de entrada de muestra 130 en un segundo muestreo) desde múltiples entradas de muestreo remotas 130. La combinación de todos los caminos que atraviesan cada parcela de terreno que se está cartografiando y el promedio de las concentraciones a lo largo de dichos caminos 210 correspondientes a todos los caminos desde las diferentes entradas de muestra 130 se pueden emplear para predecir la(s) localización(es) de la(s) fuente(s) emisora(s) de contaminantes. Los caminos 210 con altas concentraciones de compuestos se congregan en terrenos que contienen fuentes de emisión.

De acuerdo con otra realización de la invención, y como una simplificación de lo anterior, se emplea una velocidad del viento representativa en la que la camino no lineal 210 se puede reemplazar con el vector lineal 212 que estima la velocidad y dirección promedio del viento durante el tiempo de viaje del volumen de aire 200 desde el área de interés 230 hasta la entrada de muestra 130. También se calcula una medida de la desviación estándar de la velocidad y la dirección del viento para proporcionar una estimación de la precisión de la suposición de linealidad del camino del flujo no lineal 210. La suposición de linealidad puede tener más error a baja velocidad del viento debido a tiempos promedio más largos y posiblemente debido a una dirección más inestable del flujo del viento (es decir, el viento a baja velocidad puede estar sujeto a cambios de dirección más radicales que el viento a alta velocidad). Además del tiempo de recorrido, que se calcula como la distancia 214 sobre la velocidad del viento, aumenta drásticamente en función de la velocidad recíproca del viento y a bajas velocidades (es decir, el aire que se mueve a baja velocidad tarda mucho más en llegar al punto de muestreo 130 y da como resultado un tiempo promedio más largo sustancialmente igual al tiempo de recorrido). El resultado del cálculo de la desviación estándar se usa para filtrar las lecturas del análisis que ocurren cuando la dirección del viento cambia demasiado para una predicción precisa del camino del flujo 210/212. Esta técnica identifica los datos del viento que predicen con precisión los efectos del viento y elimina los datos que no lo hacen. Los datos precisos de vientos bajos pueden ser muy valiosos para ubicar fuentes de emisión a grandes distancias si la dirección del viento es estable. Con conocimiento de la geometría de la topografía, edificios y otros obstáculos, la trayectoria de la columna de humo se puede suponer lineal y corregida por el movimiento alrededor de los obstáculos. Con esta técnica, se usa una estimación de la distancia 214 desde el área de interés hasta la entrada de muestra 130 para determinar la duración del promedio necesario. Se encontró que la distancia al área monitoreada puede ser bastante aproximada. Una precisión ($\pm 50\%$) de la distancia supuesta no parece tener un impacto importante en la predicción de la velocidad del viento promedio representativa porque; a alta velocidad del viento, la dirección del viento es más estable, y a baja velocidad del viento porque los tiempos promedio son tan largos que la variabilidad en la dirección del viento bajo se promedia. Se puede usar una primera suposición aproximada de la distancia para identificar las fuentes y luego obtener una estimación mucho mejor de la distancia a cada fuente. En un modo iterativo, los datos se pueden analizar nuevamente usando las mejores medidas de distancia a cada fuente para enfocar mejor el análisis (tal vez incluso aumentando los incrementos de la dirección del viento a una precisión de una décima de grado en las ejecuciones de investigación). Este enfoque puede servir para mejorar la localización, dimensionamiento y caracterización de las fuentes.

De acuerdo con otra realización de la invención, se proporciona un enfoque iterativo, en el que se usa una estimación inicial aproximada de la distancia para establecer una primera estimación de la distancia a la(s) fuente(s) de emisión y luego se calcula una distancia más precisa y se usa en otra ejecución.

En una etapa posterior, se puede hacer un ajuste para el tiempo de recorrido de la muestra de aire 202 desde la localización de la entrada de muestra 130 hacia la línea de muestra correspondiente 132 a través del paquete de equipo 110 y al analizador 164. El tiempo de viaje de la muestra de aire 202 por la línea de muestra 132 se puede medir empíricamente aspirando una muestra 202 de concentración conocida en la entrada de muestra 130 y cronometrando el tiempo necesario para que las lecturas del analizador 164 respondan con la llegada de la muestra de aire. Alternativamente, el volumen interno de la línea de muestra 132 (área de la sección transversal de la línea de muestra multiplicada por la longitud de la misma) se puede dividir por el caudal de muestra extraído a través de la línea de muestra 132 y sumando el tiempo necesario para que el analizador 164 responda a una muestra que ingresa al analizador 164. El tiempo de viaje de las muestras de aire por la línea de muestra 132 es típicamente único para cada posición de la válvula.

De acuerdo con una implementación, el analizador 164, las lecturas de concentración de contaminantes están relacionadas con la velocidad y dirección del viento en una entrada 130 correspondiente de la siguiente manera: cada lectura de concentración se relaciona con un vector de viento representativo ($t-t_1$ a $t-(t_1+t_2)$) dado que:

- 130 - Entradas de muestras remotas
- 200 - Volumen hipotético de aire que viaja desde el área de interés hasta la entrada remota.
- 210 - Camino no lineal del volumen de aire impulsado por el viento W_s - La velocidad del viento
- W_d - La dirección del viento
- 212 - Vector de viento medio (velocidad, dirección) durante el tiempo de viaje ($t-t_1$ a $t-(t_1+t_2)$)
- 164 - Detector de analizador
- 214 - Distancia desde el área de interés hasta la entrada de muestra remota
- 132 - Tubo de muestra que va desde la entrada de muestra remota 130 al analizador 164
- 230 - Área de interés
- t: tiempo de integración
- t_1 - tiempo de viaje de la muestra desde la entrada 130 hasta el analizador de muestras 164 = (volumen del tubo

de muestra) / (tasa de flujo)

t2 - tiempo de viaje de 200 desde el área de interés 230 a la muestra en 130 dividido la velocidad del viento representativa

5 Llenar la tabla de velocidades y direcciones del viento

En una etapa posterior se determina la variación de la concentración del contaminante con la velocidad y dirección del viento. La figura 7 muestra lecturas de concentración representadas frente a la velocidad y dirección del viento en un gráfico tridimensional. La figura 7 muestra una superficie promedio a través de la nube de datos, y la figura 8 muestra una superficie de concentración promedio sin los puntos de datos. La superficie de variación de la concentración de contaminante promedio (o mediana) refleja las características de la columna de humo, la figura que muestra la asociación de condiciones de poco viento con altas concentraciones de contaminantes, y la disminución de la concentración de contaminantes con el aumento de la velocidad del viento, a menos que el viento sople en la dirección de una fuente de contaminación, en cuyo caso la concentración de contaminantes disminuye con la distancia de separación y aumenta con la velocidad del viento.

Cada contaminante mapeado puede tener una superficie correspondiente para cada localización de entrada de muestra. Por ejemplo, extraer muestras de aire en seis localizaciones de entrada de muestra y emplear tres analizadores 164 para medir las concentraciones de contaminantes correspondientes daría como resultado 18 gráficos de este tipo. Por ejemplo, la superficie que se muestra en la figura 8 se generó a partir de datos recopilados durante 5 semanas de mediciones promediadas en intervalos de 10 segundos y graficadas.

Haciendo referencia a la figura 6, las medidas de concentración se convierten en una superficie.

Como etapa inicial, para cada compuesto analizado y para cada entrada de muestra remota se define un conjunto de contenedores/registros, contenedores que almacenan mediciones de datos de concentración para cada combinación de velocidad y dirección del viento. Por ejemplo, si se considera un viento de 0 a 50 kph con una resolución de incrementos de un kph y una dirección del viento de 0 a 360 grados con incrementos de un grado, luego 18.000 (360*50) registros o contenedores para permitir cualquier combinación de velocidad y dirección del viento.

Cada lectura registrada del analizador 164 se asigna a un contenedor en función de los contaminantes medidos, la localización de muestreo remota y la velocidad y dirección del viento representativas que afectaron el volumen de aire del que se extrajo la muestra a medida que viajaba sobre el área de interés hasta la entrada de muestra remota. Los conjuntos de datos generados previamente se recorren paso a paso a través de un registro a la vez y cada lectura de concentración se asigna al contenedor apropiado.

Los valores digitales de la superficie a todas las velocidades y direcciones del viento se obtienen promediando (o mediana) las mediciones de concentración acumuladas en los contenedores. Se requiere un número adecuado (grande) de mediciones de concentración en cada contenedor para obtener una superficie promedio y digitalizada debido a la naturaleza inestable de las mediciones de concentración de aire. Esta naturaleza inestable es evidente en la figura 8 anterior, donde el nivel promedio en la superficie se representa junto con las mediciones individuales, donde las mediciones de concentración individuales se muestran dispersas muy por encima y por debajo de la superficie de concentración promedio.

45 Ajuste de la superficie digital

Es posible que sea necesario realizar los ajustes en la superficie de concentración promedio de contaminantes asumiendo que a baja resolución, la superficie real es continua y suave sin cambios escalonados en la concentración con la variación de la velocidad y la dirección del viento. La superficie debe ser generalmente continua debido a la dispersión del contaminante en las columnas de humo de emisión a medida que el aire viaja desde la fuente de emisión del contaminante hasta la localización de la entrada de muestra. Una suposición razonable porque esencialmente establece que la concentración a una velocidad y dirección del viento está vinculada a la concentración a la misma velocidad del viento pero con una diferencia de un grado. Esto significa que la concentración real medida con respecto a un contenedor debe ser similar a la del contenedor vecino.

Basándose en las suposición anteriores, las lecturas almacenadas en contenedores vecinos del registro pueden ayudar a predecir la verdadera válvula de la superficie en un contenedor. El ajuste combina las lecturas almacenadas en un contenedor con las medidas mantenidas en contenedores vecinos (esto se hace a través de intervalos ajustables preestablecidos, por ejemplo, tres contenedores a lo largo de la dirección del viento creciente y decreciente y cuatro contenedores a lo largo de la velocidad del viento creciente y decreciente). Cuanto mayor sea el intervalo, mayor será el suavizado de la superficie real. El suavizado puede reducir el ruido en los datos, pero también puede redondear cualquier característica nítida en la superficie real.

Para reducir el alisado perjudicial de la superficie real que se produce con el ajuste anterior, se pueden emplear técnicas de ponderación promedio teniendo en cuenta la proximidad de los contenedores considerados, dando más influencia a los contenedores vecinos que están más cerca en velocidad y dirección del viento al contenedor en

cuestión.

Con el fin de caracterizar únicamente las fuentes emisoras de contaminantes, las concentraciones de fondo del contaminante monitoreado se restan de la superficie de concentración promedio.

Cálculo del flujo por unidad de área

El flujo es el flujo de fluidos que pasa por una superficie. Una fuente emisora genera una columna de humo contaminante impulsada por el movimiento del aire y que se expande debido a la dispersión. Cuando la columna de humo cruza un límite, la tasa de flujo de contaminante o el flujo del contaminante a través del límite corresponde a la tasa de emisión del contaminante siempre que la tasa de emisión sea constante suponiendo que el contaminante no se crea ni se destruye a medida que viaja. El flujo de una columna de humo contaminante se emplea para cuantificar la tasa de emisión de una fuente de emisión correspondiente. El producto entre la concentración de contaminantes y la velocidad del viento da una indicación del flujo por unidad de área. Si se conociera el área de la columna de humo que pasa por el límite, entonces $\text{flujo} = \text{concentración} \times \text{velocidad del viento} \times \text{área de la columna de humo}$. Cada columna de humo puede ser aproximada con una forma adecuada, por ejemplo, una columna de humo cónica, en la naturaleza no necesariamente de una sección transversal perpendicular circular.

Por lo tanto, se deriva un flujo promedio correspondiente por unidad de área de superficie a partir de la superficie de concentración de contaminante promedio que se muestra en la figura 8, multiplicando cada valor de concentración de contaminante por la velocidad del viento correspondiente. Las figuras 8 y 9 ilustran los límites ilustrativos de la columna de humo, trayectorias y perfiles de flujo y concentración, y las figuras 10 y 11 proporcionan una representación simplificada de la figura 9.

Con el fin de caracterizar únicamente las fuentes emisoras de contaminantes, las concentraciones de fondo del contaminante monitoreado se restan de la superficie de concentración promedio antes de calcular el flujo por área.

Cálculo de gráficos vectoriales

Esta etapa implica promediar la tabla de flujo por área para cada incremento de la dirección del viento. Esto dará como resultado una estimación del flujo por área o el valor de la sección transversal de la huella de la columna de humo para cada dirección del viento y se puede trazar como se muestra en la figura 10. Como se muestra, hay cierta dirección del viento con valores de flujo/área cercanos a cero (no hay fuentes interceptadas (la columna de humo puede pasar por encima) en esas direcciones) y otras direcciones con niveles elevados (fuentes en esas direcciones). Normalmente, los picos predominantes en el gráfico se correlacionan con la dirección desde la localización de entrada de la muestra hasta la fuente de una fuente de emisión importante. La línea central (a 265 grados) refleja la trayectoria o dirección de la columna de humo hacia la fuente de emisión que provoca el pico más grande. Los bordes del pico, marcados con líneas discontinuas, generalmente corresponden a los límites laterales o al borde de la columna de humo; por ejemplo, el ancho de la columna de humo se mide a 39 grados (este es el ancho angular adimensional de la columna de humo).

De acuerdo con una aplicación de la invención, al menos una distribución de flujo pico local predominante a lo largo del componente direccional de la velocidad del viento se identifica en el gráfico de la variación del flujo de contaminantes diluidos por unidad de área. Cada distribución de flujo pico local se caracteriza con respecto a una magnitud de flujo pico, una trayectoria o dirección prevaleciente y un ancho azimutal máximo o ancho angular adimensional. También se determina la altura angular adimensional y otras características, por ejemplo, como se describe en mayor detalle a continuación.

Se puede realizar un análisis de rechazo de señal a ruido para identificar picos en los datos de flujo del fondo o el ruido.

La caracterización de cada distribución de flujo pico predominante puede incluir el ajuste de la distribución de flujo pico a una función de distribución pico. Las funciones de distribución máxima incluyen, pero no se limitan a: distribución normal, una distribución gaussiana, una distribución lambda, una distribución exponencial o una distribución escalonada. Por ejemplo, para una distribución gaussiana, la dirección predominante es el punto medio de la distribución gaussiana y el ancho azimutal (angular) está entre uno sigma y tres sigma desde el punto medio, y la magnitud máxima es la altura de la distribución gaussiana ajustada. Como otro ejemplo, para una distribución lambda la dirección predominante es la mediana, el ancho está entre uno sigma y tres sigma fuera de la mediana, y la magnitud máxima es la altura de la distribución lambda ajustada.

Cuando no se emplea el ajuste, caracterizar la distribución pico predominante incluye seleccionar un par de valores de flujo a los lados del pico predominante de la distribución sujeto a un valor de flujo umbral mínimo por encima del flujo de contaminante diluido ambiental y establecer la dirección predominante como la dirección promedio del par de valores de flujo.

Como alternativa, caracterizar la distribución pico predominante de la variación direccional del flujo de contaminante

diluido por unidad de área incluye seleccionar un par de valores de flujo direccional a los lados del pico predominante de la distribución de la variación direccional del flujo de contaminante diluido por unidad de área dentro de un umbral por encima del contaminante ambiental diluido y estableciendo la dirección predominante como la dirección media de la variación de flujo entre el par de valores de flujo.

5 Teniendo en cuenta las diferencias a lo largo de la velocidad del viento y los ejes de dirección

La figura 10 es un gráfico que muestra la variación de flujo promedio con la dirección del viento, donde los valores de flujo a todas las velocidades del viento se promedian y se representan frente a la dirección del viento. Examinar el pico predominante que aparece en los gráficos vectoriales de la figura 10 (entre 244 y 285 grados) con respecto a la velocidad del viento proporciona más información sobre las características de la columna de humo. La figura 11 muestra un gráfico de la suma de los valores de flujo/área entre 246 y 285 grados frente a la velocidad del viento. El gráfico muestra la huella de la columna de humo en la entrada de muestra 130 a diferentes velocidades del viento. La figura 12 muestra una representación pictórica de cómo el viento puede cambiar la posición de una columna de humo en la dirección vertical para los contaminantes flotantes y dar como resultado que se aspiren muestras de aire de diferentes concentraciones de contaminantes en una entrada de muestra estacionaria 130. La figura 11 predice que el borde inferior o límite de la columna de humo cruza la entrada de muestra 130 a una velocidad del viento de aproximadamente 7 km/h y el borde superior o límite de la columna de humo cruza a una velocidad del viento de 30 km/h. El centro de la columna de humo cruza a una velocidad del viento de 20 km/h. La figura 11 muestra el valor máximo de flujo/área de 0,339 103m³/año/m². Estos límites en términos de la velocidad del viento se pueden convertir en una altura de columna de humo angular adimensional, por ejemplo, como se describe a continuación. Como se indicó, la altura de la columna de humo se puede calcular o asumir (también se asume en relación con el ancho).

25 El ancho de la columna de humo en la figura 10 probablemente sea diferente a diferentes velocidades del viento. Esto quiere decir que a medida que uno se mueve a lo largo de la curva en la figura 11, el ancho de la columna de humo puede cambiar (típicamente más estrecho a mayor velocidad del viento, sin embargo, con vientos en calma muy bajos, las columnas pueden ser más estrechas que en algunas condiciones de vientos más altos, ya que el flujo puede ser más laminar).

30 Los niveles promedio de concentración de contaminantes frente a la velocidad del viento para la dirección del viento que coincide con una fuente significativa pueden proporcionar información valiosa sobre la contribución que tiene la fuente de emisión en condiciones de poco viento. Esto puede ser útil para compuestos donde las altas concentraciones causarán problemas, por ejemplo, contaminantes peligrosos, contaminantes de olor o contaminantes inflamables. Pueden ser útiles los gráficos de la concentración frente a la velocidad del viento en la dirección de las fugas importantes. Estos se producen a partir de promedios de columna entre las direcciones del viento de una columna de humo de las gráficas de concentración promedio ajustadas, por ejemplo, como se representa en la figura 8.

Triangulación para localizar fugas

40 Las direcciones o trayectorias hacia las fuentes importantes identificadas por los picos predominantes en la(s) gráfica(s) vectorial(es) figura 10 se proyectan hacia afuera desde cada una de las localizaciones de entrada de la muestra. En algún lugar a lo largo de la línea de cada vector proyectado (la dirección predominante del viento representativa de la distribución del flujo máximo) puede haber una fuente de emisión importante. Los vectores de las diferentes localizaciones de entrada de muestra pueden cruzarse en las proximidades de la fuente de emisión de contaminantes. La figura 13 muestra esquemáticamente la predicción de la localización de una fuente emisora de contaminantes por triangulación desde dos localizaciones de entrada de muestra. Debido a que se proyectan múltiples vectores desde cada localización de entrada de muestra, algunas trayectorias pueden cruzarse en localizaciones que no son fugas (fugas fantasma). Cuando se emplean más de dos localizaciones de entrada de muestra, la confianza en la predicción de localizaciones de fugas aumenta si tres o cuatro vectores se cruzan en una parcela de tierra. De acuerdo con una aplicación de la invención, se deriva una tasa de emisión de una fuente de emisión de contaminantes candidata correspondiente a cada localización de entrada de muestra en función de la variación correspondiente del flujo de contaminante diluido por unidad de área de huella de la sección transversal de la columna de humo, se presume que cada fuente candidata está ubicada en la parcela de tierra. Se comparan los valores de tasa de emisión de un grupo de fuentes candidatas. Y la localización de la fuente de emisión de contaminantes en la parcela de tierra se afirma con base en un acuerdo sustancial entre un subgrupo de índices de emisión de fuentes candidatas del primer grupo de fuentes candidatas. El subgrupo puede incluir a todo el grupo, y la afirmación se puede hacer cuando el número de tasas de emisión de fuentes candidatas acordadas supera un umbral, por ejemplo, en función de las características de emisión descritas anteriormente.

60 También se puede correlacionar un mapa del área que se está monitoreando con las localizaciones de entrada de muestras. La figura 14 muestra los resultados reales de una instalación cuyas localizaciones de fuentes de emisión previstas se triangularon a partir de las localizaciones de entrada de muestra. Los cuadrados indican localizaciones de fugas estimadas y los círculos indican localizaciones de fugas confirmadas. Cuando una localización de entrada de muestra o una posición de observación no detecta columna(s) de humo en una dirección dada, esto es evidencia de que el área(s) correspondientes relacionadas con la dirección de observación o área de cobertura están libres de fuentes de emisión.

Cuantificar fuentes emisoras individuales

Con la localización de una fuente de emisión importante predicha arriba en la figura 13, se obtiene una estimación de la tasa de emisión de la fuga correspondiente a partir de los datos recopilados de la(s) entrada(s) de muestra 130. Un sumario de la cuantificación de fuga individual para esta fuga se muestra en el ejemplo representado en la figura 15 y se describe a continuación:

- la distancia desde la fuga importante (1088,8, 136,1) y la entrada de muestra remota (1193,5, 148,1) se calcula usando trigonometría

$$\text{distancia} = a = ((x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2)^{0,5}.$$

$$a = ((1088,8 - 1193,5)^2 + (136,1 - 148,1)^2)^{0,5} = 105,4 \text{ m}$$

- el ancho físico de la columna de humo en la entrada de muestra remoto está determinado por

$$\text{ancho} = c = (\text{seno}(\text{ancho de la columna de humo en grados de la figura 10}) * a$$

$$c = \text{sen}(39) * 105,4 \text{ m} = 66,3 \text{ m}$$

- el área de la columna de humo se calcula asumiendo un área de sección transversal circular = $\pi * (\text{ancho}/2)^2$

$$\text{columna de humo de área} = \pi * (66,3/2)^2 = 3452 \text{ m}^2$$

- la tasa de emisión es flujo/área * área de columna de humo donde el valor de flujo/área se determina a partir de la figura 11 (velocidad del viento versus flujo/área) y se toma como el valor máximo (0,339 103m3/año/m2). Se usa el valor máximo porque esta será la velocidad del viento donde el centro de la columna de humo es interceptado por la entrada de muestra remota y los valores trazados en la figura 11 son básicamente la integral de los valores de flujo/área a través del centro de la columna de humo que cuando se multiplica por el área de la columna de humo, se obtendrá la verdadera tasa de emisión.

$$\text{Tasa de emisión} = 3452 \text{ m}^2 * 0,339 \text{ 103m}^3/\text{año}/\text{m}^2 = 1171 \text{ 103m}^3/\text{año}$$

Se determinó que la localización real y la tasa de emisión de esta fuga eran (1084,0, 134,5) y 1035 103 m3/año.

En otra aplicación de la tecnología, la forma de la columna de humo no se considera circular. Hay muchas razones para que la forma de la columna de humo no sea circular, incluido el momento no uniforme en el punto de liberación, dispersando de manera no circular debido a la gravedad y otras fuerzas de dispersión, y las columnas de humo pueden no ser circulares si la fuente es una fuente de área (ciudad, estanque de relaves, etc.) o como resultado de la combinación de múltiples fuentes.

Como se ha descrito anteriormente, el ancho de la columna de humo angular adimensional se proyecta hacia afuera a la distancia correcta de la fuente para obtener la dimensión escalar del ancho de la columna de humo (plano horizontal). De forma similar, la altura angular adimensional de la columna de humo se puede proyectar hacia afuera a la distancia correcta para predecir la verdadera dimensión escalar de la altura de la columna de humo.

Un gráfico de flujo versus velocidad del viento de una columna de humo, por ejemplo, como se representa en la figura 11, junto con la velocidad vertical de la columna de humo (debido a la flotabilidad o el impulso) se utiliza para predecir el ángulo vertical de la columna de humo. Combinando la velocidad de la columna de humo vertical con la velocidad del viento en el punto medio, Los bordes delantero y trasero de la columna de humo se interceptan y dan tres vectores. La relación de estos vectores se puede utilizar para predecir la altura angular adimensional de la columna de humo. Cuando se proyecta a la distancia correcta (es decir, la verdadera distancia a la fuente), esto proporcionará la altura escalar real dimensionada de la columna de humo que será útil para predecir las características de la fuente.

Se apreciará que ser capaz de calcular tanto el ancho como la altura de la columna de humo de forma independiente permite la predicción de la forma de la columna de humo y una mejor cuantificación de las fuentes con columnas de humo no circulares. Esto también es útil para fuentes de área.

Se apreciará que el dispositivo también puede haber algún error. Por ejemplo, el tamaño de la columna de humo cambia con la velocidad del viento, por lo que cuando se intercepta el borde de ataque, será una columna de humo más grande que cuando se intercepta el borde de salida. El centro de la columna de humo también es detectable (figura 11 y figura 17), así como la forma de la columna de humo; con algunos parámetros de trabajo de confirmación de laboratorio se pueden desarrollar para predecir el perfil vertical de la columna de humo. Por ejemplo, puede ser que el ángulo entre el borde de ataque y el borde de salida de la columna de humo sea el más predictivo de las dimensiones verticales de la columna de humo. La forma de las curvas en las figuras 11 y 17 puede ser predecible, lo

que permitiría medir solo una parte de la figura y extrapolar el resto en situaciones en las que la columna de humo no está completamente interceptada.

Cuando las columnas de humo inciden en el suelo, los perfiles de concentración serán diferentes y no simétricos. Por ejemplo, una columna de humo que sale de una ciudad tendrá un borde de salida pero no necesariamente un borde de ataque. Esta técnica podrá caracterizar y formar columnas de humo independientemente de la forma y el perfil de concentración. Los puntos de observación en diferentes elevaciones también serán útiles para determinar los perfiles de concentración vertical porque esto no requiere que la columna de humo se mueva en el plano vertical (debido a la flotabilidad o al impulso) como lo hace el uso de una sola observación.

El siguiente es un ejemplo de cálculo de la altura de la columna de humo angular adimensional. A partir de la figura 11, el punto medio, el borde anterior y posterior de la columna de humo es interceptado a velocidades del viento de 20, 7 y 30 kph (5,6, 1,9 y 8,3 m/s). La fuente de la columna de humo y el punto de observación se ubicaron a 105 m de distancia horizontal y 27,7 m de distancia vertical. La velocidad de la columna de humo vertical es de 1,53 m/s (a partir del cálculo de la elevación de la fuente). Los ángulos del punto medio, borde anterior y posterior de la columna de humo son (arc tan (velocidad vertical/velocidad del viento horizontal) 15,4, 38,2 y 10,4 grados. El borde de ataque menos el borde de salida da 27,8 grados de altura de la columna de humo (tenga en cuenta que el ancho angular adimensional de la columna de humo se calculó en 39 grados). El borde de ataque al punto medio es de 22,8 grados, mientras que el punto medio al borde de salida es de 5,0 grados. Es probable que el ancho de la columna de humo cambie con la velocidad del viento, por lo que obtener la altura adimensional angular correcta puede requerir una ponderación basada en la forma de la curva de flujo versus velocidad del viento. Con estudios controlados que conozcan la dimensión vertical de la columna de humo, se podría desarrollar la ponderación adecuada en función de la capacidad de acuerdo con una realización para detectar el borde de ataque, borde de salida, punto medio y patrón de la distribución de flujo a través de la sección transversal de la columna de humo vertical para predecir el valor angular adimensional vertical.

De acuerdo con otro aspecto, la cuantificación de la fuente de emisión sin suponer una sección transversal circular se convierte en el cálculo del área de la columna de humo mediante la fórmula de una elipse ($\text{área} = \pi \cdot \text{alto}^2 \cdot \text{ancho} / 2$). Previamente, el ancho de la columna de humo se calculó en 66,3 m. La altura de la columna de humo se calcula utilizando la altura angular adimensional de 27,8 grados proyectada a 105,4 m (distancia desde la observación hasta la fuente).

$$\text{Altura de la columna de humo} = \tan(27,8) \cdot 105,4 = 49,1 \text{ m.}$$

De ello se deduce que el área de la columna de humo es:

$$\text{Área de la columna de humo} = \pi \cdot 66,3^2 \cdot 49,1 / 2 = 2559 \text{ m}^2$$

De ello se deduce que la tasa de emisión se calcula entonces como:

$$\text{Tasa de emisión} = 2559 \text{ m}^2 \cdot 0,339 \text{ 103m}^3/\text{año}/\text{m}^2 = 868 \text{ 103m}^3/\text{año}$$

La tasa de emisión calculada aquí es menor que la calculada asumiendo una columna de humo circular (1171 103m³/año) e inferior a la medida en el campo con una bolsa y un cronómetro (una medida de un punto en el tiempo). Sin embargo, la precisión de estas lecturas es difícil de determinar en este momento, esta técnica de medir la altura de la columna de humo tiene la ventaja de no asumir la forma de la columna de humo, lo que puede ser una gran fuente de error. Esta técnica también brinda la capacidad adicional de determinar el perfil de concentración a lo largo de la altura de la columna de humo, lo que brinda total flexibilidad para cuantificar columnas de humo de cualquier forma y perfil de concentración.

Se apreciará que se asumió una forma elíptica para la columna de humo porque provenía de una fuente puntual. Para cuantificar fuentes de área, se puede usar una columna de humo de forma rectangular y aplicar la altura y el ancho conduce a una mejor estimación de la tasa de emisión. Con estas columnas de humo de diferentes formas, el flujo promedio por unidad de área de huella de sección transversal solo será el máximo (como en la figura 11) si el perfil de concentración es simétrico al centroide de la columna de humo, si no es así, se requiere un promedio ponderado que refleje el perfil de concentración.

También es posible una buena cuantificación si todo el ancho de la columna de humo se desplaza sobre una entrada de muestra estacionaria 130 (o si una entrada de muestra móvil 130/paquete de equipo 110 cruza todo el ancho de la columna de humo). El perfil de la gráfica de flujo/área versus velocidad del viento (figura 11) puede proporcionar una buena indicación del ancho/extensión total de la columna de humo. Si el gráfico de la figura 11 muestra una distribución que aumenta y se estabiliza durante un tiempo y luego vuelve a disminuir, esto puede ser una indicación de que la columna de humo se desplazó en todo su ancho sobre la localización de entrada de la muestra. Si los niveles de flujo/área no alcanzan una meseta y luego descienden (es decir, simplemente aumentan continuamente), esto puede ser una indicación de que solo una parte de la columna de humo se desplazó sobre la localización de entrada de la muestra. La cuantificación es posible solo con una columna de humo parcialmente interceptada, pero puede requerir

suposiciones sobre la forma de la columna de humo y el perfil de concentración.

Se puede obtener una estimación de la tasa de emisión vista desde cada localización de entrada de muestra. De acuerdo con una implementación, la mayor tasa de emisión cuantificada de todas las localizaciones de entrada de muestra puede considerarse como la más precisa, suponiendo que la columna de humo se interceptó mejor desde esa localización de entrada de muestra. De acuerdo con otra implementación, la tasa de emisión promedio se considera la mejor estimación.

Puede pasar, dependiendo de la altura de una columna de humo contaminante y la altura de una entrada de muestra 130, esa flotabilidad impediría la recopilación de mediciones de concentración a lo largo y más allá de la huella de la sección transversal de la columna de humo completa, hasta cierto punto, esto puede verse afectado por las condiciones limitadas de velocidad del viento encontradas durante el tiempo en que se recogieron las mediciones de concentración. Si se tomaron muestras de toda la huella de la columna de humo en una entrada de muestra, se determina a partir de las superficies de flujo de la figura 9 al mismo tiempo que el ajuste (gaussiano o λ) de la superficie de flujo con respecto a la velocidad y dirección del viento descritas anteriormente en el presente documento. El grado R de ajuste puede emplearse como base para afirmar el grado de interceptación de la columna de humo. De lo contrario, el grado R de ajuste se puede emplear para determinar si la entrada de la muestra está por debajo o por encima de la columna de humo.

La suposición de que la sección transversal de la columna de humo es circular puede no ser siempre válida. Por ejemplo, una fuente no puntual (es decir, una fuente que tiene una abertura en forma de champiñón en el respiradero de un tanque o una fuente de área grande como una ciudad en un estanque de relaves) puede no tener una sección transversal de columna de humo circular; sin embargo, esta suposición puede mejorar al aumentar la distancia de separación. Una fuente de emisión a nivel del suelo puede tener una columna de humo que no tiene una sección transversal circular debido a los efectos del suelo en la distribución del viento (el viento disminuye más cerca del suelo). Esto puede distorsionar la parte inferior de la columna de humo y distorsionar la forma general de la columna de humo.

De acuerdo con una aplicación de la invención, la localización de una fuente contaminante se determina mediante la intersección de vectores que pasan por las localizaciones de entrada de la muestra en las direcciones predominantes correspondientes, calcular las tasas de emisión para las fuentes de emisión de contaminantes candidatas ubicadas en la intersección y afirmar la existencia de una emisión de contaminantes en base a un acuerdo sustancial entre las tasas de emisión de las fuentes de emisión de contaminantes candidatas. Para este fin, si se emplean más de dos localizaciones de entrada de muestra, luego se afirma el acuerdo sustancial entre un grupo de dos fuentes candidatas de emisión de contaminantes. Para un mayor número de localizaciones de entrada de muestras, el acuerdo sustancial se afirma para un subgrupo de posibles fuentes de emisión de contaminantes definido, por ejemplo, a través de un número umbral de posibles fuentes de emisión de contaminantes.

Múltiples columnas de humo (con todas las características de forma de columnas de humo, perfil de concentración, variación en el tiempo, trayectoria tanto horizontal como vertical) observados desde múltiples posiciones se proyectan a lo largo de la trayectoria y se agrupan para determinar el acuerdo. Todas o algunas de las posibles combinaciones de columnas de humo se pueden verificar para determinar la concordancia de la fuente prevista. Esto puede ser un gran número de combinaciones, por ejemplo, si hay ocho posiciones de observación, cada una de las cuales observa 15 columnas de humo, el número de combinaciones de dos o más es 8, elija 15, que es un número muy grande de cálculo que aumentará exponencialmente con un mayor número de posiciones de observación. El número de combinaciones de columnas de humo puede volverse inmanejable si se utilizan demasiados puntos de observación con demasiados columnas de humo observados. El número de combinaciones se puede reducir reconociendo que no todas las combinaciones son válidas (es decir, algunas trayectorias de columnas de humo no convergen, por lo que no es necesario considerarlas), así como también puede existir la posibilidad de hacer lotes de columnas de humo en función del predominio o la forma o variabilidad. Cada combinación de columnas de humo se puntúa de acuerdo con la concordancia en las características de la fuente consideradas.

Por ejemplo, la estimación de la posición de la fuente horizontal se puede predecir promediando las direcciones norte y este de todas las instancias de dos trayectorias que se cruzan y esta localización se puede calificar para el acuerdo sumando o sumando los cuadrados de la distancia perpendicular entre esta posición estimada y todas las trayectorias en el grupo.

De forma similar, se puede obtener una puntuación de la concordancia en las estimaciones de elevación.

Según la posición estimada, el tamaño de la fuente se puede estimar promediando el tamaño calculado para cada columna de humo observada en el grupo. Se puede calcular una puntuación relacionando la concordancia en las estimaciones de tamaño de cada posición de observación.

Se puede obtener una puntuación de la concordancia del tamaño sumando la diferencia o el cuadrado de la diferencia de cada tamaño estimado con respecto al promedio.

El acuerdo en la variabilidad de la fuente se puede calificar para ver si hay acuerdo en que la fuente es intermitente

(porcentaje de tiempo que está presente desde cada posición de observación) o la variabilidad en una fuga constante. También se puede obtener una puntuación de la concordancia en el perfil de concentración de la columna de humo.

- 5 Al calcular las fuentes estimadas a partir de todas las combinaciones de dos o más vectores proyectados desde la posición de observación y calificarlos de acuerdo con el acuerdo en las categorías de características y luego clasificar los puntajes (esta clasificación puede ponderarse hacia una característica u otra) habrá confianza para afirmar los presentes de fuentes en las fuentes candidatas mejor clasificadas. La figura 19 muestra un mapa generado de esta manera y basado en ocho posiciones de observación, denotado por referencias en forma de diamante indicadas por 1901, 1902, 1903, 1904, 1905, 1906, 1907, 1908. Como se muestra en la figura 19, hay agrupaciones de un pequeño número de fuentes altamente clasificadas (indicadas por las referencias 1910, 1912, 1913, 1914, 1915, 1916, 1917, 1918 y 1919) que probablemente sea una fuente. Se puede hacer una estimación de la localización real de la fuente con la ayuda de saber si hay componentes potencialmente emisores en el área en el área mapeada, por ejemplo, representado por los círculos a los que se hace referencia en 1920, 1922, 1924, 1926 en la figura 19.
- 15 Una vez que se localizan las fuentes predominantes con un alto grado de confianza, las columnas de estas fuentes se pueden eliminar en todos los puntos de observación y el análisis se ejecuta de nuevo (es decir, de forma iterativa). De esta forma, se puede reducir el efecto dominante de las fuentes más grandes y los columnas de humo asociados y caracterizar mejor las fuentes y características más pequeñas y sutiles.

20 Mapecto usando intersecciones

- Si existen múltiples fuentes de emisión de contaminantes, hecho que se determina por el número de picos de flujo predominantes en las gráficas de flujo de la figura 9, luego se definen grupos combinados únicos de vectores predominantes para incluir un vector predominante de cada entrada de muestra 130, y se utilizan subgrupos correspondientes a distribuciones de flujo máximas individuales en cada localización de entrada de muestra para determinar la existencia de una fuente en el lugar geométrico de las intersecciones del subgrupo de vectores.

Mapecto usando incrementos de arco estándar

- 30 Otra forma en que se pueden mapear las localizaciones de fuentes potenciales incluye el cálculo de una tasa de emisión para cada localización sobre el lugar geométrico de las entradas de muestra 130 utilizando los valores de flujo calculados a partir de los gráficos vectoriales anteriores. El área se divide en pequeñas parcelas. Sistemáticamente se recorren las parcelas y en cada parcela se hace lo siguiente:
- 35 - la dirección y la distancia desde el paquete hasta cada localización de entrada de muestras se determina mediante trigonometría;
 - utilizando el gráfico vectorial de cada localización de entrada de muestra, se determinan los valores de flujo/área asociados con la dirección desde el lugar de muestreo remoto hasta la parcela de tierra.
 - 40 - se calcula un tamaño de fuente incremental, que es el tamaño de una fuente que se necesitaría si esta parcela de tierra contuviera la fuente de emisión que estaba causando los valores de flujo/área medidos y representados en los gráficos vectoriales para un segmento estándar pequeño (es decir, un grado) de tal columna de humo. Esto se hace calculando un área de columna de humo asociada con este segmento estándar (igual a $\sin(\text{segmento estándar}) \times \text{distancia al monitor remoto} \times \text{altura supuesta de la columna de humo}$) y multiplicando por el valor de flujo/área del gráfico vectorial. Esto se hace para cada localización de entrada de muestra y dará como resultado un tamaño de fuente incremental correspondiente a cada sitio de monitorización remoto.
 - 45 - las estimaciones del tamaño incremental de la fuente de cada localización de entrada de muestra se utilizan para determinar si la parcela de tierra en cuestión es la localización de una fuente de emisión. Esto se hace analizando la distribución de las estimaciones, si todas las estimaciones del tamaño incremental de la fuente se agrupan estrechamente en torno a un valor común (es decir, una pequeña desviación estándar), entonces habría un alto nivel de confianza de que esta es la localización de una fuente de emisión. La estimación del tamaño es el promedio de las estimaciones incrementales del tamaño de la fuente. Los grados de confianza en el clima de que esta es una localización de fuga están determinados por la cantidad de estimaciones de tamaño incremental del número total posible de localizaciones de entrada de muestra que están de acuerdo.
 - 50 - En consecuencia, se puede obtener una estimación del tiempo de confianza en que se trata de una localización de fuga y el tamaño incremental de la fuga. En un mapa, las parcelas identificadas como probable localización de fuga pueden agruparse alrededor de una localización real de fuga. Se obtiene una estimación del tamaño total de la fuga sumando todos los tamaños incrementales de las fuentes en las parcelas agrupadas. La estimación de la localización real es el centroide de las parcelas agrupadas.
 - 55 - A cada parcela de terreno se le puede asignar un tamaño de fuga estimado y una confianza. El programa de mapeo dibuja el mapa de localizaciones de fugas al filtrar las fugas por debajo de cierto tamaño y nivel de confianza.
 - 60

En una parcela de tierra lejos de la fuente, las estimaciones también tendrían una pequeña desviación estándar, cerca de cero. Para tales casos, solo se determina la dirección a una fuente contaminante.

Mapeo usando incrementos de ancho de columna de humo

Los gráficos vectoriales de la figura 10 se emplean para predecir el tamaño de una columna de humo de una fuente emisora utilizando el ancho (ancho azimutal) en grados a lo largo del pico en el diagrama vectorial. Estos anchos de columna de humo en grados se pueden combinar con la distancia desde la entrada de muestra remota hasta la parcela de tierra para establecer el ancho físico de la columna de humo en el sitio del monitor

5 Ancho de la columna de humo = $(\text{seno}(\text{ancho en grados}) \times \text{distancia})$,
 Altura de la columna de humo = $(\text{seno}(\text{altura en grados}) \times \text{distancia})$ (si la altura y el ancho no se suponen iguales).

10 Suponiendo que la altura y el ancho de la columna de humo son iguales (suposición de la huella de la sección transversal de la columna de humo circular), el área de la columna de humo es igual a $\pi \times (\text{ancho}/2)^2$ y el flujo promedio a través del área determinado y combinado para proporcionar una tasa de emisión. Esta será una estimación de

15 De acuerdo con una implementación, el mapeo toma información de los perfiles angulares adimensionales de la columna de humo (derivados de las gráficas de flujo versus velocidad del viento) de las posiciones de observación que son relevantes para el área que se está mapeando. Se puede proyectar una columna de humo o un subconjunto de columnas de humo a lo largo de la trayectoria con fines cartográficos. Las lecturas individuales con ancho angular cero también se pueden proyectar a lo largo de la trayectoria, pero se tendría que asumir una tasa de dispersión o ancho angular para ajustar la información dependiendo de la distancia proyectada.

20 Las siguientes son posibles razones por las que no se puede proyectar toda la columna de humo:

- cuando no se identifican los límites de la columna de humo porque no hay suficientes datos
- cuando los límites de la columna de humo no están definidos porque hay muchas columnas de humo que se mezclan
- cuando los límites de la columna de humo no están definidos porque hay una fuente de área grande que causa la columna de humo.

30 El mapeo se puede realizar proyectando a lo largo de las trayectorias de lecturas individuales o grupos de lecturas (agrupadas de acuerdo con la posición de observación y las condiciones meteorológicas) y corrigiendo la información de la columna de humo de acuerdo con la distancia proyectada. Las proyecciones desde posiciones de observación únicas o múltiples convergerán de acuerdo en la localización o área de la fuente verdadera. Estas proyecciones pueden proporcionar las bases para afirmar las localizaciones mapeadas, perfiles y características de las fuentes puntuales, fuentes de área o fuentes puntuales múltiples.

35 Cuando los perfiles adimensionales muestran la ausencia de columnas de humo, esto también se puede utilizar como información valiosa para el mapeo. Proyectar la ausencia de columnas de humo puede ser una indicación de que el área mapeada en cuestión está libre de fuentes. Debe tenerse en cuenta que existe la posibilidad de que exista una fuente, pero el punto de observación no detectó la columna de humo porque estaba en la elevación incorrecta o la fuente es intermitente y no estaba emitiendo cuando estaban presentes las condiciones meteorológicas que moverían la columna de humo hacia el punto de observación.

Cálculo de la tasa general de emisiones

45 La tasa de emisión general se calcula sumando los tamaños de las fugas individuales importantes a una estimación de las fugas más pequeñas que se mezclan con el fondo. La cuantificación de las fugas más grandes se discutió anteriormente. Las columnas de humo de numerosas fugas pequeñas en las instalaciones pueden mezclarse y es posible que no se identifiquen individualmente en el gráfico vectorial de la figura 10. La tasa de emisión de estas fuentes emisoras se estima mediante: $(\text{flujo promedio}/\text{valor de área}) \times \text{seno}(\text{grados de ancho de la gráfica vectorial}) \times \text{distancia supuesta al cúmulo} \times \text{altura supuesta de la columna de humo}$. La altura supuesta de la columna de humo es una función de la distancia a las fuentes de emisión. La distancia supuesta al grupo de fuentes se estima a partir de un mapa. Alternativamente, en algunas situaciones, la localización de las entradas de muestreo remotas permite una triangulación aproximada para estimar la localización aproximada del grupo de fuentes de emisión que puede ser para predecir la distancia entre el grupo y la entrada de muestra remota.

55 Caracterizar la variabilidad en la tasa de emisión de una fuente individual (estabilidad, frecuencia, magnitud de las oscilaciones)

60 Las características de una fuente de emisión individual se pueden caracterizar a lo largo del tiempo analizando la medida de concentración que se tomó dentro del límite de la columna de humo de emisión. Las mediciones de concentración tomadas dentro del límite de la columna de humo de una fuente en particular se identifican mediante rangos de dirección y velocidad del viento en localizaciones de muestreo remotas. Los rangos de dirección del viento asociados con una fuga están determinados en el gráfico vectorial de la figura 10 por los límites de los picos (246 a 285 grados). Las condiciones del viento asociadas con una fuga en particular están determinadas por las áreas del flujo/área graficadas frente a la velocidad del viento en la figura 11 y son las velocidades del viento asociadas con un nivel muy por encima de cero (7 a 29 kph). Se puede obtener una mejor caracterización de la variabilidad si solo se

incluye en el análisis la parte de meseta de la curva (15 a 25 km/h). Uno puede seleccionar las medidas de concentración del registro de una localización de muestreo remota para la condición de velocidad y dirección del viento asociada con una fuga en particular y luego analizarlas a lo largo del tiempo para verificar la variación en la tasa de fuga. Estas medidas se almacenan en los contenedores con la marca de tiempo de cuando se tomaron. La medida de concentración se puede multiplicar por la velocidad del viento del compartimento donde se almacenaron para obtener una válvula de flujo/área que también se analiza a lo largo del tiempo y puede dar una estimación más sensible de las características de la fuga. La figura 18a muestra un diagrama de dispersión del promedio diario de la medida de concentración de H₂S versus el tiempo correspondiente a un lugar de muestreo remoto. No hay un punto de datos para todos los días, ya que el viento no siempre soplaba en la dirección adecuada para que el punto de muestreo remoto detectara la fuga. Los datos tienen mucha dispersión y muestran variabilidad a lo largo del tiempo con la tasa de emisión terminando muy por debajo del promedio. Los datos corresponden a una fuga real que fue reparada alrededor del 20 de abril.

El promedio de la concentración en estas parcelas está asociado con la cuantificación de la fuga realizada en esta fuga, la cantidad en que el promedio móvil se aleja del promedio general se considera una indicación de la variabilidad de la fuga a lo largo del tiempo. Esta variabilidad puede calcularse como un porcentaje ((promedio móvil - promedio)/promedio) y graficarse. Cada sitio de monitorización remoto puede producir un gráfico similar para la misma fuga y compararlo para proporcionar una herramienta poderosa para examinar la variabilidad de las fugas en el tiempo. A medida que los múltiples sitios de monitorización remoto acuerdan las tendencias en la variabilidad, se pueden sacar conclusiones sólidas sobre la variabilidad de las fugas.

La variación se puede trazar en unidades de tasa de fuga, como se muestra en la figura 18b, que muestra la variabilidad de una fuente de emisión (ventilación del tanque de condensado) a lo largo del tiempo, y la figura 18c, que muestra la variabilidad en una gran fuente de emisión a lo largo del tiempo. Las variaciones se rastrean de acuerdo con una escala de tiempo. Mediante el uso de una escala de tiempo exagerada o distorsionada, se eliminan los tiempos en que la columna de humo no es intersectado por una de las entradas de muestra. La figura 18d son los mismos datos representados en la figura 18c excepto que la escala de tiempo no está distorsionada. La figura 18d muestra que hay períodos de tiempo en los que ninguna de las ocho posiciones de observación utilizadas para recopilar datos interceptó la columna de humo.

Esta técnica caracteriza las fugas o venteos intermitentes. Estas mediciones de concentración asociadas con una fuga en particular se analizan para buscar patrones repetibles que ocurren en un ciclo diario, semanal, mensual o anual. Si esto se hiciera en un ciclo diario, las medidas se convertirían a una diferencia porcentual del promedio. Se traza un promedio móvil de la diferencia porcentual del promedio y se inspecciona para detectar variaciones dentro del día. Se preparan parcelas similares de cada sitio de muestreo remoto y se comparan para determinar la consistencia en la predicción de tendencias o anomalías diarias. Se puede adoptar un enfoque similar para cualquier ciclo de tiempo repetido (es decir, semanalmente, mensualmente, anualmente). Es posible monitorear la variabilidad de las emisiones en cualquier ciclo de tiempo y podría, por ejemplo, comparar las tasas de emisión con diferentes turnos de tripulación.

Vigilancia casi en tiempo real

La monitorización casi en tiempo real de la aparición de nuevas fugas significativas es posible mediante el análisis de nuevos datos (o bloques de nuevos datos) poco después de la recopilación y la comparación de las mediciones de concentración con las que ya están en los contenedores de una entrada de muestra remota. Un proceso verifica si los nuevos datos son significativamente (este nivel significativo es un parámetro que se puede configurar) diferentes a los datos adquiridos previamente. Si las diferencias superan un cierto límite, luego se levanta una bandera para advertir que una fuga inesperada ha cambiado, o tal vez ha aparecido una nueva fuga. Los operadores pueden tener la opción de renunciar a la advertencia y agregar los datos a los contenedores o mantener las mediciones separadas mientras se recopilan más mediciones, cuándo se podrían descartar las nuevas mediciones (si se identificó y solucionó la anomalía en la instalación) o se agregaron a los contenedores si se trata de un cambio en la operación que continuará. Los nuevos datos se comparan con cualquier período de tiempo histórico mediante el establecimiento de un parámetro. Este período de tiempo se implementa como una ventana móvil que avanza.

Monitorización en tiempo real

De acuerdo con esta aplicación, se proporciona monitorización para determinar una fuente de emisión cambiante en tiempo real o casi en tiempo real. La transmisión de datos de un detector se rastrea casi en tiempo real y se compara con las lecturas de lo que se espera y se toman medidas específicas si se reciben lecturas inesperadas. Lo que se espera puede basarse en el patrón de emisiones en un lugar de observación desarrollado a partir de mediciones históricas o asumidas, por ejemplo, uno podría asumir que no hay fuentes de emisión o patrones esperados basados en fuentes de emisión conocidas. Cuando las lecturas no son lo que esperábamos, entonces podemos tomar una o más de las siguientes acciones:

1. no hacer nada diferente
2. comprobar si la lectura es real o un artefacto por

- a. comprobación de la función del equipo
- b. hay evidencia repetida de una desviación de este punto de observación
- c. hay confirmación de la desviación de otras posiciones de observación
- d. comprobar si existe algún registro de desviación similar registrado con circunstancias similares

3. registrar la desviación para referencia futura

4. hacer sonar una alarma

5. refinar el mapeo de la nueva fuente volviendo a analizar los datos con suposiciones más precisas (es decir, distancia a la fuente)

6. cambiar de dónde se toman las muestras para tener la mejor oportunidad de interceptar la columna de humo de la fuente nueva o cambiante. Esto es reenfocar la recopilación de datos para "perseguir" la fuente de emisión nueva o cambiante

7. restar la señal variante del fondo en todas las entradas de muestra y mapear las diferencias del fondo

Cuando un área ha estado bajo monitorización durante algún tiempo, puede haber un historial de datos sustancial que permitirá el poder estadístico para afirmar si una lectura es fuera de lo común o no. Si no hay medidas históricas para comparar las lecturas, entonces se pueden asumir los umbrales para tomar diferentes medidas.

Esta monitorización casi en tiempo real puede aplicarse a detectores móviles. Si un área ha sido atravesada por detectores móviles antes, entonces puede haber un historial capaz de comparar nuevas lecturas con las que son geográfica y meteorológicamente específicas. Si se ha recopilado una gran cantidad de datos sobre ciertas rutas o un área, entonces aumenta el poder estadístico para predecir patrones de emisión nuevos o cambiantes. Si es la primera vez que un área ha sido atravesada por monitores móviles, es posible que uno no pueda ser tan sensible a las fuentes de emisión nuevas o cambiantes y tendrá que confiar en los umbrales para afirmar los presentes de las fuentes basados en valores supuestos derivados de experiencia.

Monitorización enfocada

La monitorización enfocada se refiere a la técnica de cambiar qué sitios de muestreo remotos se analizan en función de un análisis de las condiciones del viento. En condiciones normales, las válvulas que controlan qué localización de muestra remota se analiza están en un ciclo predeterminado que pasa por cada válvula en secuencia y se mantiene durante un período de tiempo predeterminado en cada válvula (es decir, tres minutos en cada posición de válvula). Bajo monitorización enfocada, la secuencia de válvulas se ajusta para reflejar las condiciones de viento esperadas o medidas. Esta técnica es útil si se desea información sobre emisiones fugitivas de un lugar particular en una instalación. Si el viento predominante es del oeste, la secuencia de válvulas está predeterminada para hacer una pausa durante períodos de tiempo más largos en las localizaciones de muestreo remotas del este si el enfoque del análisis está en la instalación. La secuencia de válvulas también se puede ajustar sobre la marcha para adaptarse a los cambios en la dirección del viento mediante la adopción de patrones de secuencia predeterminados para diferentes condiciones de dirección y velocidad del viento. Por último, la secuencia de válvulas se puede ajustar para enfocar la monitorización en nuevas áreas que surgen de los resultados que surgen de la monitorización en tiempo casi real. Si la monitorización casi en tiempo real identifica algo diferente que ocurre en las mediciones de concentración de aire y los algoritmos de triangulación establecen el área de las emisiones anómalas, entonces los algoritmos de monitorización enfocados ajustan las secuencias de válvulas en función de la dirección actual del viento para brindar vigilancia al área emergente de preocupación, por ejemplo, persiguiendo una nueva fuga).

De acuerdo con otra implementación, las localizaciones de la posición de observación o recopilación de datos se pueden ajustar para "perseguir" la fuente emisora. En general, implica mover el punto de observación para interceptar mejor las columnas de humo de las fuentes.

De acuerdo con otro aspecto, los datos sin procesar se pueden volver a analizar con nuevas suposiciones para reenfocar el análisis y obtener una imagen más clara y precisa en una localización ajustada. Inicialmente, el análisis requiere suponer una distancia a la fuente una vez que se obtiene una buena idea de las localizaciones de las fuentes, los datos sin procesar se vuelven a analizar con mejores suposiciones de las distancias desde cada posición de observación a las fuentes y se puede lograr una caracterización más precisa de las fuentes.

Se necesita más tiempo para caracterizar las fugas intermitentes

Las fugas continuas proporcionarán una señal constante que puede permitir la caracterización de las fuentes cuando el viento sopla en las direcciones adecuadas. El período de tiempo necesario para caracterizar adecuadamente un área en busca de fuentes de emisión depende de la frecuencia del viento que sopla desde la dirección apropiada y la frecuencia de los ciclos del arreglo de muestreo remoto. La monitorización enfocada puede acortar el tiempo necesario

ajustando la frecuencia de la matriz de muestreo remoto para que coincida con la frecuencia del viento que sopla en la dirección correcta. Con fuentes intermitentes, la frecuencia de la fuente de emisión se superpone a la frecuencia de la matriz de muestreo remota y la frecuencia del viento que sopla en la dirección correcta.

- 5 En síntesis, para obtener medidas de concentración en una fuente contaminante el viento debe soplar en la dirección correcta, la entrada de muestra remota debe estar activa y la fuente debe estar emitiendo todo al mismo tiempo. Si estos tres requisitos se cumplen con poca frecuencia, entonces puede llevar mucho tiempo recopilar suficientes datos para caracterizar la fuente de emisión. Se pueden hacer ajustes para tratar de disminuir el tiempo necesario moviendo la localización de la entrada de muestra remoto o ajustando la frecuencia de la matriz de muestreo remoto a través de una monitorización enfocada. En general, las fuentes intermitentes que emiten con poca frecuencia tardarán más en caracterizarse.

Mapeo y establecimiento de la confianza de las predicciones

- 15 Las predicciones tempranas (oportunas) de fuentes contaminantes pueden ser valiosas incluso si tienen márgenes de error más altos que las predicciones confiables posteriores de fuentes contaminantes. La confianza en las predicciones hechas puede incluirse en la salida para ayudar con la interpretación de los resultados. Esto permite la publicación de resultados anticipados con avisos de márgenes de error que serán diferentes en las distintas zonas del mapa en función de las direcciones de viento que se hayan producido. Las predicciones basadas en numerosas mediciones pueden ser muy precisas, mientras que las predicciones basadas en pocas mediciones tendrán mayores márgenes de error, pero aun así pueden ser valiosas si se entregan de manera oportuna.

Predicción de elevaciones de fuentes de emisión

- 25 El patrón de los valores de flujo/área en la figura 11 será diferente dependiendo de la elevación de la entrada de muestra remota, la elevación de la fuente y la naturaleza ascendente de la columna de humo debido a la flotabilidad o al impulso (hacia arriba o hacia abajo). A continuación se describe cómo se puede predecir la elevación (por ejemplo, véase la figura 16):

- 30 - la velocidad vertical (V_y) de la columna de humo se estima como:

$$V_y = c / (a * (1/V_{x1} - 1/V_{x2}))$$

- donde V_{x1} y V_{x2} son diferentes velocidades del viento cuando el centro de la columna de humo intercepta las entradas de muestra remotas r_1 y r_2 .
35 - luego se determina la altura de una fuente fugitiva (b)

$$b = r_{2h} - (V_y * a / V_{x2}) = r_{1h} - (V_y * a / V_{x1})$$

- 40 - donde r_{2h} y r_{1h} son la altura de las entradas de muestreo remotas y a_1 y a_2 son las distancias desde la fuente de emisión hasta las entradas de muestra remotas (en este ejemplo, las entradas de muestra remotas están en la misma localización, $a_1 = a_2$).

- Un solo monitor puede usar las dos velocidades de viento diferentes que el monitor intercepta en el borde superior e inferior de la columna de humo para estimar la altura de la fuente al conocer el tamaño físico de la columna de humo (altura = ancho de la sección de cuantificación = $(\text{seno}(39) * a)$). Este método también se puede usar para estimar la dimensión de la columna de humo si se conoce V_y . De acuerdo con otra realización, trayectorias verticales no lineales de las columnas de humo debido a inversiones climáticas, flotabilidad de la columna de humo, topografía del terreno, u obstáculos como edificios, y similares, son consideradas.

- 50 La figura 17 muestra dos diagramas de flujo/área versus velocidad del viento tomados de dos entradas de muestreo remotas en el mismo lugar pero a diferentes elevaciones (13,7 m y 18,3 m). El siguiente es un ejemplo de cálculo de la elevación de la fuente emisora:

55
$$V_y = c / (a * (1/V_{x1} - 1/V_{x2}))$$

$$c = (18,3 - 13,7) = 4,6 \text{ m}$$

60
$$V_{x2} = 21 \text{ km/h} = 5,83 \text{ m/s}$$

$$V_{x1} = 18 \text{ km/h} = 5,0 \text{ m/s}$$

$$a = 105,4 \text{ m (del anterior)}$$

$$V_y = 1,53 \text{ m/s}$$

65
$$b = r_{2h} - (V_y * a / V_{x2})$$

$r_{2h} = 13,7 \text{ m}$

$b = -14,0 \text{ m}$ (la localización de la muestra remota estaba en una evaluación más alta)

5 El aparato y los métodos presentados en el presente documento pueden emplearse para localizar y cuantificar cualquier fuente de emisiones en el aire siempre que la emisión contenga un compuesto o partículas que puedan detectarse con un analizador a niveles distinguibles por encima de las concentraciones de fondo de los mismos.

10 A continuación se hace referencia a las figuras 20 a 23 que muestran en forma de diagrama de flujo procesos o métodos de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

Se hace referencia a la figura 20, que proporciona un flujo de proceso general de los procesos de acuerdo con una realización de la invención. Los procesos representados en la figura 20 comprenden un proceso de monitorización/seguimiento 2010, un proceso de mapeo 2020, y un proceso de adquisición o vigilancia de datos 2030.

15 El proceso de adquisición/vigilancia de datos 2030 se ocupa de la recopilación de datos relacionados con la concentración de contaminantes y la meteorología. Los datos recopilados se almacenan en una base de datos o un almacén/archivo de datos indicado generalmente por la referencia 2040 en las figuras 20 y 21. El proceso 2030 puede recopilar o manipular datos en función de la entrada del proceso de mapeo 2020 y/o el proceso de monitorización/seguimiento 2010, como se representa en la figura 20. El proceso de monitorización/seguimiento 2010 compara los datos del proceso de adquisición de datos 2030 con los datos de referencia para determinar los cambios en las fuentes de emisión y/o los niveles de emisión en el área que se está monitoreando. El proceso de monitorización/seguimiento 2010 se implementa para modificar o reenfocar la operación del proceso de adquisición de datos 2030 y/o el proceso de mapeo 2020 en respuesta a uno o más eventos monitoreados. El proceso de mapeo 2020 genera uno o más mapas que identifican las localizaciones de las fuentes de emisión en función de los datos recopilados por el proceso de adquisición de datos 2030. El proceso de mapeo 2020 también puede utilizar datos recuperados del almacén de datos 2040. De acuerdo con otra implementación, el proceso de mapeo 2020 se implementa para reenfocar o modificar el mapa de acuerdo con la entrada del usuario del sistema, el proceso de monitorización 2010 y/o mapas generados anteriormente. De acuerdo con otra implementación, los mapas generados de acuerdo con el proceso de mapeo 2020 se utilizan para orientar la vigilancia y/o el monitorización/seguimiento.

A continuación se hace referencia a la figura 21, que muestra un ejemplo del proceso de adquisición o vigilancia de datos 2030 con más detalle. De acuerdo con una implementación, el proceso de adquisición de datos 2030 se implementa con parámetros de "dónde" y "cuándo" para realizar la vigilancia, es decir, adquisición de datos. El parámetro "dónde" define el área o espacio bajo vigilancia y prácticamente no tiene límites, por ejemplo, los datos pueden ser adquiridos para un área grande, por ejemplo, una provincia o país, o para un área pequeña, por ejemplo, una instalación industrial, edificio o complejo, o ambos con un mapa que muestra áreas más grandes con enfoque en áreas pequeñas o subáreas. El parámetro "cuándo" define el marco de tiempo de la vigilancia o la adquisición de datos, y puede retroceder en el tiempo de acuerdo con los datos de cantidad de aire capturados o archivados previamente y los datos meteorológicos disponibles. De acuerdo con otro ejemplo, el parámetro "cuándo" se puede definir para la adquisición de datos en tiempo real o cercano.

De acuerdo con una implementación, el proceso de adquisición de datos 2030 se basa en la entrada del usuario 2110 para definir los parámetros de tiempo y espacio como se indica por la referencia 2112 en la figura 21. De acuerdo con otra implementación, el proceso permite al usuario interactuar con la vigilancia o la adquisición de datos cambiando los objetivos originales, por ejemplo, para caracterizar mejor una fuente de emisión identificada o potencial, tal y como se indica mediante 2120. Por ejemplo, el usuario puede identificar un área y tiempo para enfocar la vigilancia o indicar un área para monitorización especial. De acuerdo con otra implementación, el proceso activa el proceso de mapeo 2020 (figura 20 y figura 22) para actualizar el mapa. Como también se muestra en la figura 21, el proceso de adquisición de datos 2030 incluye la capacidad de recopilar información o datos sobre el uso de la tierra, topografía, edificios, obstrucciones, fuentes conocidas, fuentes potenciales, como se indica mediante la referencia 2122. Por ejemplo, se recopila la información disponible sobre el uso del suelo y la topografía o las obstrucciones que pueden afectar el movimiento del aire. El conocimiento de estas obstrucciones y su geometría se puede utilizar al proyectar la columna de humo hacia atrás a lo largo de su trayectoria para hacer ajustes a las obstrucciones. El conocimiento de las fuentes conocidas y las fuentes potenciales se puede utilizar en los algoritmos de mapeo para estimar mejor las características de las fuentes.

De acuerdo con otra implementación, el proceso de adquisición de datos 2030 está configurado para recopilar datos relevantes existentes, por ejemplo, en archivos históricos, tal y como se indica mediante 2130. Los datos históricos o archivados pueden incluir concentraciones de contaminantes (calidad del aire) y condiciones meteorológicas (es decir, velocidad del viento) relevantes para el espacio y el tiempo en cuestión desde cualquier fuente disponible. Los datos también pueden incluir las posiciones de observación de las lecturas que generaron los datos (por ejemplo, las lecturas podrían ser de monitores móviles). Estos datos se colocan en el almacén de datos 2040 y están disponibles para los procesos descritos anteriormente. De acuerdo con otra implementación, la utilización de conjuntos de datos históricos de acuerdo con la metodología de acuerdo con la presente invención proporciona la capacidad de caracterizar las fuentes de emisión a lo largo del tiempo en base a los datos de las redes de monitorización del aire que han estado

en funcionamiento.

Como se muestra en la figura 21, el proceso de adquisición de datos 2030 incluye un módulo para la recopilación de nuevos datos, por ejemplo, localizaciones, frecuencia, estacionario o móvil, como se indica mediante la referencia 2140. De acuerdo con una implementación, el módulo de proceso 2140 determina la estrategia para recolectar nuevos datos en base al equipo de monitorización del aire disponible y los parámetros de espacio/tiempo establecidos para la vigilancia. Por ejemplo, el equipo de monitorización puede instalarse en localizaciones permanentes, parte de una matriz de entrada ciclada, estacionario pero móvil, y monitorización móvil. Reenfocar la vigilancia en localizaciones más pequeñas u otras localizaciones en función de los cambios iniciados por el usuario o la aparición de fuentes nuevas o cambiantes puede generar cambios en la implementación del equipo de monitorización o cambios en las localizaciones de entrada de muestras para rastrear mejor las nuevas áreas o la nueva fuentes.

Como se muestra en la figura 21, el proceso de adquisición de datos 2030 incluye un módulo 2150 para la toma de medidas de emisiones, por ejemplo, mediciones de concentración de contaminantes. El módulo 2150 utiliza detectores, por ejemplo, como se describe anteriormente y, en general, se puede usar cualquier detector del compuesto objetivo (incluidos los detectores de camino abierto que serían una línea o un plano de observación en lugar de un punto de observación para los detectores tradicionales). De acuerdo con una implementación, los detectores están conectados a un colector y pasan por múltiples entradas de muestra remotas que permitirían múltiples posiciones de observación desde un detector. El equipo de monitorización puede instalarse en localizaciones permanentes, parte de una matriz de entrada ciclada, estacionario pero móvil, y monitorización móvil.

Como se muestra en la figura 21, el proceso de adquisición de datos 2030 incluye un módulo 2160 para recopilar o realizar mediciones meteorológicas. Tal como se describe, la velocidad del viento se utiliza para determinar las fuentes de emisión. Además de la velocidad del viento, otros datos adecuados para predecir el movimiento del aire o las características de mezcla vertical de la atmósfera (por ejemplo, inversiones de temperatura), incluidos, entre otros, la velocidad vertical del viento, intensidad de la luz solar, la temperatura y la humedad se pueden recopilar o medir. De acuerdo con otra implementación, se puede recopilar cualquier dato meteorológico público relevante y/o con el despliegue de otro equipo meteorológico utilizado para llenar cualquier vacío. Las condiciones meteorológicas para el tiempo y el espacio a través del cual se rastrean las columnas se basarán en interpolaciones y extrapolaciones de los datos meteorológicos disponibles teniendo en cuenta los efectos de la topografía o las obstrucciones en el movimiento del aire.

Como se muestra en la figura 21, los datos capturados o recopilados por el proceso de adquisición de datos se almacenan en el almacén de datos 2040. El almacén de datos 2040 contiene la información relevante con marca de tiempo y la pone a disposición del proceso de mapeo 2010 y el algoritmo de vigilancia casi en tiempo real. La determinación de la información relevante se basa en los objetivos y lo que está disponible.

A continuación se hace referencia a la figura 22, la cual muestra con más detalle un ejemplo del proceso de mapeo 2010. Como se muestra, el proceso de mapeo 2010 incluye un módulo de proceso 2210 para generar o actualizar un mapa más detallado o enfocado. De acuerdo con una implementación, el módulo de proceso 2210 es activado o invocado por un tiempo de espera o intervalo preestablecido, una entrada de usuario o un disparador de una operación de monitorización en tiempo real. En respuesta, se inicia un proceso de actualización del mapa de emisiones. Un mapa enfocado se logra mapeando fuentes con buenas suposiciones de la distancia desde la fuente hasta las posiciones de observación. Las áreas de los mapas pueden tener diferentes supuestos de distancia que otras áreas dependiendo de las posiciones relativas de las pociones de observación y las localizaciones de origen. De acuerdo con una implementación, un mapa puede comprender un mosaico de subáreas más pequeñas con un enfoque de área específico. Este mosaico se puede lograr centrándose en las fuentes importantes a través de un enfoque iterativo o un enfoque de fuerza bruta que divide el área en áreas más pequeñas y genera un mapa enfocado para cada área más pequeña y luego las combina en el mapa general más grande después. El segundo enfoque puede ser mejor para fuentes de área porque dependiendo de la proximidad de las posiciones de observación, las fuentes de área pueden no converger con un enfoque de reducción a cero.

De acuerdo con una implementación, el proceso de mapeo 2010 incluye un módulo de proceso 2220 para determinar suposiciones que respaldan el enfoque de tiempo y espacio. Cuando comienza la actualización del mapeo, el primer paso es recopilar los datos del archivo y determinar el enfoque de tiempo y espacio aplicable y actual a partir de las rutinas de vigilancia y monitorización.

De acuerdo con una implementación, el proceso de mapeo 2010 incluye un módulo de proceso 2230 para calcular perfiles de columna de humo adimensionales, por ejemplo, tal y como se describe con mayor detalle anteriormente. Los perfiles actuales se almacenan como referencia. Estos perfiles se calculan proyectando lecturas de contaminantes a lo largo de la trayectoria recorrida y analizándolas como se describió anteriormente.

De acuerdo con una implementación, el proceso de mapeo 2010 incluye un módulo de proceso 2240 para proporcionar superficies asociadas con los perfiles de columna de humo adimensionales. Los perfiles se pegan en el proceso de mapeo y están disponibles para que la rutina de monitorización establezca los valores esperados para compararlos con las nuevas lecturas.

De acuerdo con una implementación, el proceso de mapeo 2010 incluye un módulo de proceso 2250 para generar un mapa. El módulo de proceso 2250 toma las entradas y predice las características de la fuente, incluida la localización. Tal y como se indica con la referencia 2260 en la figura 22, el mapa comprende fuentes individuales (tamaño, variabilidad, localización), fuentes de área (localización, perfil del área, tamaño, variabilidad) y también puede incluir información disponible sobre las fuentes para esta área o subárea. De acuerdo con otra implementación, el mapa muestra áreas o regiones que no tienen fuentes de emisión, es decir, están libres de fuentes de emisión. Se apreciará que una posición de observación que ve columnas de humo en su dirección o cuadrante proporciona una indicación de que el área está libre de fuentes de emisión. Como se muestra en la figura 22, el proceso de mapeo 2010 incluye un módulo de proceso 2270 para comparar la localización y el tiempo de las fuentes con un enfoque de espacio/tiempo (quizás fuente específica). De acuerdo con una realización, la información de la fuente estimada se compara con las suposiciones utilizadas en el cálculo para ver si se requiere algún reenfoque. Cualquier ajuste necesario a los supuestos se comunica con el proceso o la rutina apropiados. Como se muestra en la figura 22, el proceso de mapeo 2010 incluye un módulo de proceso 2280 para actualizar el mapa o subáreas del mapa. De acuerdo con una implementación, las actualizaciones están destinadas a mostrar características de fuentes importantes, por ejemplo, emisiones individuales y globales del área, o la aparición de fuentes nuevas o cambiantes. De acuerdo con una implementación, los mapas de cualquier subárea que se hayan generado en ejecuciones anteriores de la rutina de mapeo se combinan (es decir, se juntan) para formar el mapa general.

A continuación se hace referencia a la figura 23, que muestra en forma de diagrama de flujo un ejemplo del proceso de monitorización/seguimiento en tiempo real 2010. El proceso de monitorización 2010 incluye un módulo de proceso 2310 para seguir o recopilar nuevas lecturas de contaminantes, observaciones y/o condiciones meteorológicas. El proceso del módulo de proceso 2310 toma la nueva lectura de contaminantes junto con el lugar donde se tomó la lectura y las condiciones meteorológicas relevantes. Si hay varios detectores desplegados, habrá varios conjuntos de datos. El módulo de proceso 2310 pasa esta información a un módulo de proceso 2320 que comprende una operación de comparación.

De acuerdo con una implementación, el módulo de proceso 2320 determina qué niveles de contaminantes se esperan en los puntos de observación dados bajo las condiciones meteorológicas dadas. El módulo de proceso 2320 determina los niveles esperados basándose en niveles de fondo supuestos y/o umbrales de acción asumidos y/o datos históricos resumidos en los perfiles de columna de humo adimensionales. A continuación en el bloque de decisión 2330, las nuevas lecturas se comparan con los niveles esperados. La siguiente etapa depende de si se encuentra que es diferente o no. Si hay más de un detector de contaminantes recopilando información, esta decisión se tomará para cada flujo de información. Si no son diferentes, entonces no pasa nada y las condiciones normales se señalan al usuario. Si los niveles de concentración no están en línea con los niveles esperados, luego se ejecuta un módulo de proceso 2330 para archivar los niveles. El módulo de proceso 2330 recopila las lecturas, incluida cualquier posición relevante e información meteorológica, y las envía a un archivo de variantes 2332 para su almacenamiento y referencia futura. El archivo de variantes 2332 almacena lecturas inesperadas e información asociada relevante (posición meteorológica y de observación). Los datos se pueden eliminar de este archivo si se considera que ya no son relevantes para el problema de las fuentes de emisión nuevas o cambiantes. Esto puede ser después de un período de tiempo prescrito, si las emisiones cambiantes se han resuelto, o si el usuario elige ignorar las variaciones. Este archivo pasa a la siguiente etapa donde se analiza para cada lectura inesperada o grupo de lecturas inesperadas.

De acuerdo con una implementación, el módulo de proceso 2330 analiza las características de las variantes. El módulo de proceso 2330 verifica el archivo de lecturas inesperadas en busca de consistencias que establezcan pruebas de una importante fuente de emisión emergente o cambiante. Si la información no es concluyente o está incompleta, el proceso proporciona instrucciones sobre cómo recopilar más o mejores datos o mejorar el análisis para tomar mejores decisiones. En general, este proceso decide qué acción tomar enviando indicadores a las siguientes etapas de decisión para desencadenar acciones:

1. Proceso de alarma sonora (2340): se activa una acción en la que se alerta a los usuarios sobre una fuente de emisión nueva o cambiante. Este proceso notificará al usuario sobre las condiciones de una alarma e indicará la mejor estimación de las características de la fuente y la localización en el mapa. Esta alarma podría estar en el mapa en vivo que se actualiza periódicamente en el algoritmo de mapeo. Esta alarma podría transmitir la información disponible sobre la fuente nueva o cambiante, incluido el tamaño o la localización en el mapa (con la mayor precisión disponible en ese momento). Este proceso se comunica con el proceso de mapeo 2020 (figura 20).

2. Proceso de desviaciones del mapa (2350): se activa un archivo de variantes que se envía al proceso de mapeo 2020 (figuras 20 y 22) para generar un mapa de las lecturas inesperadas con las suposiciones de tiempo y espacio adecuadas. El mapeo podría usar las lecturas variantes o la diferencia entre la lectura variante y lo que se espera. El segundo enfoque rastrearía la diferencia con el fondo y podrá diferenciar fuentes nuevas o emergentes por encima de cualquier fuente de fondo que exista. Esta acción se comunicará con el proceso de mapeo 2020 (figuras 20 y 22).

3. Reenfocar el proceso de recopilación de datos (2360): se genera un disparador para ajustar cómo se recopilarán

los nuevos datos para rastrear o "perseguir" mejor una fuente nueva o emergente. Se basará en si desea interrumpir la rutina de muestreo existente para recopilar información diferente que pueda ser más aplicable a fuentes nuevas o cambiantes. El ajuste a la recolección de datos se realizará en el proceso de vigilancia 2030 (figuras 20 y 21). Este proceso puede determinar la mejor manera de hacer el ajuste y comunicarlo a la rutina de vigilancia. El ajuste podría implicar el ajuste de las posiciones de muestreo para interceptar mejor una columna de humo de una fuente emergente o cambiante sospechosa. La posición de muestreo se puede ajustar cambiando las entradas de muestra activas en una matriz de entrada, mueva un detector móvil o vuelva a implementar un detector o entrada para que esté en una posición diferente. Estos ajustes son para apoyar un nuevo enfoque de tiempo y espacio. Este proceso se comunica con el proceso de vigilancia 2030 (figuras 20 y 21).

4. Reenfocar el análisis de datos con el módulo de proceso de acción (2370): se genera un disparador para cambiar las suposiciones de enfoque de espacio y tiempo utilizadas en el algoritmo de mapeo. La decisión de cambiar el enfoque de espacio y tiempo se basará en si se puede mejorar el enfoque del análisis al tener una mejor estimación de la distancia a las fuentes. Esto es parte de un enfoque interactivo, ya que se deben hacer suposiciones iniciales del enfoque de distancia y tiempo (para cumplir con los objetivos generales) y luego ajustarse a medida que la rutina de mapeo produce estimaciones de la localización y el tiempo de las fuentes emisoras. Una vez que se sabe más acerca de las fuentes, se pueden hacer mejores suposiciones de la distancia y el tiempo a las fuentes. Diferentes áreas de un mapa pueden tener diferentes suposiciones de distancia a la fuente para la fuente diferente. Estos supuestos se seguirán ajustando a medida que se recopilen más datos y las fuentes se definan mejor durante el período de vigilancia. Según un ejemplo, el proceso se comunica con el proceso de mapeo 2020 (figuras 20 y 22).

5. Censura del módulo de proceso de datos de variantes (2380): se genera un disparador para marcar lecturas de variantes en el almacén de datos para que los análisis futuros puedan optar por incluirlas o excluirlas de análisis futuros. Esta decisión se basa en cómo el usuario desea que las condiciones anómalas afecten el conjunto de datos históricos y el análisis futuro. Por ejemplo, la exclusión de anomalías da como resultado una línea de base más limpia que permite que el algoritmo de monitorización sea más sensible a futuras anomalías.

Si bien se ha hecho amplia referencia a la detección de fugas de gas en plantas de gas natural y similares, la invención no está limitada a esto, el aparato y métodos descritos en el presente documento se pueden implementar usando:

- Emisiones fugitivas en instalaciones industriales donde pueda, medir la tasa de emisión de toda la instalación y localizar y cuantificar las fuentes importantes
- Caracterización de las fuentes de emisión conocidas en las instalaciones industriales (es decir, monitorización de chimeneas).
- Monitorización de emisiones regionales
- Caracterización de olores en zonas rurales o urbanas
- Aplicaciones policiales como localizar y caracterizar laboratorios de drogas, operaciones de cultivo
- Proporcionar vigilancia de edificios (los guardias de seguridad con monitores móviles podrían caracterizar un hotel o apartamento en busca de explosivos o drogas.
- Caracterización de las emisiones de una comunidad
- Vigilancia regional de fugas en ductos Vigilancia local de fugas en ductos
- Caracterización de las emisiones relacionadas con el trabajo de remediación del sitio
- Caracterización de emisiones de tanques de almacenamiento o parques de tanques
- Caracterización de emisiones de balsas de relaves
- Caracterización de fuentes y sumideros de compuestos en el medio ambiente (por ejemplo, Mercurio, metano)
- Calibración de modelos de dispersión de aire
- Las aplicaciones militares incluyen la localización de explosivos desconocidos

La descripción anterior de las realizaciones descritas se proporciona para permitir que cualquier persona experta en la técnica realice o utilice la presente invención. Diversas modificaciones de las realizaciones serán fácilmente evidentes para un experto en la materia.

El ámbito de la invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para caracterizar una fuente de un material emitido, comprendiendo dicho método las etapas de:

- 5 medir las concentraciones del material emitido en al menos dos o más localizaciones;
 medir cambios en la velocidad del viento representativa a lo largo del tiempo;
 generar una primera columna de humo sin dimensiones y una segunda columna de humo sin dimensiones en el
 espacio en base a dichos cambios de velocidad del viento medidos y dichas concentraciones medidas en dicha
 primera y dicha segunda localización, respectivamente, comprendiendo cada columna de humo adimensional
 10 representaciones numéricas del flujo de contaminantes a partir de mediciones de concentración e información de
 la velocidad del viento a partir de la información de cambio de la velocidad del viento medida correlacionada con
 referencia a un momento de medición relevante y con una localización;
 determinar una primera trayectoria en base a las representaciones numéricas de dicha primera columna de humo
 adimensional del flujo de contaminantes asociado con las velocidades del viento a partir de los cambios de
 15 velocidad del viento medidos en varios momentos relevantes para dicha primera localización;
 determinar una segunda trayectoria en base a las representaciones numéricas de dicha segunda columna de humo
 adimensional del flujo de contaminantes asociado con las velocidades del viento a partir de los cambios de
 velocidad del viento medidos en varios momentos relevantes para dicha segunda localización;
 20 determinar una primera fuente de emisión candidata en una primera localización a lo largo de dicha primera
 trayectoria, y dicha primera fuente de emisión tiene una o más características; y
 determinar una segunda fuente de emisión candidata en una segunda localización a lo largo de dicha segunda
 trayectoria, y dicha segunda fuente de emisión tiene una o más características, donde ambas fuentes candidatas
 están relacionadas entre sí por la distancia;
 25 convertir dicha primera columna de humo adimensional en una columna de humo dimensionada en dicha primera
 localización usando información de concentración asociada con la primera localización con la representación
 numérica del flujo de concentración junto con la distancia desde la primera localización de fuente candidata de
 emisión a la primera localización, y determinando una característica basada en dicha columna de humo
 dimensionada, en el que dicha característica comprende una de las características asociadas con dicha primera
 30 fuente de emisión candidata;
 convertir dicha segunda columna de humo adimensional en una columna de humo dimensionada en dicha segunda
 localización usando información de concentración asociada con la segunda localización con la representación
 numérica del flujo de concentración junto con la distancia desde la segunda localización de fuente candidata de
 emisión a la segunda localización y determinando una característica asociada con dicha segunda localización
 35 fuente candidata basada en la columna de humo dimensionada, en el que dicha característica comprende una de
 las características asociadas con dicha segunda fuente de emisión candidata; y
 determinar la fuente del material emitido basándose en un acuerdo sustancial entre la localización y las
 características de dicho primer y segundo candidatos de fuente de emisión.
- 40 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichas características asociadas con dichas fuentes de
 emisión candidatas incluyen uno o más de tamaño, tasa de emisión y variabilidad de la tasa, localización de emisión
 horizontal, localización de emisión vertical, impulso de salida de emisión, flotabilidad de las emisiones, fuente de
 emisión puntual, fuente de emisión de área, múltiples fuentes de emisión, perfil de concentración de la columna de
 humo para la emisión.
- 45 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichas al menos dos o más localizaciones comprenden un
 sensor estacionado en una primera localización y luego en una segunda localización.
- 50 4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha velocidad representativa del viento comprende la
 velocidad del viento que fluye desde la fuente de emisión hasta las localizaciones de medición.
- 55 5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha etapa de determinar una característica basada en
 dicha columna de humo dimensionada comprende determinar un flujo dentro de la columna de humo dimensionada y
 el nivel de flujo de fondo, y restar el flujo de fondo del flujo dentro de dicha columna de humo dimensionada, y multiplicar
 la diferencia de flujo con una medida de área de dicha columna de humo dimensionada.
- 60 6. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha etapa de determinar una característica comprende
 determinar la variabilidad de la tasa de emisión, y dicha variabilidad de la tasa de emisión se determina comparando
 una o más concentraciones medidas dentro de dicha columna de humo dimensionada con una medición de
 concentración promedio y la variabilidad de la tasa de emisión comprende desviaciones de la medición de
 concentración promedio.
- 65 7. El método de acuerdo con la reivindicación 1, incluyendo además la etapa de mapear dichas desviaciones
 registradas y dicho mapeo proporcionando una o más características asociadas con la fuente de emisión.
8. Un sistema de análisis de muestras de aire para caracterizar una fuente de un material emitido, comprendiendo
 dicho sistema uno o más sensores o analizadores (164) para medir concentraciones del material emitido en al menos

una primera y segunda localización de muestreo (130); y un dispositivo informático (166) programado para realizar el método definido en la reivindicación 1.

- 5 9. El sistema de análisis de muestras de aire de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el dispositivo informático (166) está configurado para determinar una característica basada en dicha columna de humo dimensionada de uno o más de tamaño, tasa de emisión y variabilidad de la tasa, localización de emisión horizontal, localización de emisión vertical, impulso de salida de emisión, flotabilidad de las emisiones, fuente de emisión puntual, fuente de emisión de área, múltiples fuentes de emisión, perfil de concentración de la columna de humo para la emisión.
- 10 10. El sistema de análisis de muestras de aire de acuerdo con la reivindicación 8, en el que dicho uno o más sensores son sensores móviles y las mediciones de concentración son recogidas por un sensor móvil estacionado en una primera localización de muestreo y luego en una segunda localización de muestreo.
- 15 11. El sistema de análisis de muestras de aire de acuerdo con la reivindicación 8, en el que dicha velocidad representativa del viento comprende la velocidad del viento que fluye desde la fuente de emisión hasta las localizaciones de medición.
- 20 12. El sistema de análisis de muestras de aire de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el dispositivo informático (166) está configurado para determinar una característica de tamaño en función de dicha columna de humo dimensionada determinando primero un flujo dentro de la columna de humo dimensionada y el nivel de flujo de fondo, y restando el flujo de fondo del flujo dentro de dicha columna de humo dimensionada, y multiplicando la diferencia de flujo con una medida de área de dicha columna de humo dimensionada.
- 25 13. El sistema de análisis de muestras de aire de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el dispositivo informático (166) está configurado para determinar una característica basada en dicha columna de humo dimensionada mediante la determinación de la variabilidad de la tasa de emisión, dicha variabilidad de la tasa de emisión se determina comparando una o más concentraciones dentro de dicha columna de humo dimensionada con una medición de concentración promedio y la variabilidad de la tasa de emisión comprende desviaciones de la medición de concentración promedio.
- 30 14. Un medio legible por ordenador configurado para almacenar instrucciones legibles por ordenador ejecutables por un dispositivo informático para hacer que el dispositivo del sistema de análisis de muestras de aire como se define en cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13 implemente las etapas del método de una de las reivindicaciones 1 a 7.

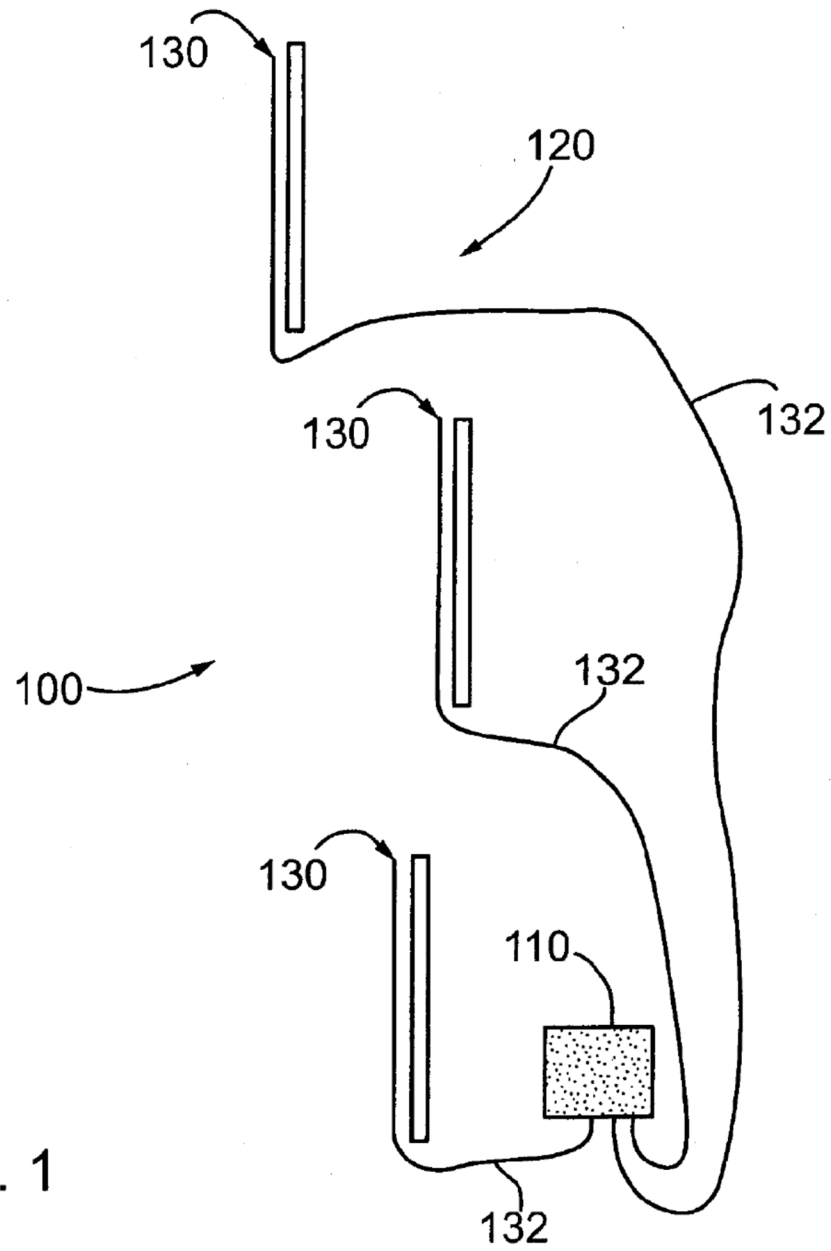


FIG. 1

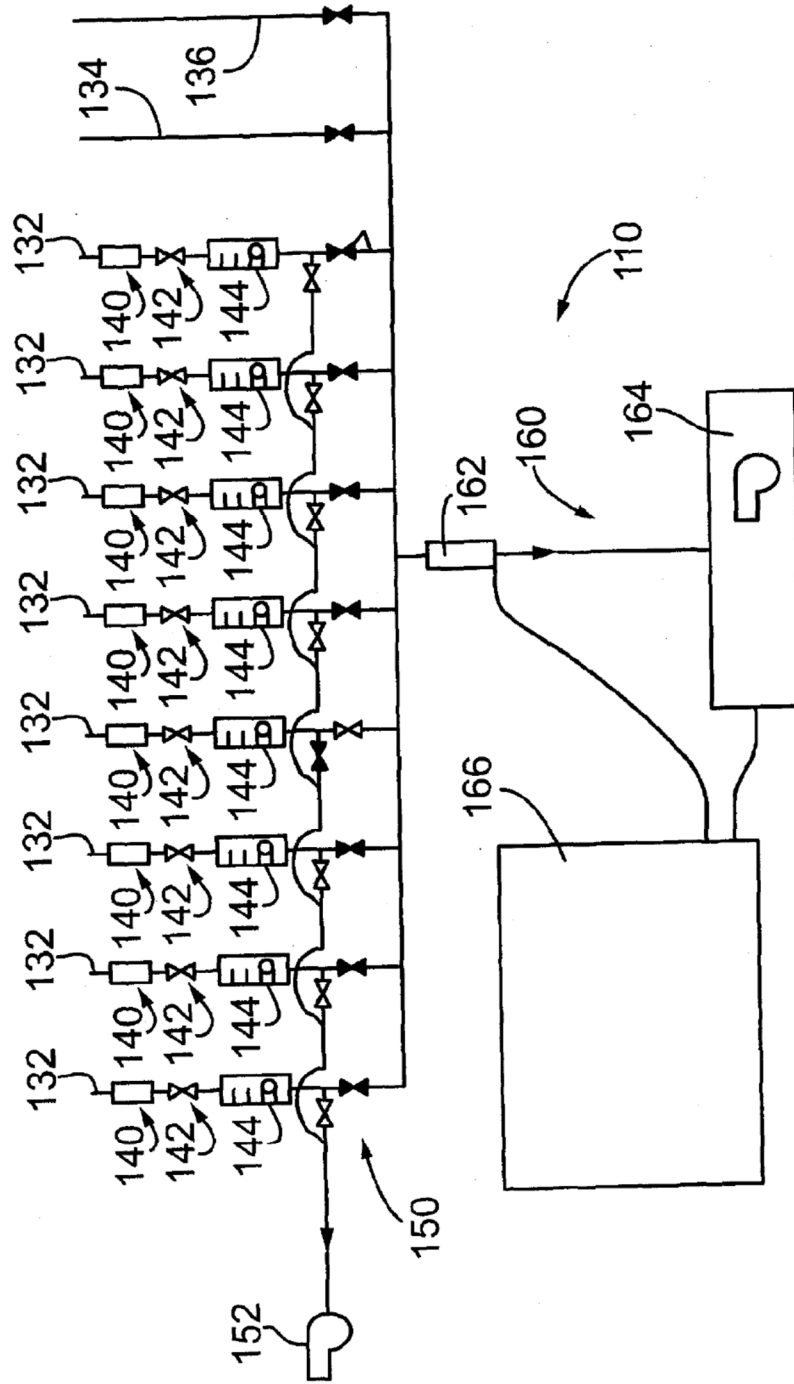


FIG. 2

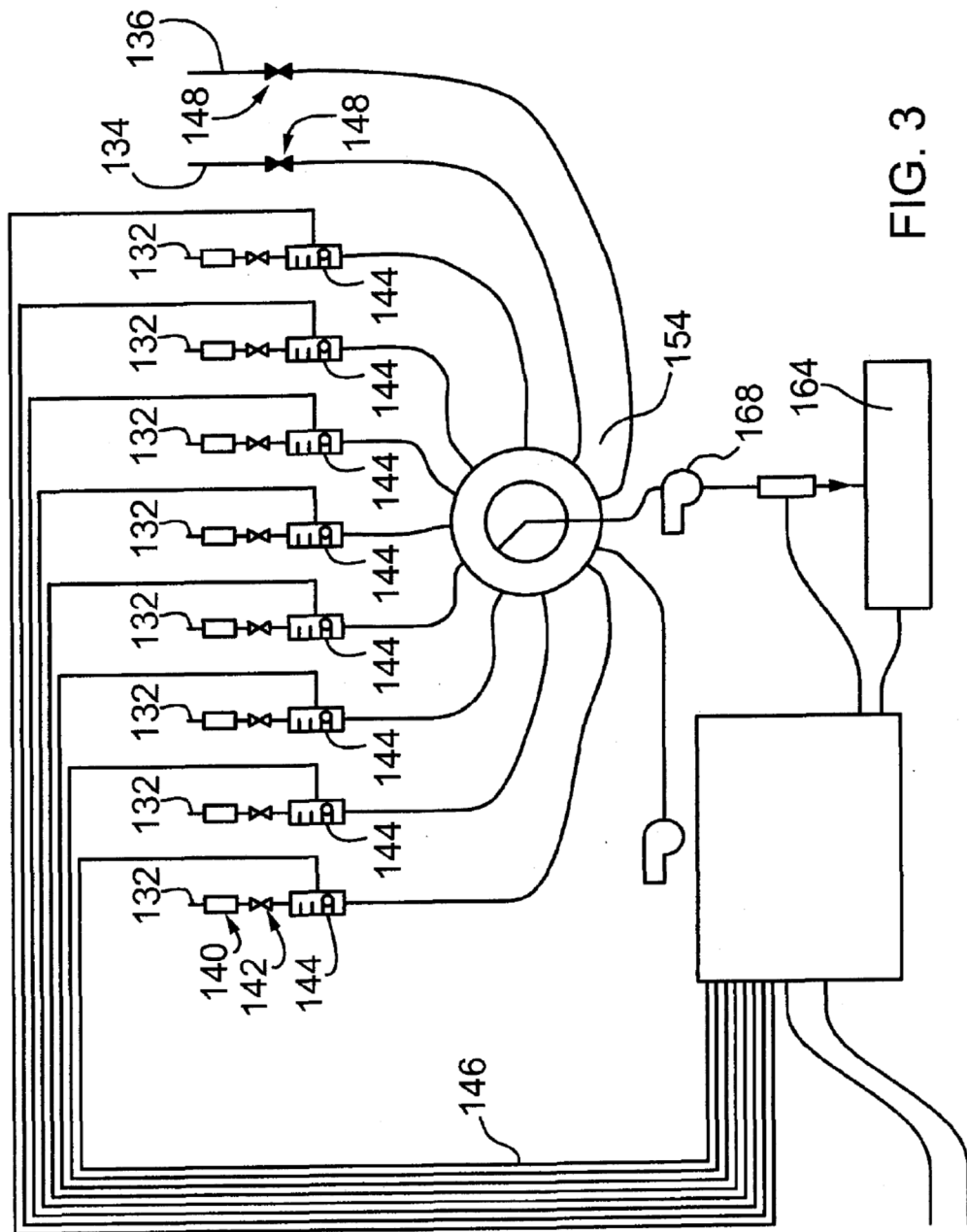


FIG. 3

FECHA	HORA	POSICIÓN VÁLVULA	PPM THC	VELOCIDAD VIENTO	DIRECCIÓN VIENTO
10/02/2006	4:58:59 PM	1	5,684	14,136	207,611
10/02/2006	4:59:10 PM	1	6,214	15,24	212,203
10/02/2006	4:59:21 PM	1	5,352	15,251	210,611
10/02/2006	4:59:32 PM	1	4,767	14,148	205,116
10/02/2006	4:59:43 PM	1	4,674	14,598	201,061
10/02/2006	4:59:54 PM	1	4,332	16,067	203,956
10/02/2006	5:00:04 PM	1	5,189	16,168	207,08
10/02/2006	5:00:15 PM	1	4,757	17,204	205,982
10/02/2006	5:00:26 PM	1	4,118	13,129	204,381
10/02/2006	5:00:37 PM	2	5,685	12,23	199,198
10/02/2006	5:00:47 PM	2	5,438	13,729	193,871
10/02/2006	5:00:58 PM	2	4,579	14,784	195,407
10/02/2006	5:01:09 PM	2	5,176	14,606	206,973
10/02/2006	5:01:20 PM	2	5,322	14,684	200,247
10/02/2006	5:01:30 PM	2	5,54	16,767	208,745
10/02/2006	5:01:41 PM	2	5,523	13,655	212,037
10/02/2006	5:01:52 PM	2	5,538	16,657	205,234
10/02/2006	5:02:03 PM	2	5,227	16,107	203,824
10/02/2006	5:02:14 PM	2	5,247	15,817	204,575
10/02/2006	5:02:25 PM	2	5,271	15,766	205,533
10/02/2006	5:02:35 PM	2	5,434	15,175	206,567
10/02/2006	5:02:46 PM	2	5,603	14,77	204,074
10/02/2006	5:02:57 PM	2	5,936	11,35	189,12
10/02/2006	5:03:08 PM	2	6,31	13,183	204,772
10/02/2006	5:03:19 PM	2	6,116	14,372	202,819
10/02/2006	5:03:30 PM	2	5,368	13,133	206,831
10/02/2006	5:03:40 PM	4	5,432	11,733	196,167
10/02/2006	5:03:51 PM	4	5,389	15,439	200,088
10/02/2006	5:04:02 PM	4	4,155	16,015	211,529
10/02/2006	5:04:13 PM	4	3,474	12,914	200,656
10/02/2006	5:04:24 PM	4	3,557	12,981	194,141
10/02/2006	5:04:35 PM	4	3,346	12,064	200,449
10/02/2006	5:04:45 PM	4	3,232	14,116	206,768
10/02/2006	5:04:56 PM	4	3,293	15,537	206,267
10/02/2006	5:05:07 PM	4	3,237	15,303	198,882
10/02/2006	5:05:18 PM	4	3,399	14,075	210,995
10/02/2006	5:05:29 PM	4	3,295	12,34	193,558
10/02/2006	5:05:40 PM	4	3,311	12,455	198,452
10/02/2006	5:05:50 PM	4	3,556	12,472	194,59
10/02/2006	5:06:01 PM	4	3,368	13,516	195,11
10/02/2006	5:06:12 PM	4	3,352	16,963	200,493

FIG. 4

FECHA	HORA	LATITUD	LONGITUD
11/10/2006	04:00:36	53,214373	113,234838
11/10/2006	04:00:46	53,214373	113,234838
11/10/2006	04:00:56	53,214373	113,234838
11/10/2006	04:01:06	53,214373	113,234838
11/10/2006	04:01:16	53,214373	113,234838
11/10/2006	04:01:26	53,214373	113,234838
11/10/2006	04:01:37	53,214373	113,234838
11/10/2006	04:01:47	53,214373	113,234838
11/10/2006	04:01:57	53,214373	113,234838
11/10/2006	04:02:07	53,214373	113,234838
11/10/2006	04:02:17	53,214373	113,234838
11/10/2006	04:02:27	53,214373	113,234838
11/10/2006	04:02:38	53,214373	113,234838
11/10/2006	04:02:48	53,214373	113,234838
11/10/2006	04:02:58	53,214373	113,234838
11/10/2006	04:03:08	53,214373	113,234838
11/10/2006	04:03:18	53,213957	113,235293
11/10/2006	04:03:28	53,213957	113,235293
11/10/2006	04:03:39	53,213957	113,235293
11/10/2006	04:03:49	53,213957	113,235293
11/10/2006	04:03:59	53,213957	113,235293
11/10/2006	04:04:09	53,213957	113,235293
11/10/2006	04:04:19	53,213957	113,235293
11/10/2006	04:04:29	53,213957	113,235293
11/10/2006	04:04:40	53,213957	113,235293
11/10/2006	04:04:50	53,213957	113,235293
11/10/2006	04:05:00	53,213957	113,235293
11/10/2006	04:05:10	53,213957	113,235293

FIG. 5a

ELEVACIÓN	POSICIÓN VÁLVULA	THC	VELOC. VIENTO	DIRECCIÓN VIENTO	FLUJO 1	FLUJO 2
1050	1	1,63	3,39	57,04	0,69	1,28
1050	1	1,6	2,66	59,09	0,71	1,28
1050	1	1,59	3,02	55,52	0,73	1,28
1050	1	1,56	4,53	41,36	0,74	1,28
1050	1	1,56	5,11	38,02	0,75	1,28
1050	1	1,54	5,64	35,98	0,75	1,28
1050	1	1,54	6,51	35,65	0,76	1,28
1050	1	1,53	6,56	40,67	0,76	1,28
1050	1	1,52	7,21	37,04	0,77	1,28
1050	1	1,54	7,19	35,84	0,77	1,28
1050	1	1,55	7,43	35,47	0,77	1,28
1050	1	1,54	8,55	36,94	0,77	1,28
1050	1	1,52	7,64	44,13	0,77	1,28
1050	1	1,52	8,07	39,09	0,77	1,28
1050	1	1,54	7,12	35,14	0,77	1,28
1050	1	1,54	9,78	28,04	0,77	1,28
1080	3	1,54	10,3	29,52	1,06	1,13
1080	3	1,55	9,34	29,13	1,11	1,08
1080	3	1,27	8,95	29,21	1,05	1,08
1080	3	1,29	8,09	29,78	1,02	1,08
1080	3	1,27	7,84	32	1	1,08
1080	3	1,29	7,93	31,07	0,98	1,08
1080	3	1,28	7,77	35,5	0,97	1,08
1080	3	1,42	9,68	31,59	0,96	1,08
1080	3	1,39	9,13	31,57	0,95	1,08
1080	3	1,3	9,59	31,03	0,95	1,08
1080	3	1,28	8,58	30,55	0,95	1,08
1080	3	1,34	8,95	30,25	0,94	1,08

FIG. 5b

FLUJO 3	FLUJO 4	FLUJO 5	FLUJO 6	FLUJO 7	FLUJO 8
1,25	1,48	1,09	1,48	0,94	1,36
1,25	1,48	1,09	1,48	0,96	1,36
1,25	1,48	1,09	1,48	0,98	1,36
1,25	1,48	1,09	1,48	0,98	1,36
1,25	1,48	1,09	1,48	0,98	1,36
1,25	1,48	1,09	1,48	0,99	1,36
1,25	1,48	1,09	1,47	0,99	1,36
1,25	1,48	1,09	1,48	0,99	1,36
1,25	1,48	1,09	1,48	0,99	1,36
1,25	1,48	1,09	1,48	0,99	1,36
1,25	1,48	1,09	1,48	0,99	1,36
1,25	1,48	1,09	1,48	0,99	1,36
1,25	1,48	1,09	1,48	0,99	1,36
1,25	1,48	1,09	1,48	0,99	1,36
1,25	1,48	1,09	1,48	0,99	1,36
1,25	1,48	1,09	1,48	0,99	1,36
1,25	1,47	1,09	1,46	0,97	1,34
1,27	1,5	1,1	1,49	1	1,37
1,27	1,5	1,1	1,49	1,01	1,37
1,27	1,5	1,11	1,49	1,01	1,38
1,27	1,51	1,11	1,5	1,01	1,38
1,27	1,51	1,11	1,5	1,01	1,38
1,27	1,51	1,11	1,5	1,01	1,38
1,27	1,51	1,11	1,5	1,01	1,38
1,27	1,51	1,11	1,5	1,01	1,38
1,27	1,51	1,11	1,5	1,01	1,38
1,27	1,51	1,11	1,5	1,01	1,38
1,27	1,51	1,11	1,5	1,01	1,38
1,27	1,51	1,11	1,5	1,01	1,38

FIG. 5c

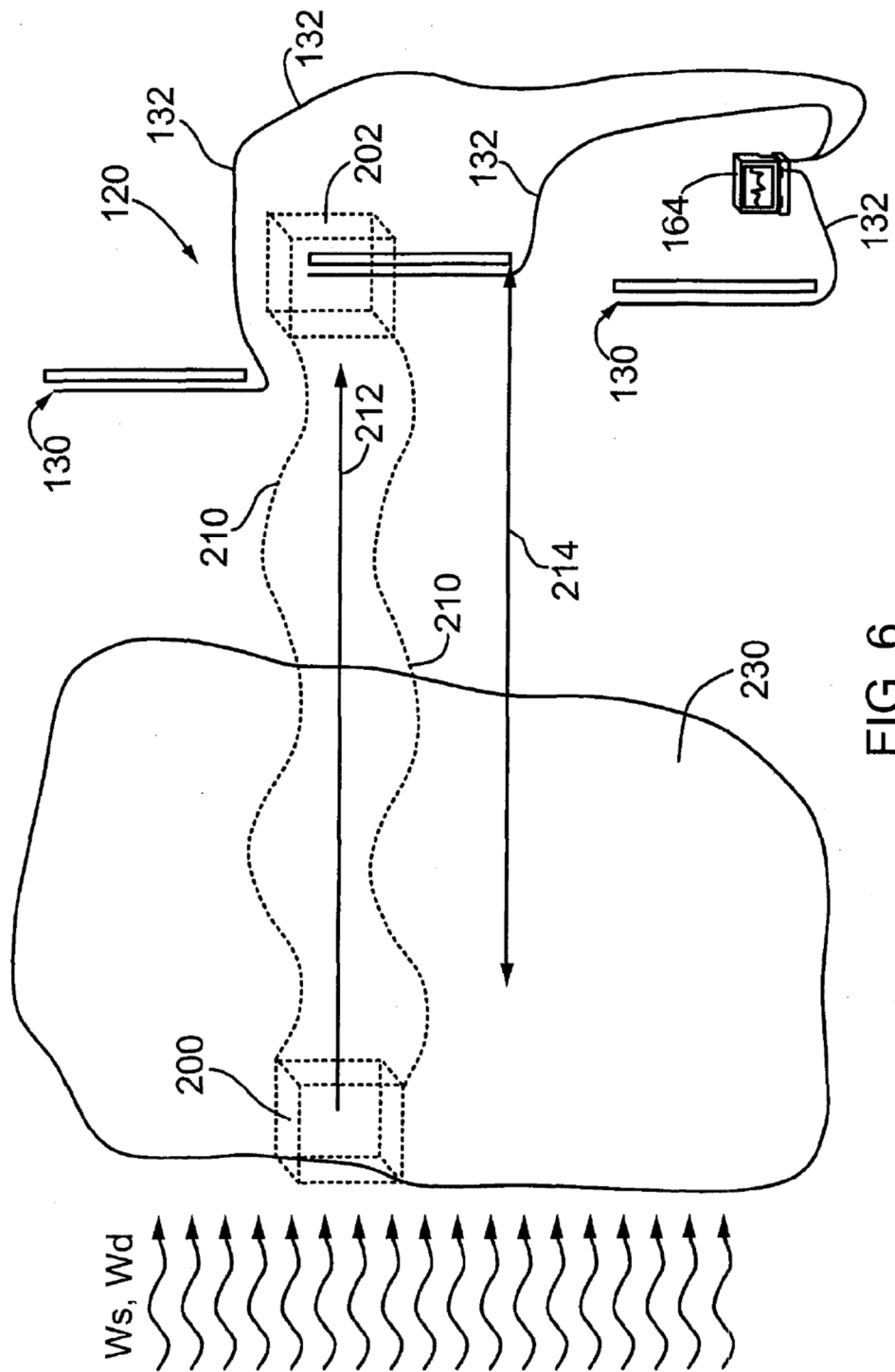


FIG. 6

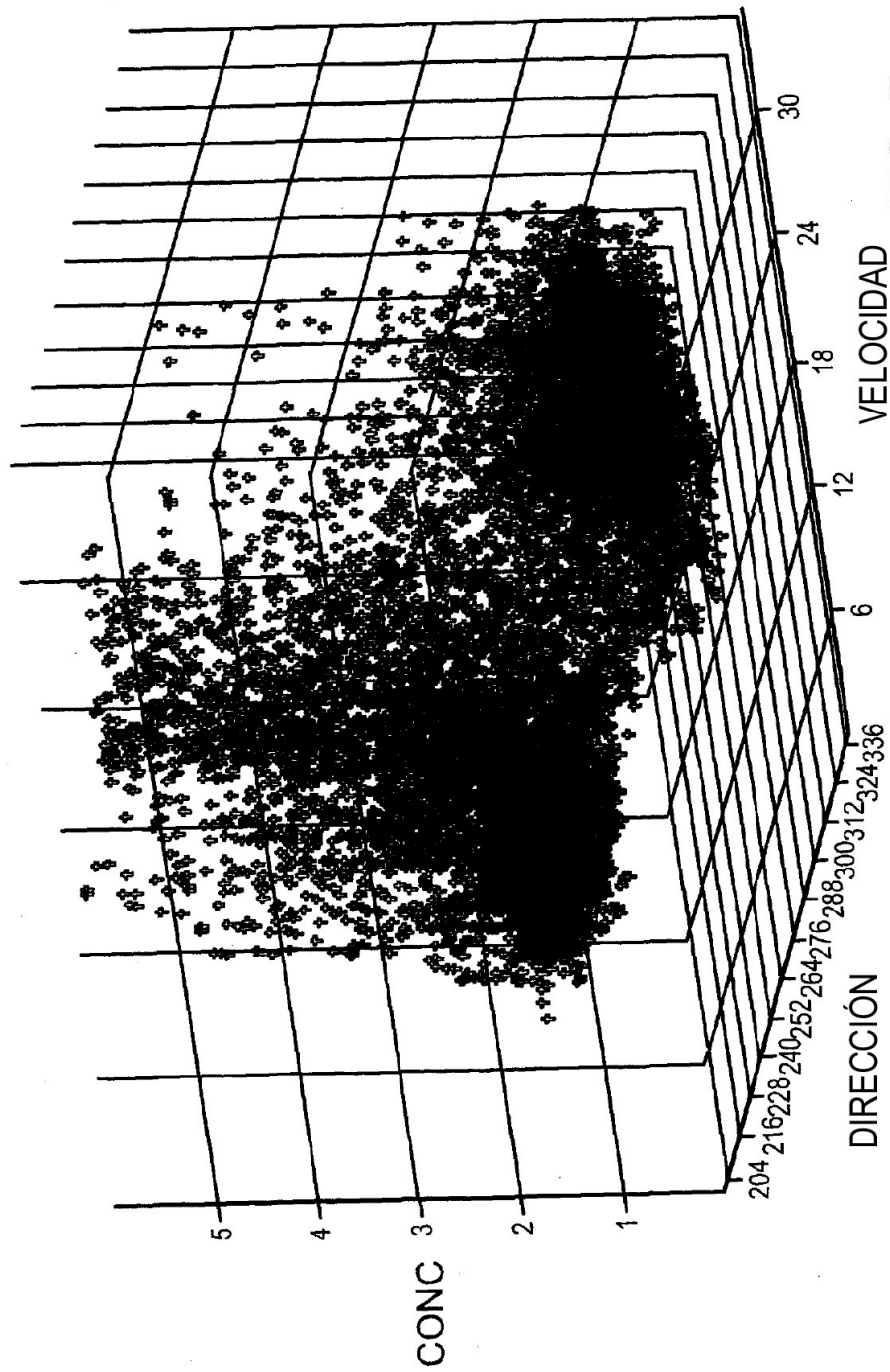


FIG. 7a

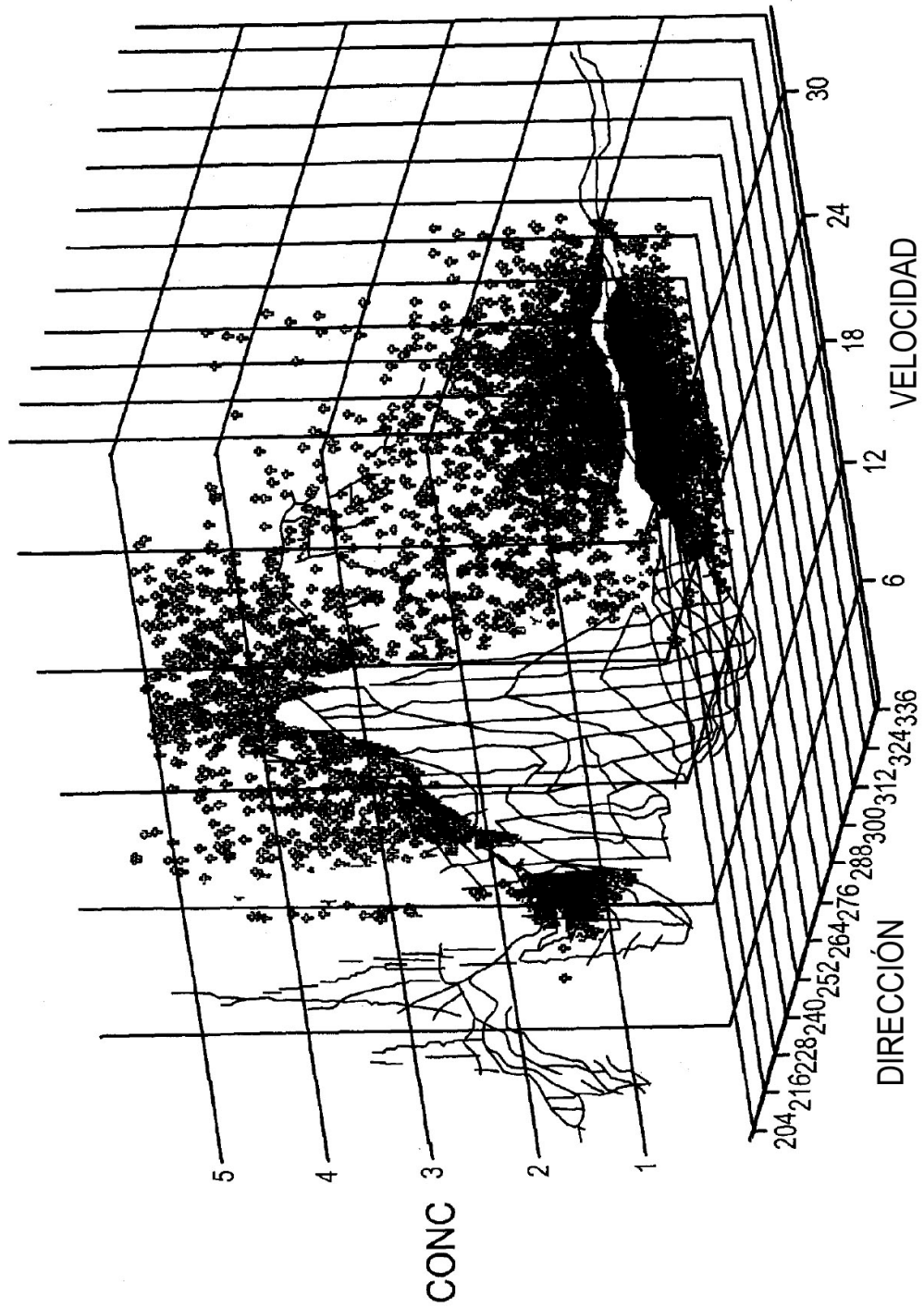


FIG. 7b

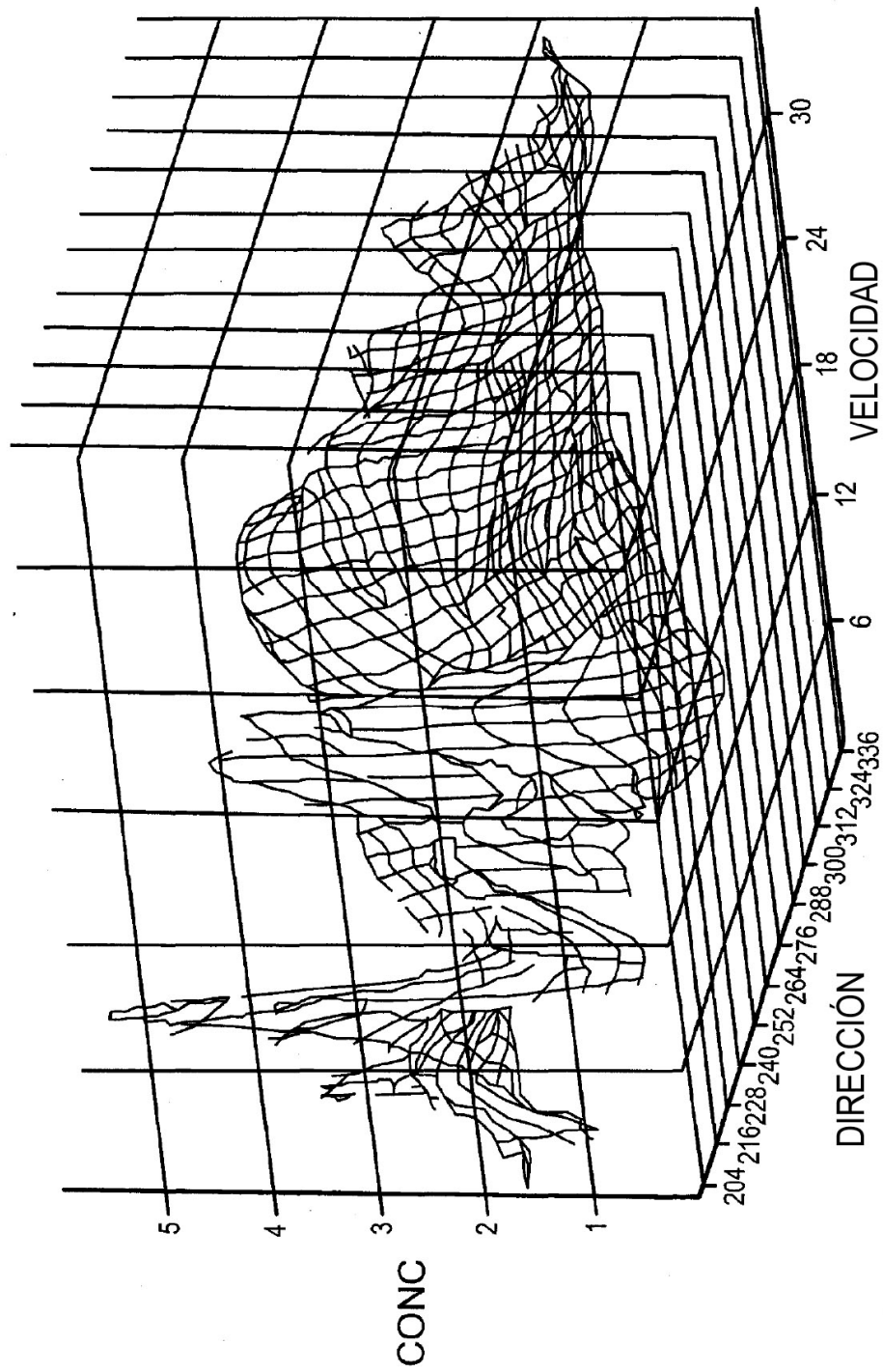


FIG. 7c

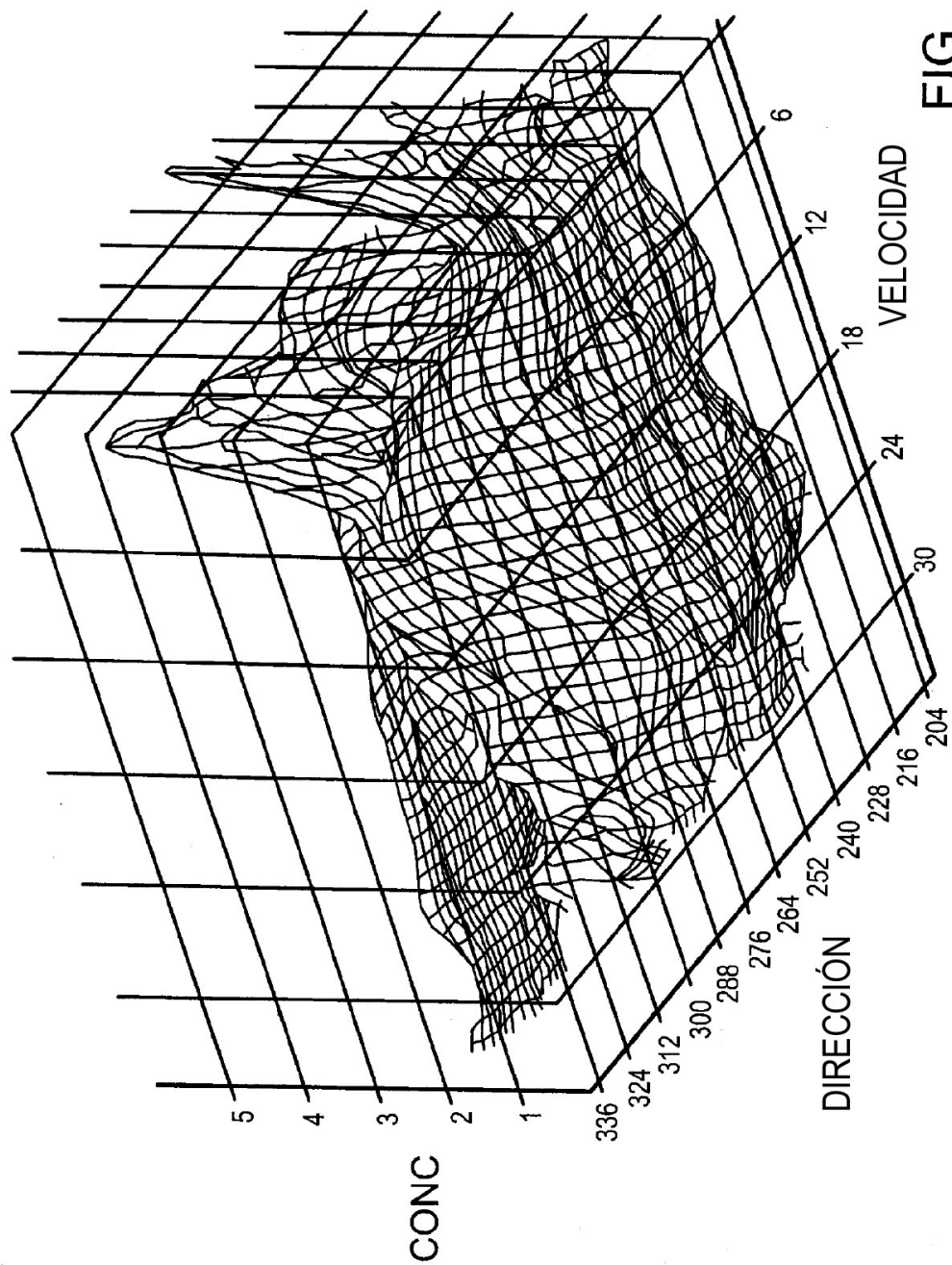


FIG. 8a

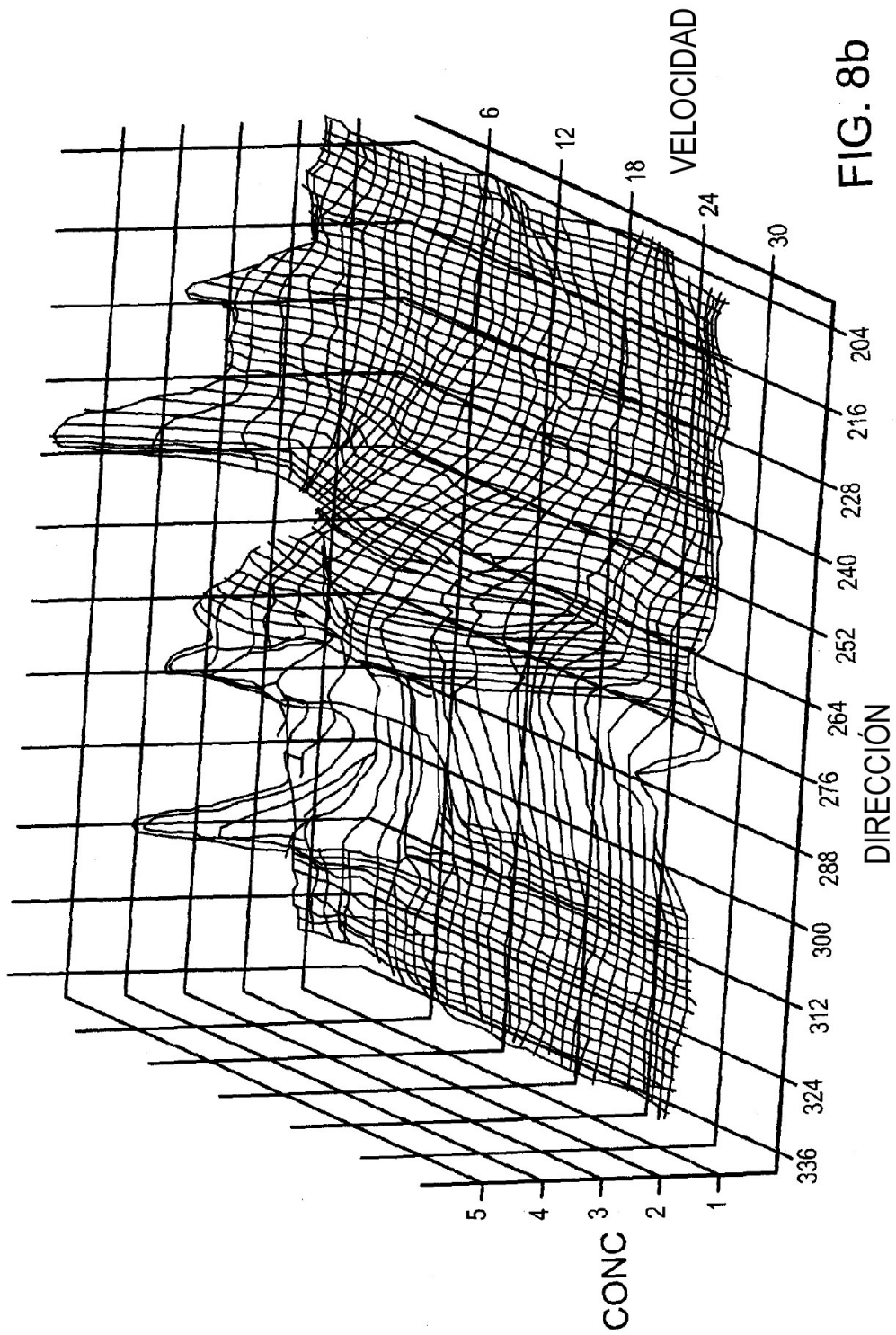


FIG. 8b

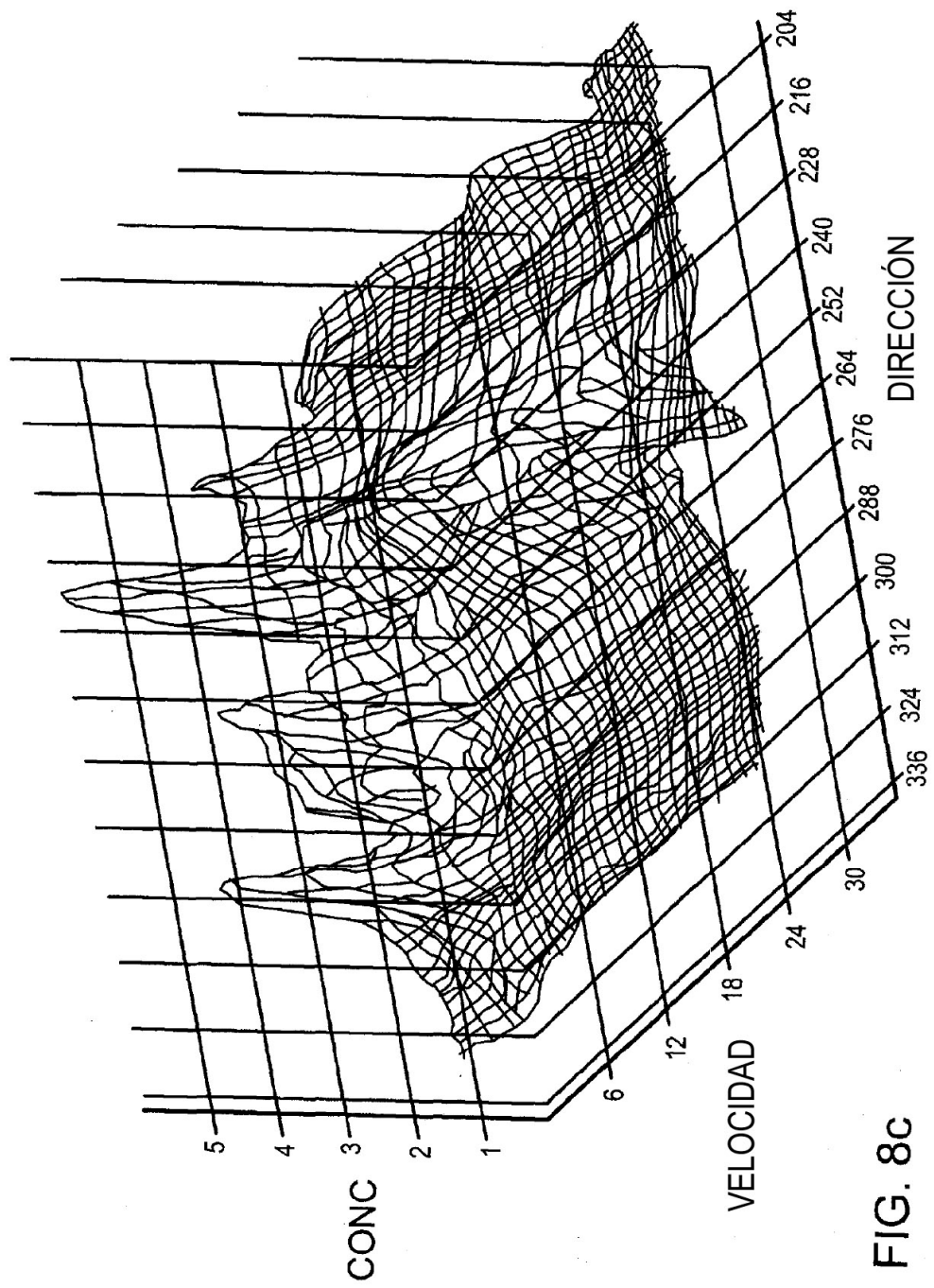


FIG. 8c

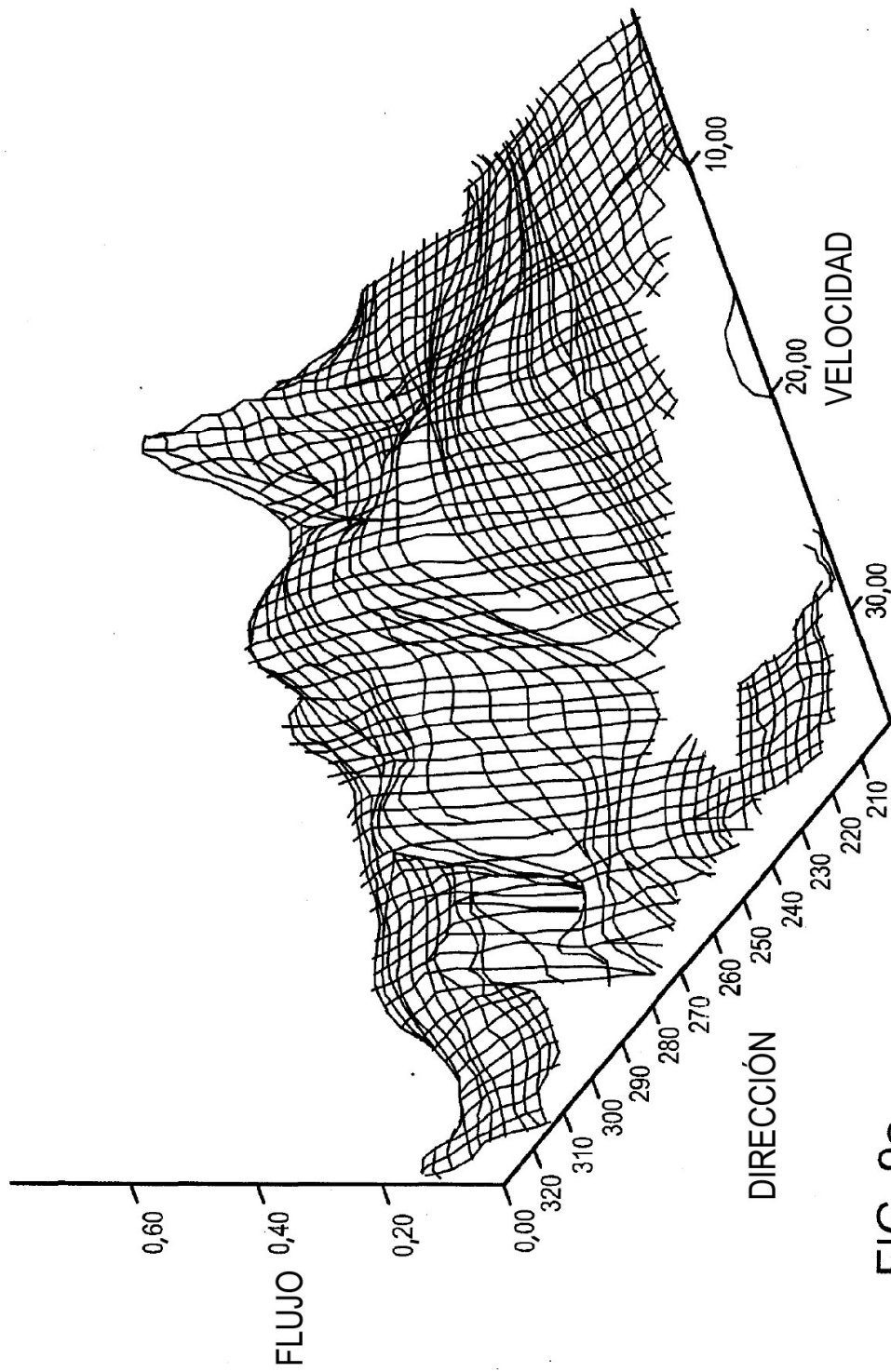


FIG. 9a

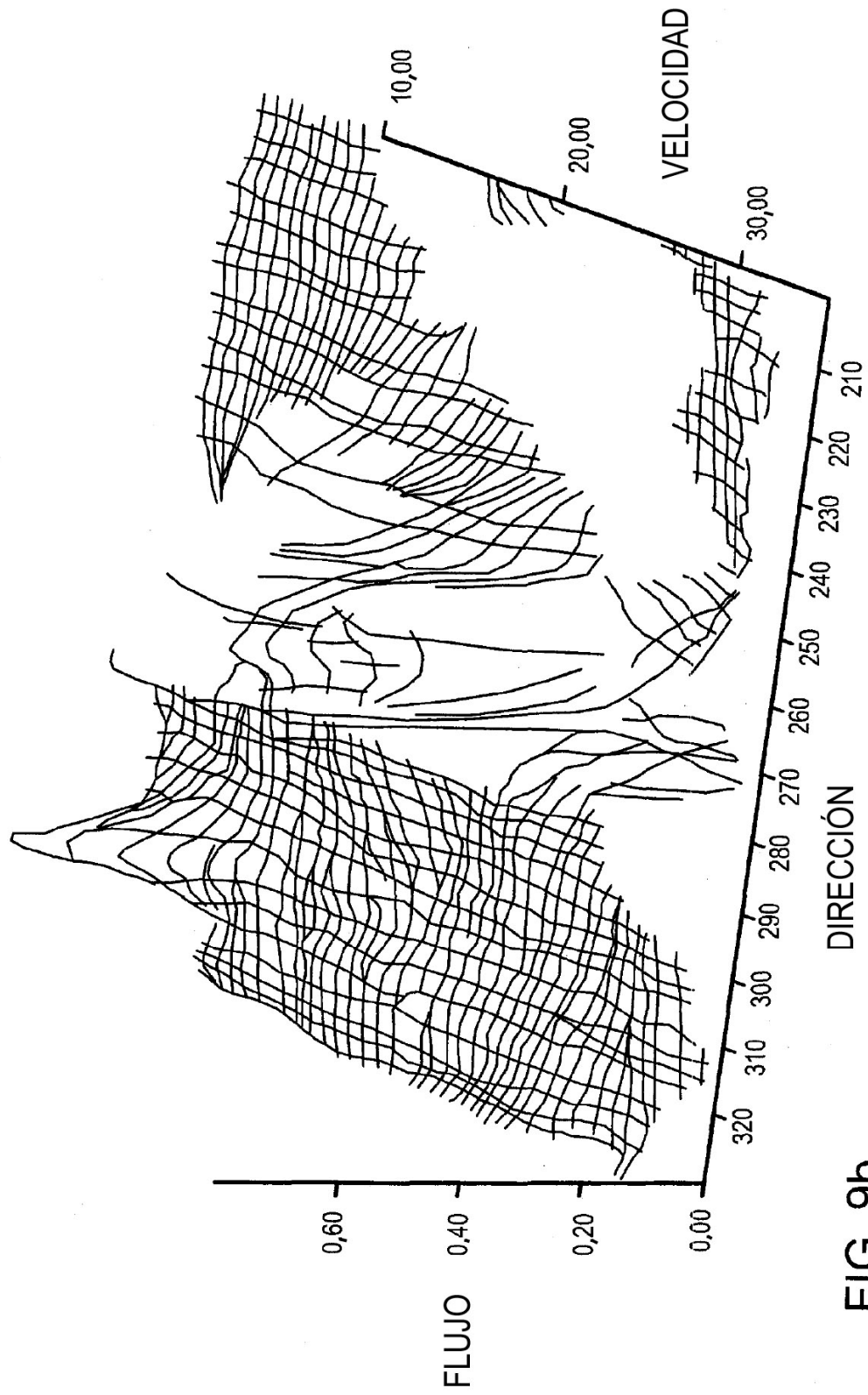
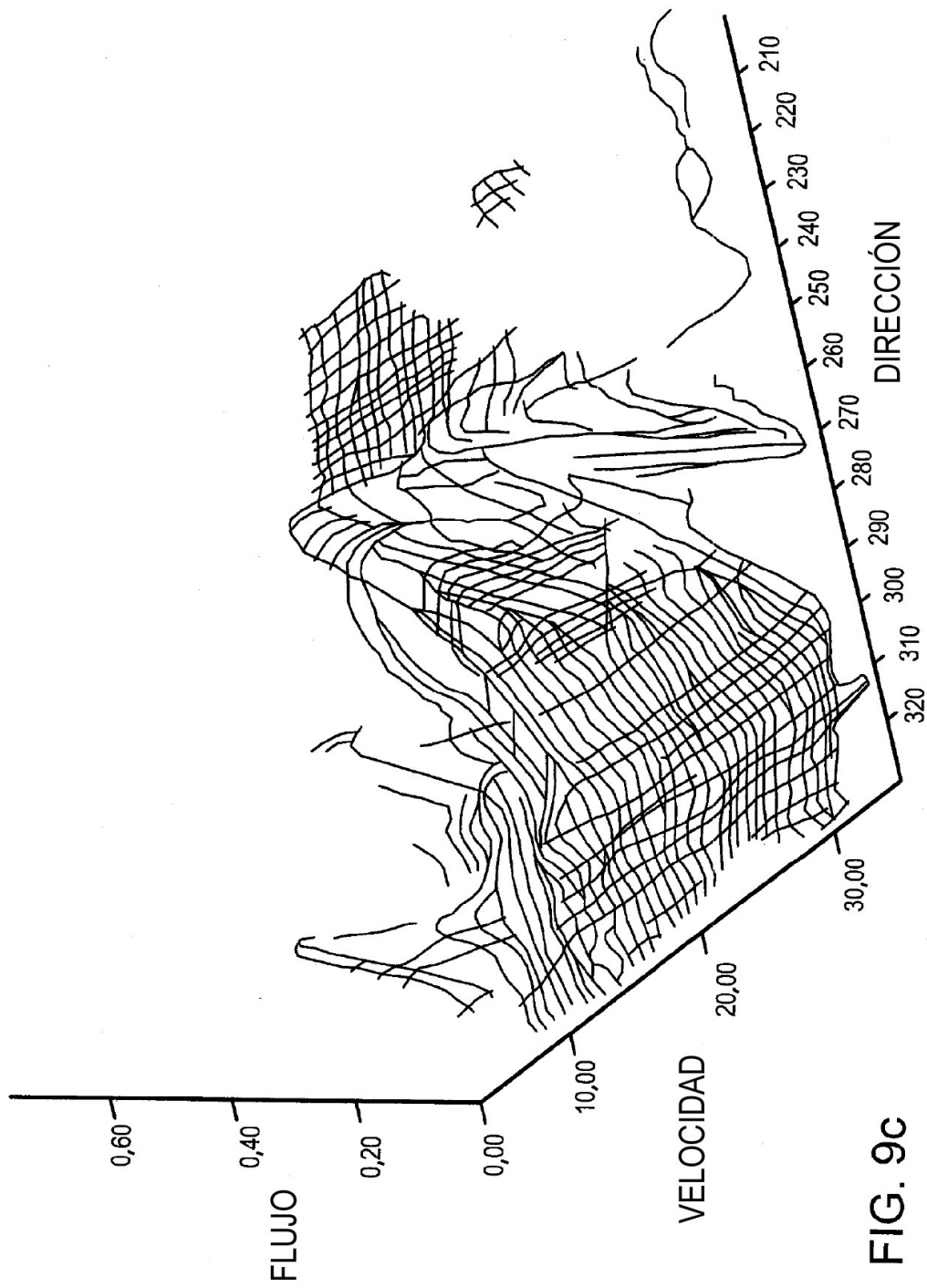


FIG. 9b



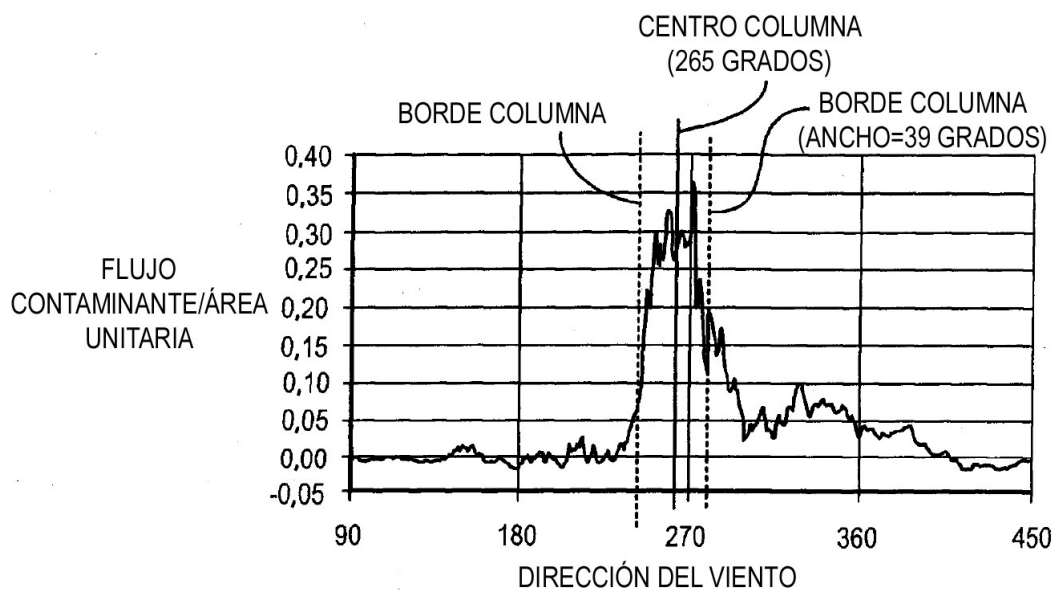


FIG. 10

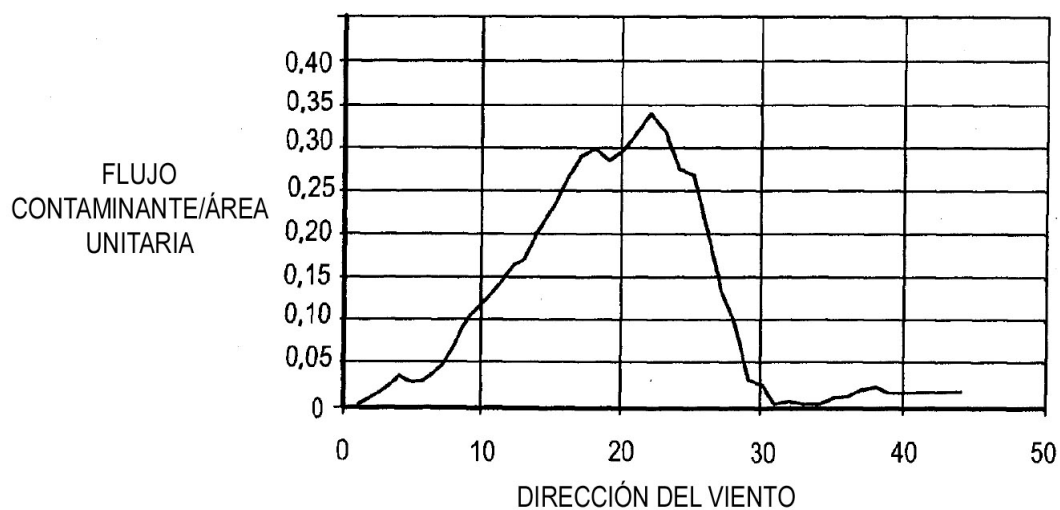


FIG. 11

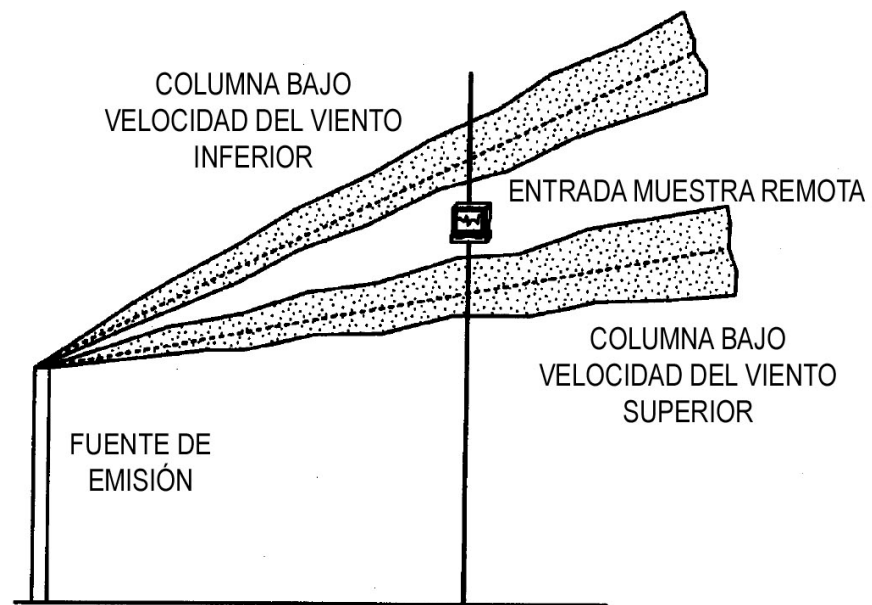


FIG. 12

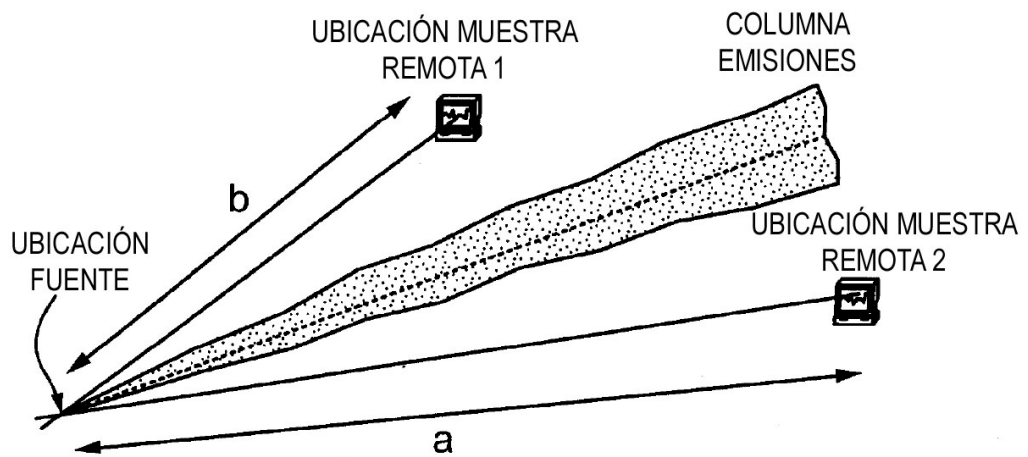


FIG. 13

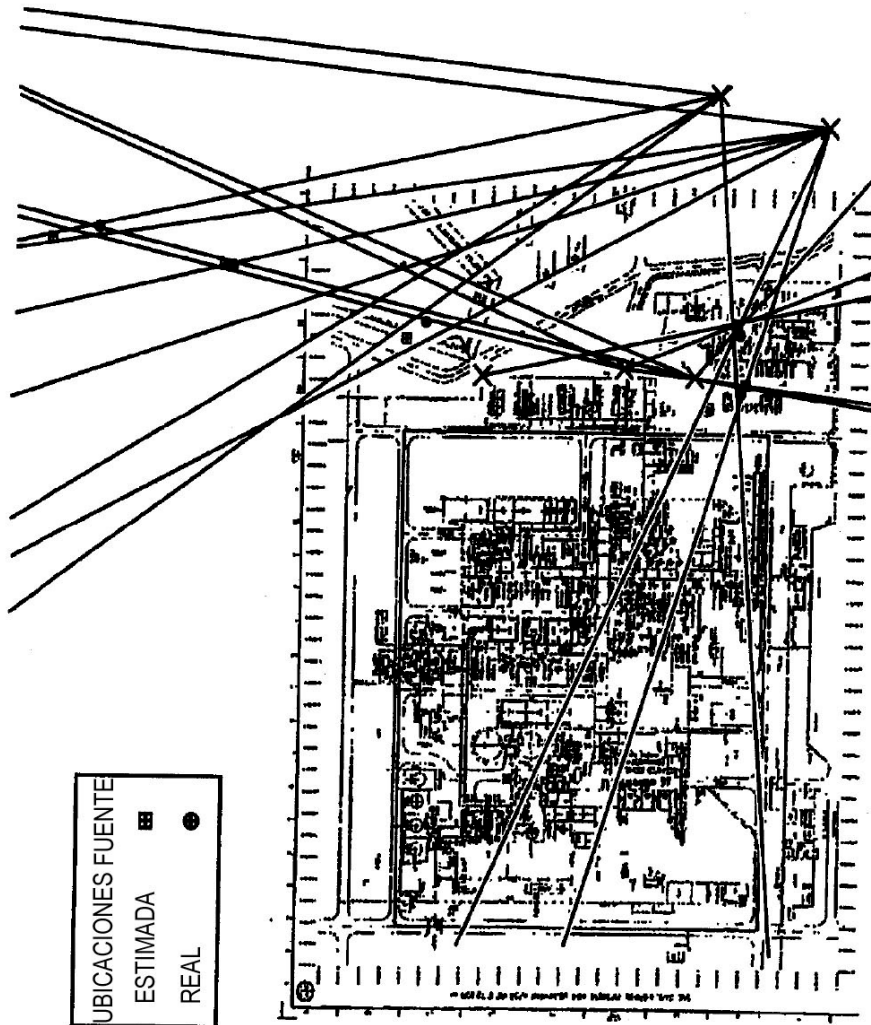


FIG. 14

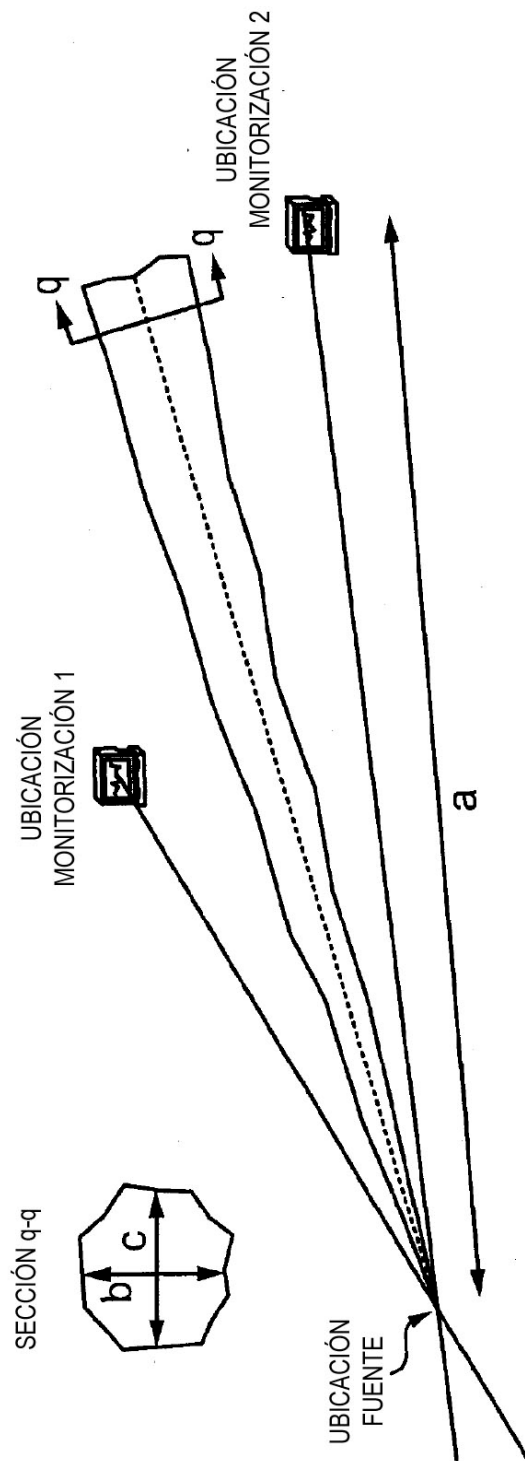


FIG. 15

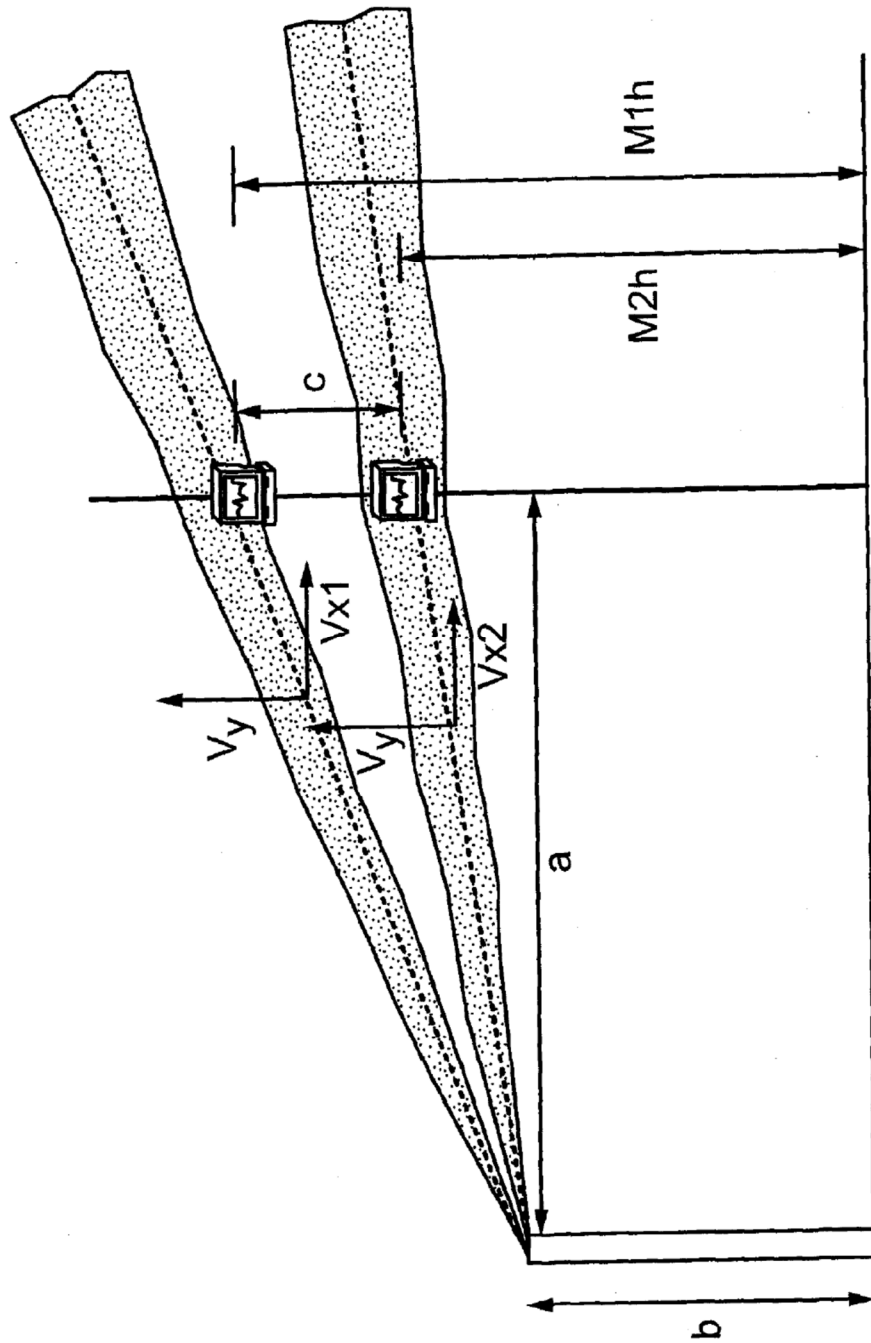


FIG. 16

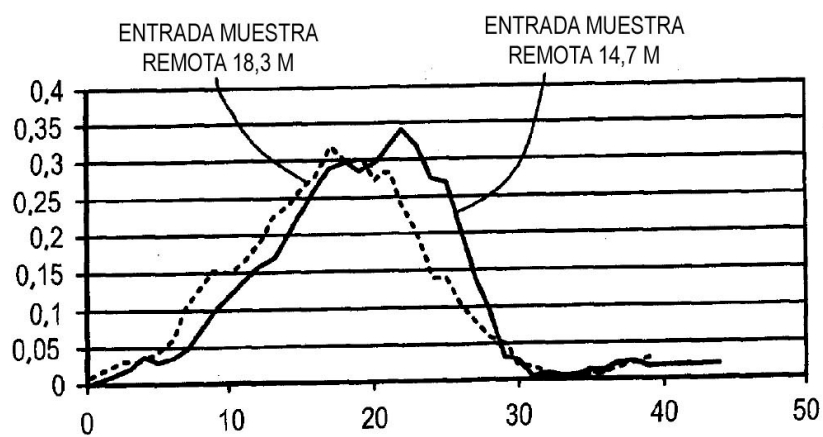


FIG. 17

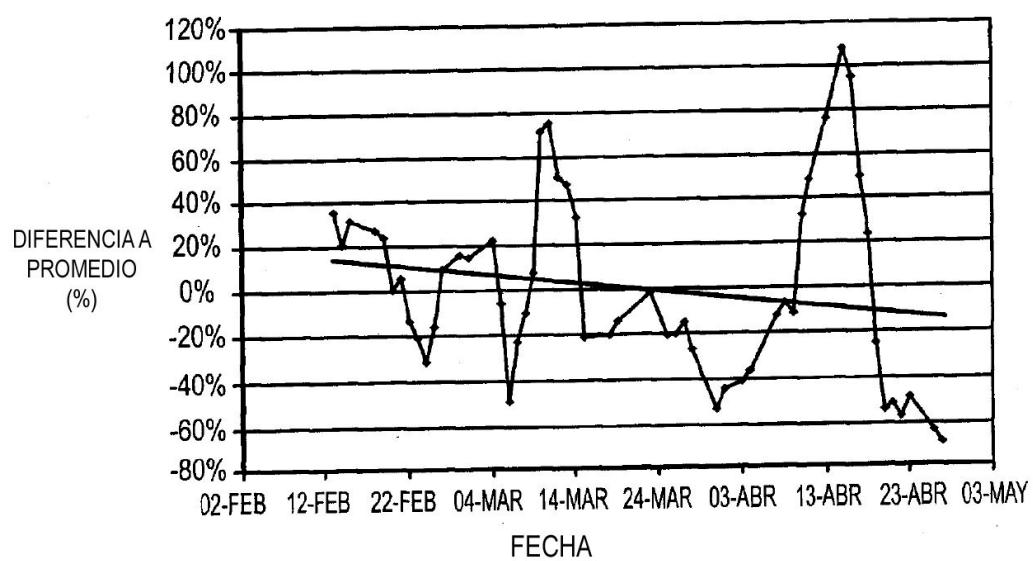


FIG. 18a

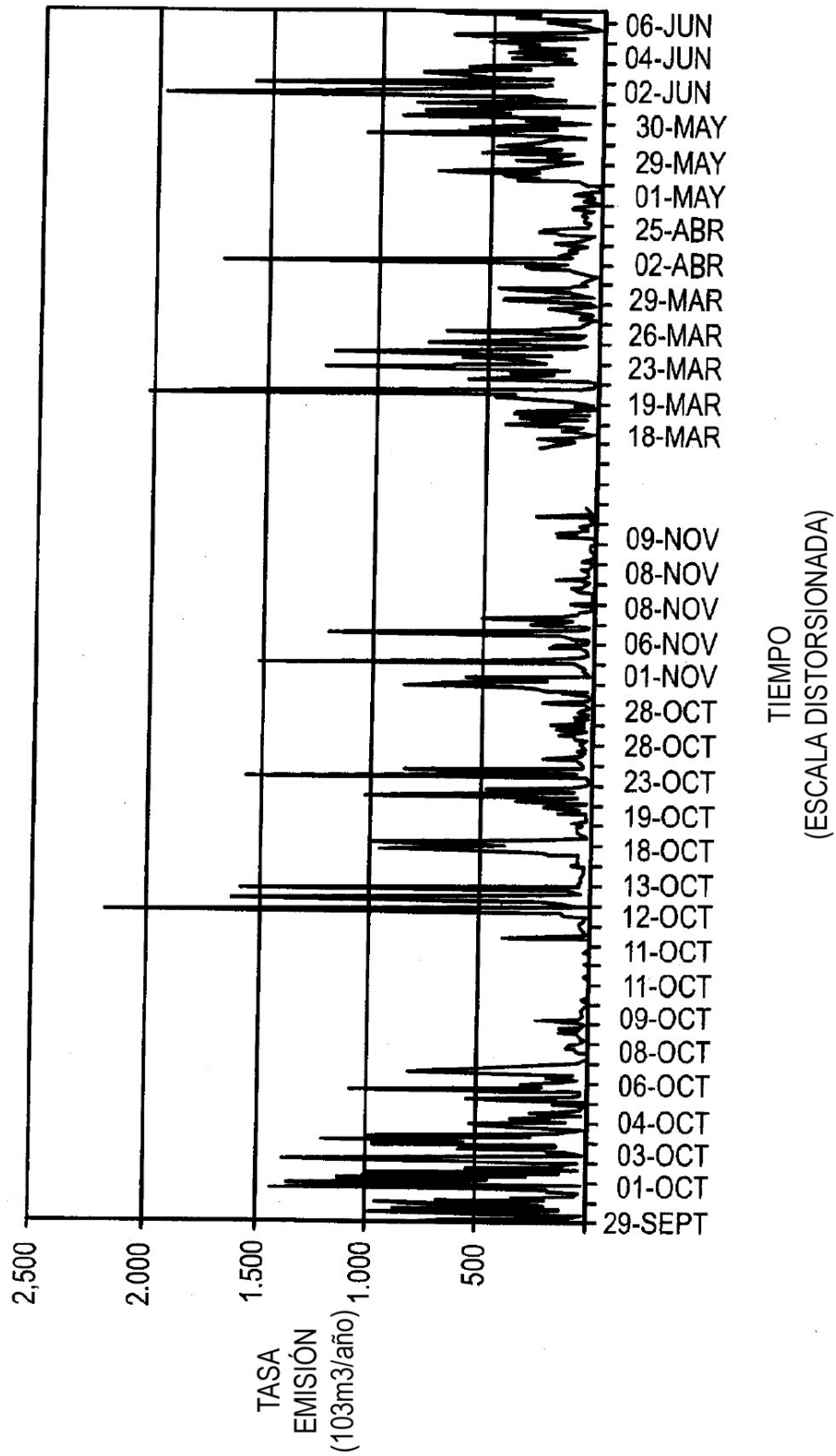


FIG. 18b

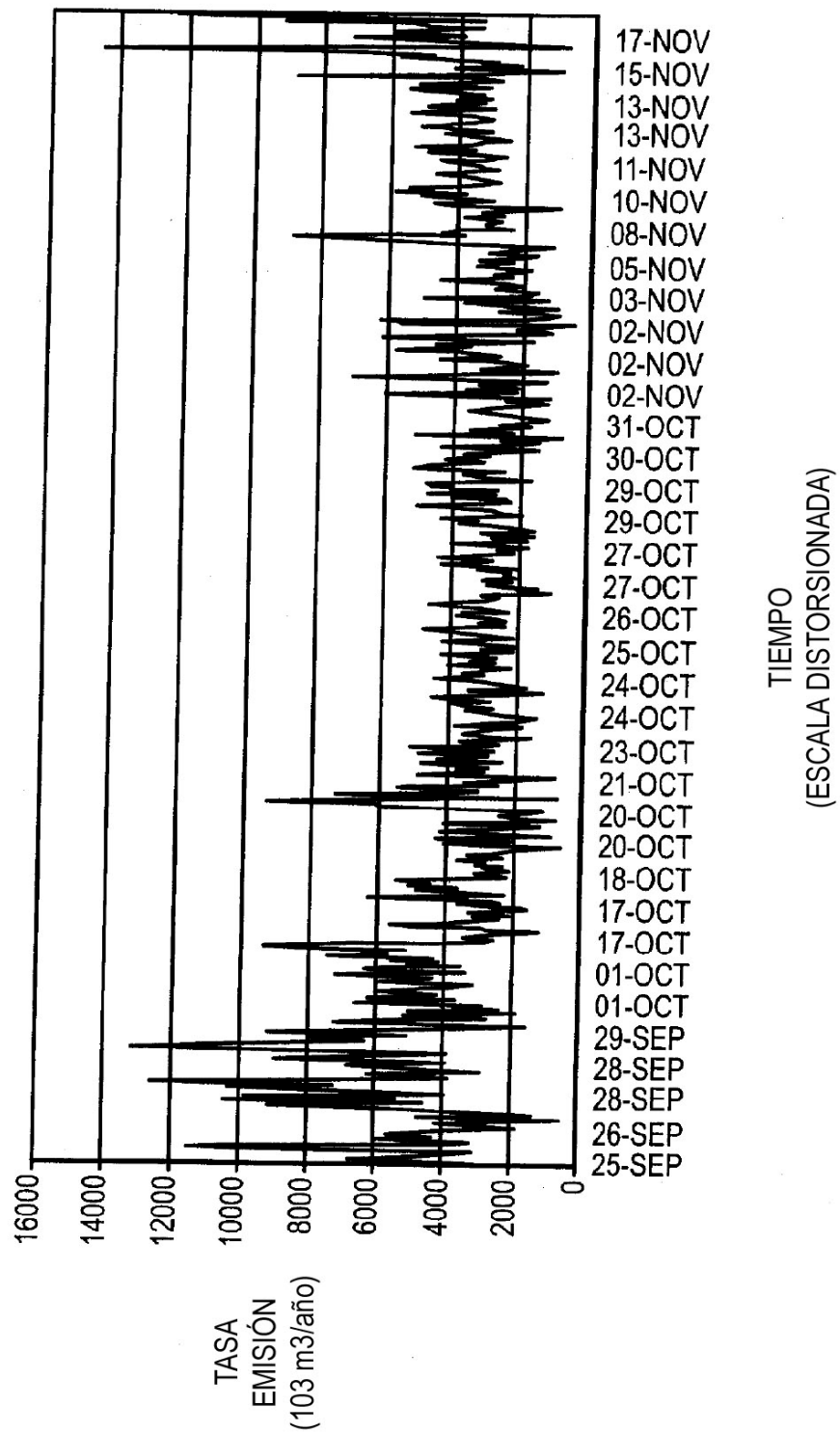


FIG. 18c

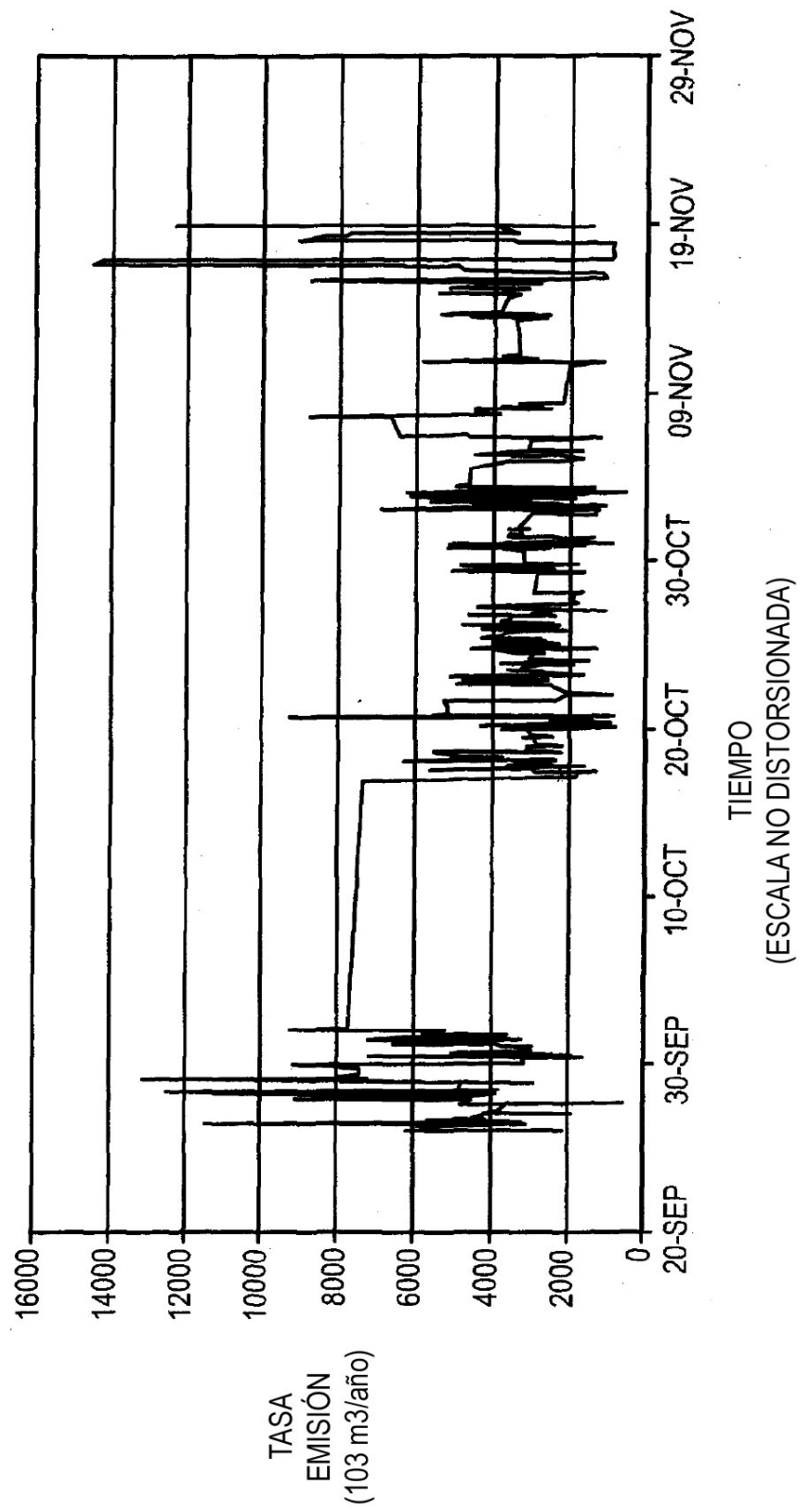


FIG. 18d

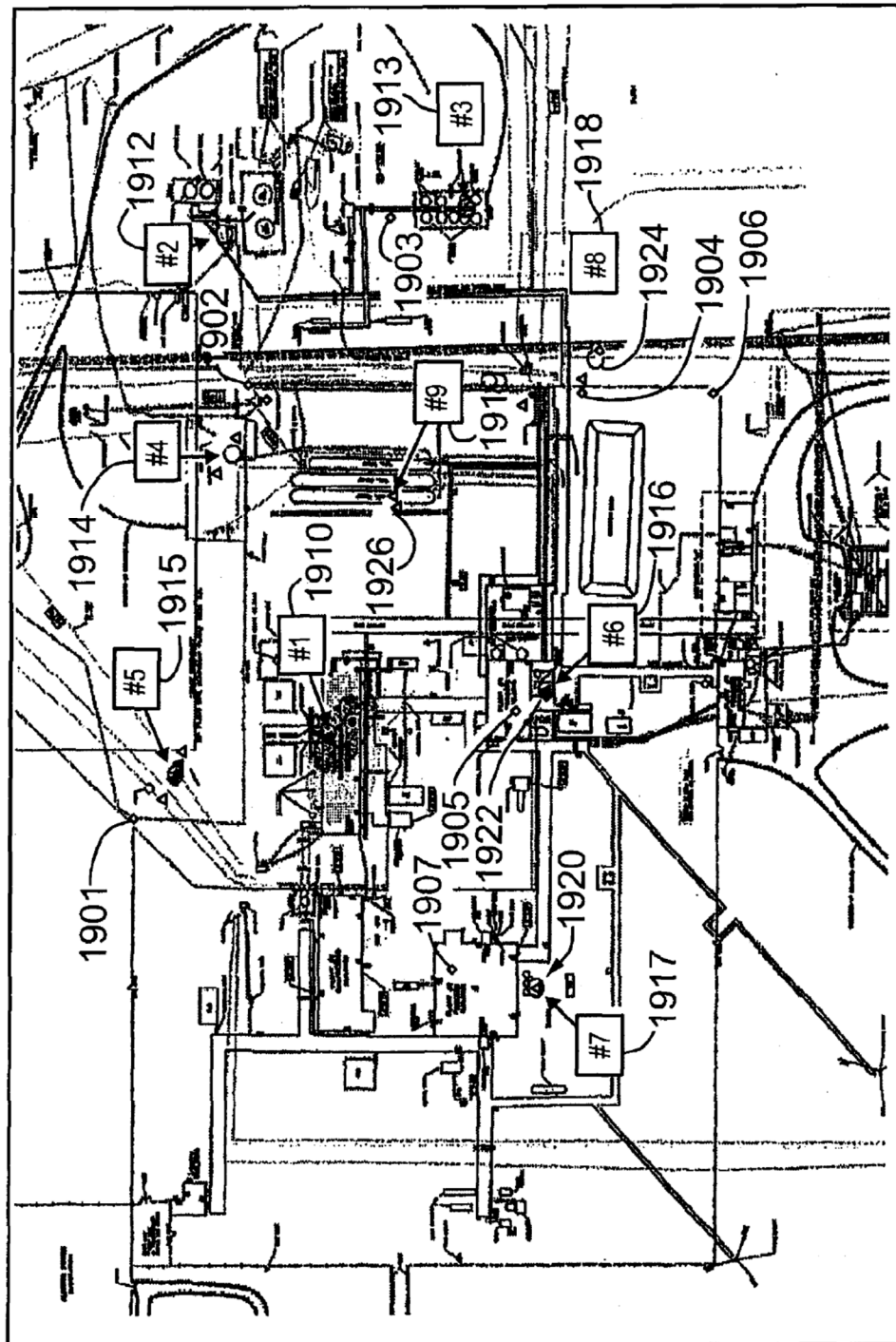
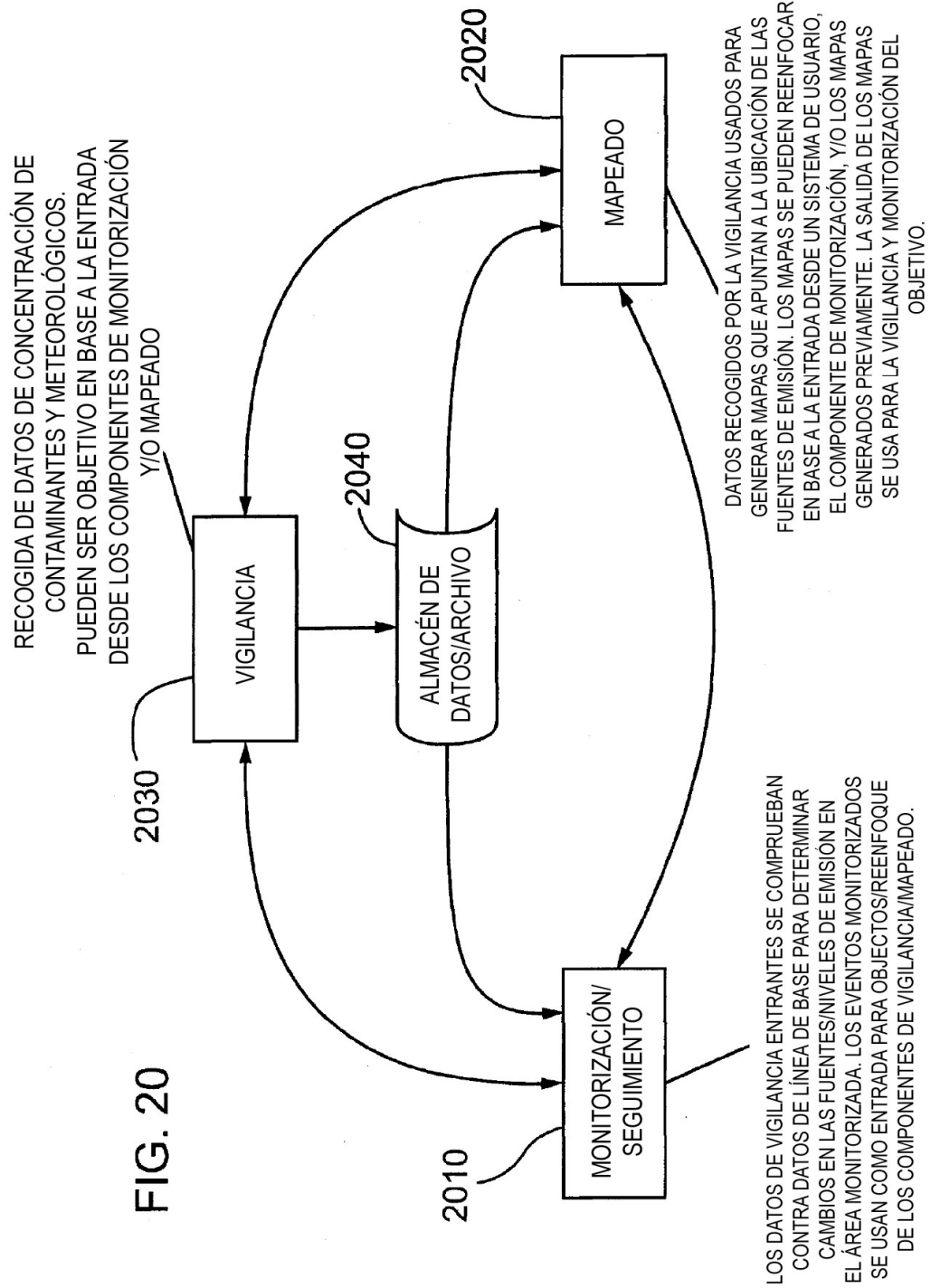


FIG. 19



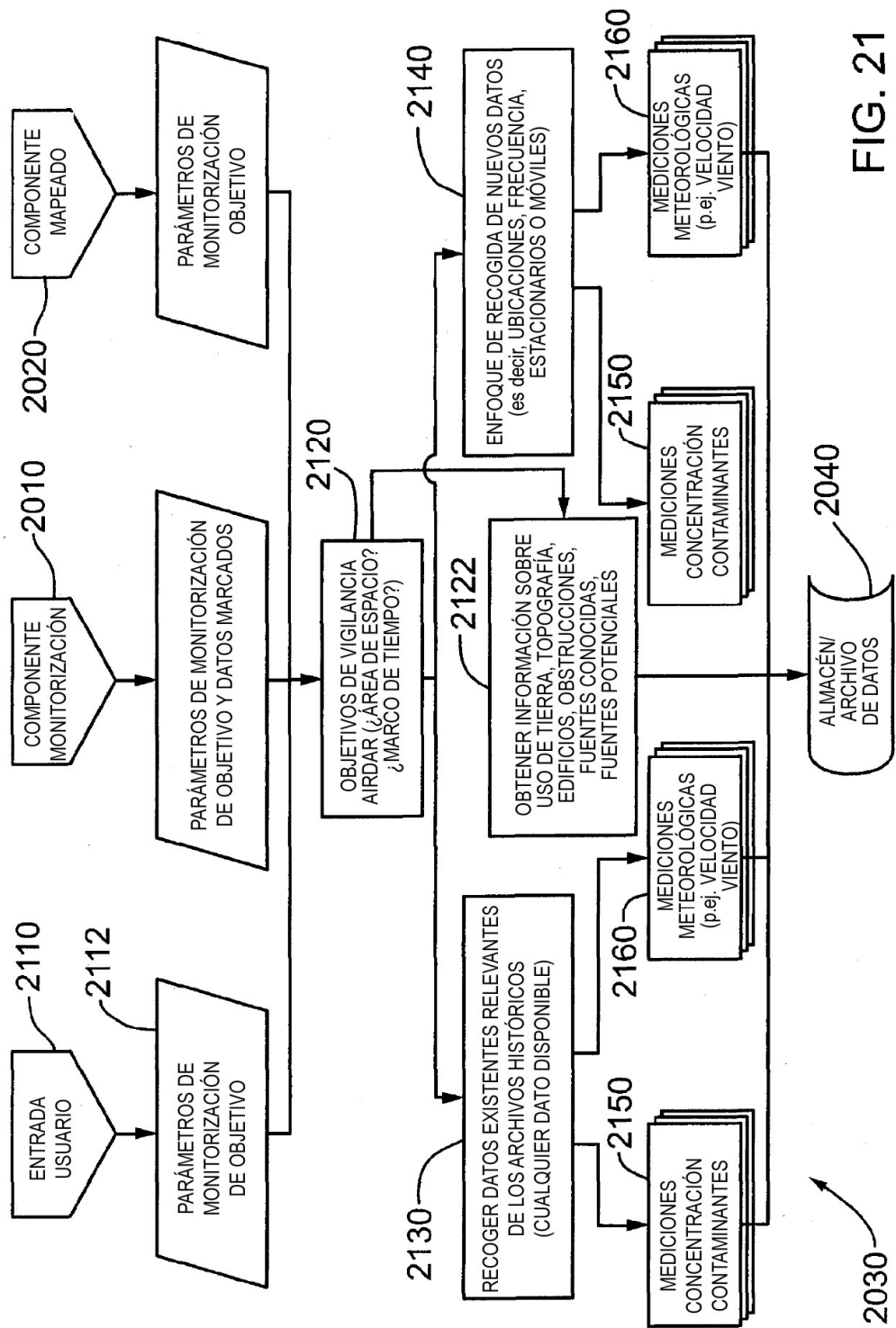
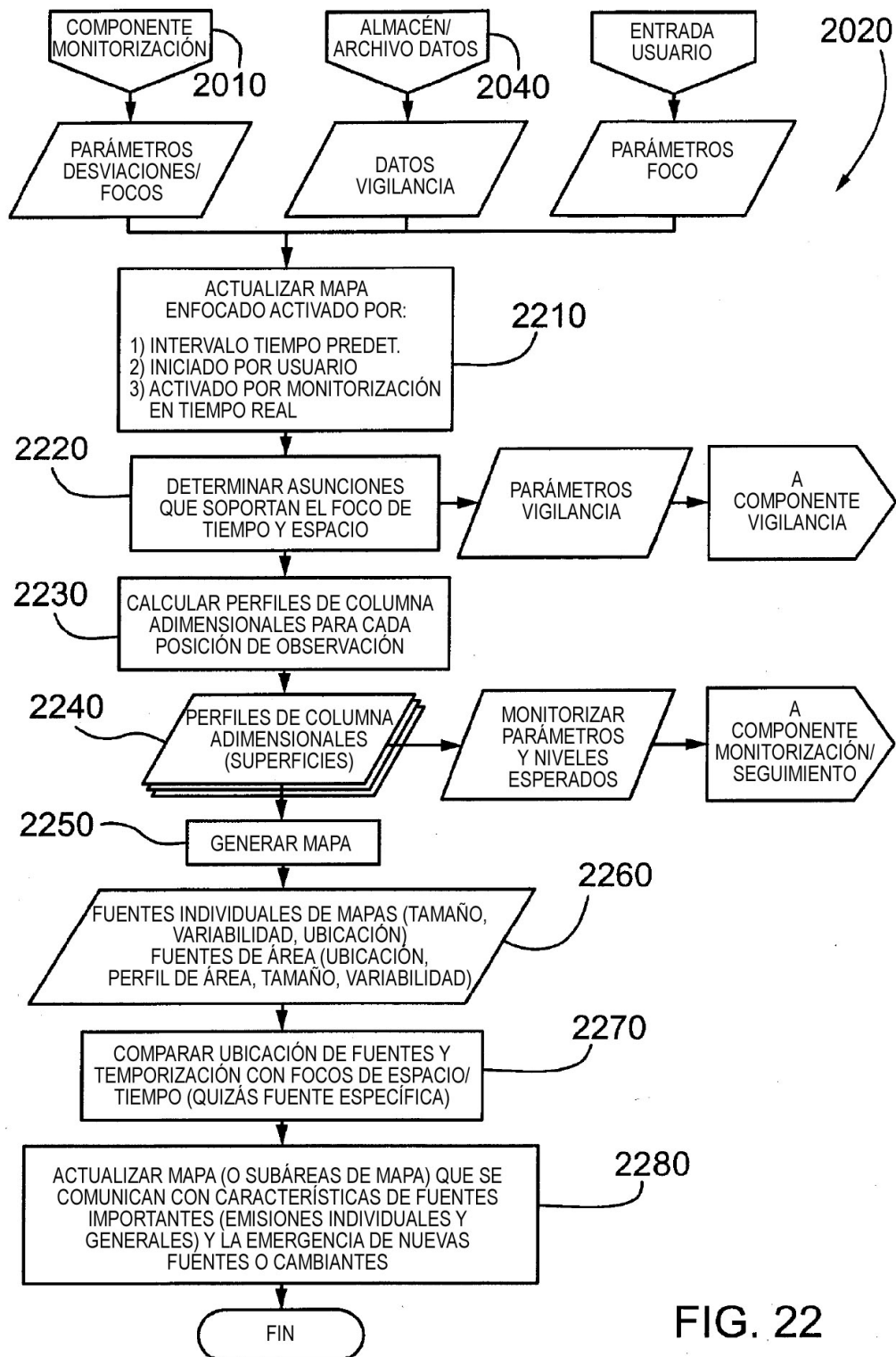


FIG. 21



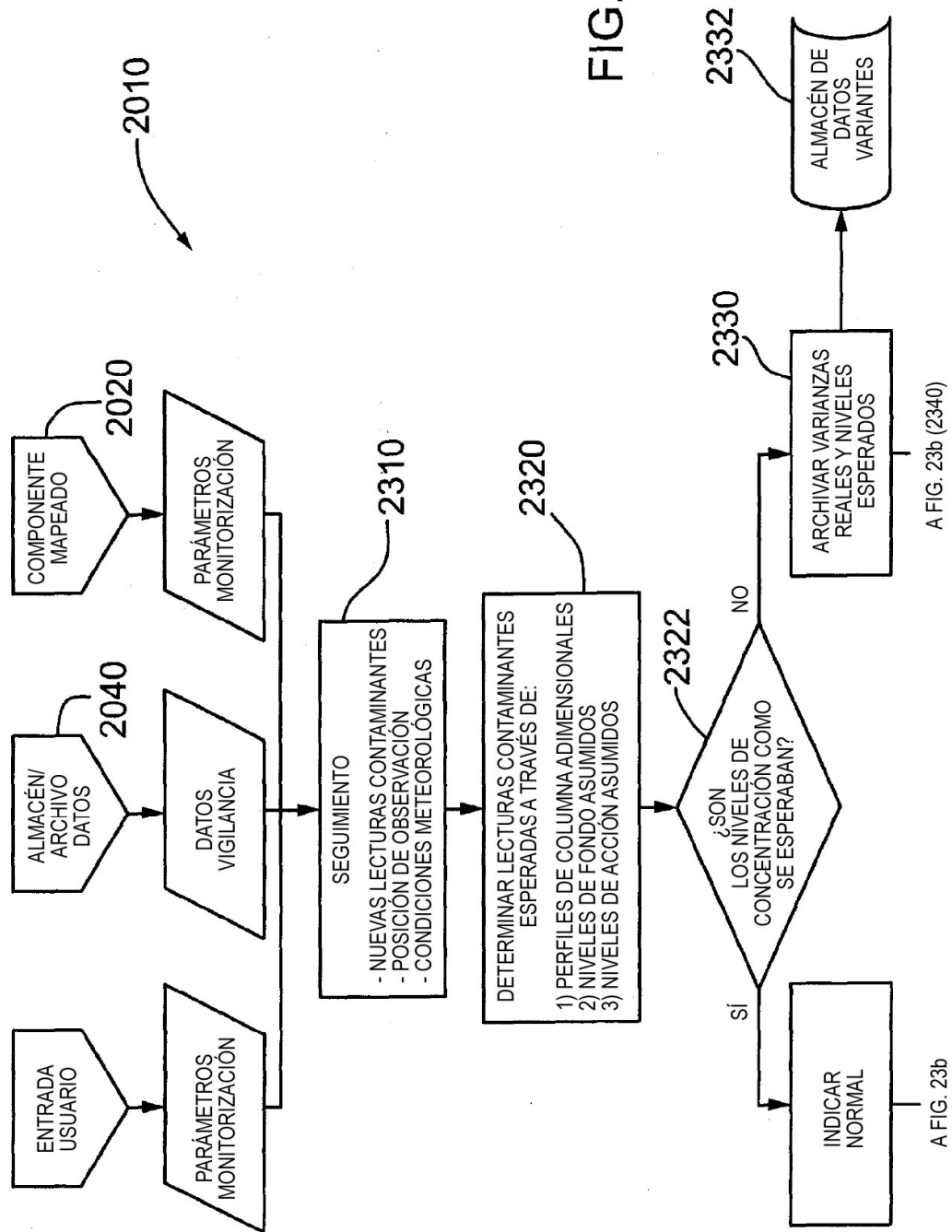


FIG. 23a

