

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 535 830**

51 Int. Cl.:

G01N 30/12 (2006.01)

G01N 30/88 (2006.01)

G01N 33/28 (2006.01)

G01N 33/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.04.2012 E 12724189 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.01.2015 EP 2702403**

54 Título: **Análisis de fluidos de yacimientos a presión**

30 Prioridad:

28.04.2011 US 201161480017 P
25.04.2012 US 201213455688

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.05.2015

73 Titular/es:

SGS NORTH AMERICA INC. (100.0%)
201 Route 17 North 7th Floor
Rutherford, NJ 07070, US

72 Inventor/es:

KRIEL, WAYNE A. y
MULLINGS, GRAHAM M.

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 535 830 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

Análisis de fluidos de yacimientos a presión

CAMPO TÉCNICO

5 Esta descripción se refiere a un sistema para el análisis de fluidos de yacimientos tales como el petróleo crudo vivo (a presión).

ANTECEDENTES

10 Hay casos en los que se desea determinar la composición de un fluido de yacimiento para fines de gestión del yacimiento tal como para determinar las relaciones de gas a petróleo, la contracción del fluido y la composición extendida. Típicamente estos fluidos existen o se producen a presiones y temperaturas elevadas. Aunque algunas plataformas marinas mantienen un pequeño laboratorio para la determinación de propiedades básicas de los fluidos, el espacio en la plataforma puede no permitir un equipo necesario para analizar el fluido en detalle. Por lo tanto, una muestra tomada en una plataforma marina puede ser transportada a una instalación de ensayo costera. En algunos casos, no es práctico mantener el equipo de análisis voluminoso en sitios de muestreo remotos tales como plataformas marinas en alta mar, lugares remotos, países subdesarrollados y zonas rurales. Dependiendo de la ubicación de la plataforma marina o del sitio de muestreo costero rural, la muestra puede viajar cientos o miles de millas (kilómetros) hasta llegar a la instalación de ensayo. Este recorrido puede introducir un retraso considerable entre el momento en el que se toma la muestra y el tiempo en el que se realiza el análisis. Este lapso de tiempo desalienta a realizar ensayos frecuentes y puede reducir o eliminar, a veces, el ensayo renovado. El recorrido aumenta la probabilidad de que la muestra se vuelva comprometida y/o contaminada e introduce gastos adicionales en los costos de análisis relacionados con los viajes y el tiempo. Si una muestra está contaminada o se ensucia durante su recogida, transporte, o de otra manera, la contaminación o el ensuciamiento puede no ser descubierto hasta que la muestra ha viajado las muchas millas hasta llegar al centro de ensayo centralizado. En tales casos, cuando es posible, se toma entonces otra muestra y se transporta a la instalación de ensayo centralizada.

25 En algunos casos, el vapor del espacio de cabeza de un líquido, en lugar del propio líquido, se puede analizar en un laboratorio en una plataforma marina. Si bien este enfoque permite el análisis en el sitio, el análisis puede proporcionar menos información de la deseable. Además de ello, cuando el análisis de los fluidos de yacimientos incluye una vaporización instantánea, se puede requerir un aparato separado para expandir la muestra y recoger las fases líquida y vapor, en cuyo caso las fases líquida y vapor se transfieren típicamente a otro aparato para análisis de la composición.

30 KRIEL W A ET AL: "IMPROVED GAS CHROMATOGRAPHIC ANALYSIS OF RESERVOIR GAS AND CONDENSATE SAMPLES", SPE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON OILFIELD CHEMISTRY, XX, XX, 1 de marzo de 1989 (01-03-1989), páginas 397-411, describe una metodología para analizar directamente en un cromatógrafo de gases muestras de fluidos de yacimientos a alta temperatura y alta presión.

35 El documento US 20070089483 A1 describe un método de analizar una composición que incluye crudo en vivo, que incluye separar la composición en una fase vapor y una fase líquida. Una composición de la fase vapor se determina con un cromatógrafo de gases. Al menos una parte de la fase líquida se deposita en un recipiente, y del recipiente se recoge una fase vapor del espacio de cabeza. Una composición del vapor del espacio de cabeza se determina con el cromatógrafo de gases.

40 El documento US 5499531 A describe un sistema para calcular la presión de vapor para un líquido, cuya composición es desconocida. El líquido a ensayar se hace pasar a través de un separador de gas/líquido a un caudal sustancialmente constante y a una temperatura y presión predeterminadas. El líquido que se hace pasar a través del separador desprende gas que se hace pasar a través de un gasómetro. El líquido que pasa del separador atraviesa un caudalímetro. El gas desprendido también se acopla a un cromatógrafo de gases para la medición de la composición del gas. Los datos de medición se introducen en un procesador para reunir una composición del petróleo de entrada asumida inicial con la composición de gas medida, el caudal de gas y el caudal de líquido utilizando datos de equilibrio constituyentes representativos para derivar la composición de la corriente de líquido de entrada. Los datos de la composición líquida reunidos se utilizan luego para calcular la presión de vapor o las emisiones de vapor del líquido.

50 BURKE ET AL: "Extended Analysis of Live Reservoir Oils by Gas Chromatography", SPE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON OILFIELD CHEMISTRY, 20-22 DE FEBRERO DE 1991, ANAHEIM, CALIFORNIA, vol. Paper-21003, 20 de febrero de 1991 (20-02-1991), páginas 79-88, describe el desarrollo y el comportamiento de un método cromatográfico de gases para determinar la composición extendida de fluidos de yacimientos en vivo que incluyen gases permanentes (N₂, CO₂, O₂, H₂S) e hidrocarburos C₁ a C₁₅.

5 El documento WO 20080064402 A1 describe un método para analizar las propiedades de fluidos contenidos en una formación geológica, que incluye las etapas de: a) hacer descender una herramienta que contiene un cromatógrafo a una ubicación dentro de la formación geológica; b) colocar la herramienta en posición; c) extraer una muestra del fluido de formación de la ubicación dentro de la formación geológica bajo condiciones controladas y dirigirla al cromatógrafo; y d) analizar la composición de la muestra de fluido de formación localizada pozo abajo. La formación de la muestra de fluido se suministra al cromatógrafo, con o sin la mezcla con un disolvente. Una herramienta de muestreo para uso en el método forma otro aspecto de la invención.

10 El documento US 20080141767 A1 describe cómo se puede mejorar significativamente el funcionamiento, análisis e interpretación de un sistema cromatográfico, al acoplar al mismo una o más mediciones de propiedades de fluidos que proporcionan un indicio del tipo de fluido, la presencia de cualquier tipo de contaminación, una estimación de la composición de hidrocarburos (C₁, C₂-C₅ y C₆₊), relación gas/petróleo, mediciones de color y/o fluorescencia. Otras mediciones que se pueden utilizar en la fase inicial pueden incluir determinaciones de la densidad, viscosidad, transición de fases. Estas mediciones se pueden utilizar para potenciar, en tiempo real, el protocolo de muestreo por GC, el protocolo de análisis y también mejorar la robustez de la interpretación del cromatograma.

15 SUMARIO

20 En un aspecto, un sistema para el análisis de fluidos de yacimientos a presión incluye un alojamiento que tiene un primer subsistema de cromatografía, un segundo subsistema de cromatografía y un aparato de expansión. El aparato de expansión vaporiza parcialmente el fluido del yacimiento a presión para producir un gas vaporizado y un líquido del yacimiento. El gas vaporizado fluye dentro del alojamiento desde el aparato de expansión al segundo subsistema de cromatografía a través del primer subsistema de cromatografía, y el primer y segundo subsistemas de cromatografía son accionados simultáneamente o de manera sustancialmente simultánea para detectar componentes en el fluido del yacimiento.

25 Implementaciones incluyen una o más de las siguientes características. En algunos casos, el primer subsistema de cromatografía está configurado para detectar gases fijos. El segundo subsistema de cromatografía puede estar configurado para detectar hidrocarburos C₁ a C₅. En determinados casos, el primer subsistema de cromatografía incluye un primer detector de la conductividad térmica, y el segundo subsistema de cromatografía incluye un segundo detector de la conductividad térmica. El alojamiento puede incluir, además, un tercer subsistema de cromatografía configurado para detectar hidrocarburos C₁ a C₂₀. En un ejemplo, el tercer subsistema de cromatografía incluye un detector de ionización de llama.

30 El sistema de análisis puede incluir una columna capilar analítica de gases, una columna capilar analítica de líquidos y una válvula selectora. La columna capilar analítica de gases y la columna capilar analítica de líquidos pueden acoplarse al detector de ionización de llama a través de la válvula selectora. En algunos casos, el tercer subsistema de cromatografía incluye una columna capilar analítica de gases. El sistema de análisis puede incluir, además, un conducto configurado para transportar el gas vaporizado desde el aparato de expansión al primer subsistema de cromatografía. La temperatura del conducto se puede controlar utilizando el calor disponible en el sistema de análisis.

35 En algunas implementaciones, el sistema de análisis incluye un único sistema de adquisición de datos acoplado al primer subsistema de cromatografía, el segundo subsistema de cromatografía y el aparato de expansión. El sistema de adquisición de datos único puede ser configurado para adquirir datos relativos a la composición del gas vaporizado y el líquido del yacimiento. El sistema de análisis también puede incluir un microprocesador acoplado al sistema de adquisición de datos, en donde el microprocesador se puede hacer funcionar para evaluar una relación de gas a petróleo del fluido del yacimiento a presión basado en datos adquiridos por el sistema de adquisición de datos.

40 En determinadas implementaciones, el aparato de expansión vaporiza parcialmente el fluido del yacimiento a presión para producir agua libre junto con el gas vaporizado y el líquido del yacimiento. El líquido del yacimiento puede ser un líquido de yacimiento equilibrado. El sistema de análisis es una unidad integrada o autónoma.

45 Otro aspecto incluye vaporizar parcialmente un fluido de yacimiento a presión para formar un gas vaporizado y un líquido de yacimiento, proporcionando automáticamente una sola muestra del gas vaporizado a dos subsistemas de cromatografía en serie, adquiriendo datos relativos a la composición del gas vaporizado de los dos subsistemas de cromatografía con un único sistema de adquisición de datos, y cuantificando la composición del líquido del yacimiento sobre la base de los datos adquiridos por el sistema de adquisición de datos único.

50 Las implementaciones pueden incluir una o más de las siguientes características. En algunos casos, la muestra única del gas vaporizado se proporciona automáticamente a un tercer subsistema de cromatografía en serie con los dos subsistemas de cromatografía. En determinados casos, el líquido del yacimiento se proporciona a un tercer subsistema de cromatografía. Los datos relacionados con la composición del líquido del yacimiento del tercer

subsistema de cromatografía pueden ser adquiridos con el sistema de adquisición de datos único, los datos relacionados con la composición del líquido del yacimiento y los datos relacionados con la composición del gas vaporizado se pueden combinar, y se puede cuantificar la composición del fluido del yacimiento a presión en base a los datos adquiridos por el sistema de adquisición de datos único.

- 5 En algunos casos, la condensación del gas vaporizado puede ser inhibida automáticamente antes de proporcionar la muestra única del gas vaporizado a los dos subsistemas de cromatografía en serie. La inhibición de la condensación puede incluir, por ejemplo, calentar el gas vaporizado con el calor disponible. En determinados casos, se puede evaluar una relación ponderal del gas vaporizado al líquido del yacimiento.

- 10 Características de los sistemas y métodos descritos en esta memoria permiten el análisis automatizado de una muestra de fluido del yacimiento a presión sin manipulación de la muestra durante el proceso de análisis. La naturaleza autónoma del sistema de análisis descrito en la presente memoria permite la caracterización de un fluido del yacimiento a presión mediante un enfoque integrado, de tal manera que una parte de la muestra no se transfiere desde el interior del sistema de análisis a otro sistema o subsistema fuera del alojamiento del sistema de análisis. Ventajas incluyen la reducción de las pérdidas de muestra y error inducido por el operario. Además, se inhibe la condensación de hidrocarburos pesados.

Estos aspectos generales y específicos pueden ser implementados utilizando un dispositivo, sistema o método, o cualquier combinación de dispositivos, sistemas o métodos. Los detalles de una o más realizaciones se exponen en los dibujos adjuntos y en la descripción que figura a continuación. Otras características, objetos y ventajas resultarán evidentes a partir de la descripción y los dibujos, y de las reivindicaciones.

20 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Los conceptos en esta memoria pueden ser entendidos de una manera más completa considerando la siguiente descripción detallada de diversas realizaciones en unión con los dibujos adjuntos, en los cuales:

La FIG. 1A es una vista frontal de un sistema de análisis;

la FIG. 1B es una vista en planta del sistema de análisis representado en la FIG. 1A;

- 25 la FIG. 2A es una vista frontal de un aparato de expansión;

la FIG. 2B es una vista lateral del aparato de expansión de la FIG. 2A;

la FIG. 2C es una vista interna del aparato de expansión de la FIG. 2A;

la FIG. 3 es una vista interna del sistema de análisis representado en las FIGs. 1A y 1B;

la FIG. 4 representa un cromatógrafo de muestras de una muestra de líquido de equilibrio;

- 30 la FIG. 5 representa subsistemas de análisis en el horno isotérmico de un sistema de análisis;

las FIGs. 6A y 6B son diagramas esquemáticos de un primer subsistema de análisis representado en la FIG. 5;

la FIG. 7 representa un cromatógrafo de muestras del subsistema de análisis representado en las FIGs. 6A y 6B;

las FIGs. 8A y 8B son diagramas esquemáticos de un segundo subsistema de análisis representado en la FIG. 5;

la FIG. 9 representa un cromatógrafo de muestras del subsistema de análisis representado en las FIGs. 8A y 8B;

- 35 las FIGs. 10A y 10B son diagramas esquemáticos de un tercer subsistema de análisis representado en la FIG. 5;

la FIG. 11 representa un cromatógrafo de muestras desde el subsistema analítico representado en las FIGs. 10A y 10B;

la FIG. 12 representa una serie de válvulas esquemáticas para la inyección de la muestra;

la FIG. 13 representa un aparato para la depuración de gas de ventilación; y

- 40 la FIG. 14 representa un aparato para la titulación de gas de ventilación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

5 El sistema de análisis descrito en esta memoria es una unidad autónoma que puede funcionar para evaluar la relación de gas a petróleo (GOR) y la contracción del fluido de fluidos de yacimientos, y se puede utilizar para el análisis de la composición extendida de muestras ricas en gas expandido y pobres en gas, así como líquidos de equilibrio vaporizados, condensados y aceites negros. El análisis de las diferentes muestras se logra sin una contaminación cruzada, por ejemplo entre los gases ricos expandidos y los gases pobres o entre el gas natural extendido y líquidos (p. ej., aceites negros y condensados). El sistema puede proporcionar resultados precisos hasta e incluyendo C20 para muestras de gases y hasta e incluyendo C35 para muestras de líquidos. En el caso de los líquidos, los componentes mayores que C35 se determinan mediante equilibrio de masas y se consideran como un único componente al que se alude como C36+.

15 Las Figs. 1A y 1B muestran vistas frontales y en planta, respectivamente, del sistema de análisis 100. El sistema de análisis 100 incluye un cromatógrafo de gases 102, un aparato de expansión 104 y un horno isotérmico 106. El sistema de análisis 100 es un dispositivo capaz de aceptar una muestra de fluido del yacimiento a presión y de analizar la composición y otras características del fluido (p. ej., de dos o más fases del fluido) sin transferir el fluido de muestra o una porción del fluido de muestra (p. ej., un componente de vapor) del interior del dispositivo a otro sistema (p. ej., un subsistema) exterior (p. ej., y acoplado) al dispositivo. El sistema de análisis 100 es una sola unidad compacta que puede ser transportada a una plataforma marina en un contenedor, desempaquetada y colocada en un laboratorio en la plataforma para el análisis inmediato de los fluidos vivos. No se requiere una asociación o concatenación de unidades adicionales para el análisis completo de la composición de un fluido del yacimiento en la plataforma.

25 El cromatógrafo de gases 102, el aparato de expansión 104 y el horno isotérmico 106 están integrados en un alojamiento común, de manera que las muestras de gas se mueven internamente (es decir, dentro del alojamiento) entre el aparato de expansión y el horno isotérmico, entre el horno isotérmico y el cromatógrafo de gases, etc. en un entorno controlado térmicamente sin salir del sistema de análisis 100. Se utiliza el calor disponible en el interior del sistema de análisis 100 (p. ej., calor generado por el cromatógrafo de gases 102, el horno isotérmico 106, etc.) para calentar las tuberías de gas que transfieren gas entre el aparato de expansión y el horno isotérmico, entre el horno isotérmico y el cromatógrafo de gases, etc. de manera que se evita la condensación del gas, o de componentes del gas. Por ejemplo, no se necesita una fuente de alimentación externa, cinta de calor, etc., para inhibir la condensación del gas o de los componentes del gas.

30 Un selector de columna analítica 108 está acoplado a una válvula en el interior del sistema de análisis 100 y permite al usuario o programador seleccionar (p. ej., a distancia y/o automáticamente) entre una columna capilar analítica de gases y una columna capilar analítica de líquidos alojada en el cromatógrafo de gases 102 para el análisis de las muestras de gas y líquido, respectivamente. El horno isotérmico 106 incluye tres subsistemas analíticos, uno de los cuales está acoplado a la columna capilar analítica de gases, y todos ellos están vinculados para permitir que los bucles de muestra en los subsistemas sean llenados en serie con una muestra del aparato de expansión 104 o una muestra inyectado a través de la entrada/salida de gases 110 cuando se selecciona la columna analítica de gases en el cromatógrafo de gases 102. Cuando se selecciona la columna analítica de líquidos, una muestra de líquido inyectado a través de la entrada posterior 114 penetra en la columna analítica de líquidos en el cromatógrafo de gases 102. El sistema de análisis de 100 también incluye controladores de temperatura 116 y 118. El controlador de temperatura 116 controla la temperatura del horno isotérmico 106 y el controlador de temperatura 118 controla la temperatura de la tubería de transferencia de gas externa al sistema de análisis 100 para inhibir la condensación de los componentes más pesados en la tubería de transferencia.

45 Los datos del sistema de análisis 100 (p. ej., del cromatógrafo de gases 102 y del aparato de expansión 104) son adquiridos por un único sistema de adquisición de datos 122 común y son manipulados por un microprocesador 124. En determinadas realizaciones, el sistema de análisis 100 se comunica con el dispositivo de computación 126 (p. ej., un ordenador personal) para permitir la visualización, el análisis y la manipulación de la salida de datos del sistema de análisis de fluidos del yacimiento. En determinadas realizaciones, el dispositivo de computación 126 está vinculado a una red que permite a los dispositivos de computación remotos comunicarse con el dispositivo de computación 126 y en algunos casos operan de forma remota el sistema de análisis 100. En determinadas realizaciones, el dispositivo de computación 126 puede permitir a una ubicación remota comunicarse con un operador para proporcionar al operador instrucciones sobre el funcionamiento del sistema de análisis 100.

55 El aparato de expansión 104 es un aparato de expansión de una sola fase que permite expandir las muestras a las condiciones atmosféricas con el aislamiento, la recogida y la medición de las fases liberadas (es decir, gas, petróleo y agua). El aislamiento y las mediciones de las respectivas fases permiten la determinación de la relación de gas a petróleo (GOR), la contracción del fluido y las composiciones de gas y líquido, así como el cálculo de la densidad viva da partir del equilibrio de masas. Las FIGs. 2A, 2B y 2C muestran vistas frontales, laterales e internas del aparato de expansión 104, respectivamente.

ES 2 535 830 T3

Un picnómetro 200 que contiene un fluido de muestra a presión está acoplado a través de la válvula 202 a la entrada 204 de un aparato de expansión 104 por la tubería 206. El picnómetro 200 puede ser retirado del aparato de expansión 104 y ser transportado para recoger la muestra de fluido. En un ejemplo, el picnómetro 200 es llevado por un operario desde el aparato de expansión 104 a una ubicación en donde se recogerá la muestra, la muestra se recoge y el picnómetro 200 se devuelve al aparato de expansión 104. Esto elimina la necesidad de transferir la muestra de fluido entre múltiples recipientes tal como entre la ubicación en donde se recoge la muestra y un recipiente de muestra intermedio y desde un recipiente de muestras intermedio y el picnómetro 200. En otras realizaciones, el picnómetro 200 permanece conectado al aparato de expansión 104 durante el funcionamiento y fluido de muestra se recoge y se deposita en el picnómetro, por ejemplo a través de un recipiente de muestra intermedio.

El picnómetro 200 define internamente una cavidad alargada que recibe de manera estanca un pistón. El pistón divide la cavidad alargada en dos cámaras distintas: una cámara de fluido de accionamiento (líquido o gas a presión) y una cámara de muestras. La cámara de muestras se puede hacer funcionar para recibir la muestra de fluido a través de la válvula 202. Después de recibir la muestra de fluido, la válvula 202 se cierra para retener la muestra de fluido en la cámara de muestras. El volumen máximo del picnómetro 200 está calibrado con precisión para la presión y la temperatura. Adicionalmente, el peso "en seco" del picnómetro 200 se conoce con precisión. El volumen de la muestra de fluido, por lo tanto, se puede determinar ajustando el volumen máximo de la cámara de muestras para la temperatura y la presión de la muestra de fluido en la misma. El peso de la muestra de fluido se puede determinar pesando el picnómetro 200 que contiene la muestra de fluido y restando el peso en seco del picnómetro. La densidad de la muestra de fluido se puede determinar dividiendo el peso determinado por el volumen determinado.

El tamaño del picnómetro 200 se puede seleccionar para facilitar el manejo por el operario. Un recipiente más pequeño es más fácil de manipular y transportar por el operario. En un caso, el picnómetro 200 tiene un volumen interno de aproximadamente 10 cm³ cuando se calibra a 1000 psi (68,95 bares) y 20 °C, y se construye a partir de acero inoxidable 316. Para facilitar la extracción y devolución del picnómetro 200 al aparato de expansión 104, una salida del picnómetro 200 puede estar acoplada a una conexión de liberación rápida que permite una fácil instalación y retirada del picnómetro del resto del aparato de expansión 104. En determinadas realizaciones, accesorios de bajo volumen muerto se utilizan en uno o más lugares del aparato de expansión 104, por ejemplo, las conexiones con el picnómetro 200.

Como se ha señalado anteriormente, el picnómetro 200 incluye un pistón que divide la cavidad alargada en una cámara de fluido de accionamiento y una cámara de muestras. El picnómetro 200 puede incluir, además, una válvula 208 prevista en comunicación con una cámara de fluido de accionamiento. Con la válvula 208 abierta, el fluido de la cámara de fluido de accionamiento fluye hacia el picnómetro 200 a través de la válvula 208 a través de la tubería 210. La recepción de la muestra de fluido en la cámara de muestras acciona el pistón en la cavidad alargada para expandir la cámara de muestras y reducir la cámara de fluido de accionamiento. Un fluido de accionamiento puede ser introducido a través de la válvula 208 para presurizar la cámara de fluido de accionamiento. La presión en la cámara de fluido de accionamiento ejerce una presión, a través del pistón, sobre la muestra de fluido en la cámara de muestras. Cuando se abre la válvula 202, cae la presión en la cámara de muestras. La presión en la cámara de fluido de accionamiento acciona el pistón para reducir la cámara de muestras e impulsar la muestra de fluido fuera del picnómetro 200. En algunos casos, por ejemplo cuando la muestra de fluido es petróleo vivo bajo presión, la muestra de fluido se puede separar en dos fases (es decir, vapor y líquido) cuando se abre la válvula 202 y cae la presión dentro de la cámara de muestras. La fase líquida más pesada de la muestra de fluido se acumula entonces en torno a la parte inferior de la cámara de muestras, y la fase de vapor de la muestra de fluido se eleva a la parte superior de la cámara de muestras. El movimiento del pistón expulsa las fases vapor y líquida de la muestra de fluido a través de la tubería 206 y hacia la entrada 204.

El fluido de accionamiento puede ser obtenido de un cierto número de diferentes fuentes. En un ejemplo, el fluido de accionamiento es gas a presión almacenado en una bombona. La salida de la bombona se puede dimensionar o se puede proporcionar una limitación alrededor de la salida de la bombona para medir el flujo desde la bombona. En determinadas realizaciones, la bombona es un cartucho de CO₂ de 12 gramos estándar, tal como los utilizados con armas accionadas con CO₂. El cartucho de CO₂ de 12 gramos estándar puede aplicar una presión de accionamiento de aproximadamente 1000 psig (68,95 bar) a la cámara de fluido de accionamiento. En otros ejemplos, la muestra de fluido puede ser evacuado de la cámara de muestras de otras maneras. Por ejemplo, para mover el pistón se puede utilizar un sistema mecánico o electromecánico tal como un motor y un tren de engranajes o atornillado.

El gas a presión o, en algunos casos, un accionamiento mecánico fuerza al fluido (es decir, gas y líquido) del picnómetro 200 a través de la válvula de aguja 212. La reducción de la presión a través de la válvula de aguja 212 provoca que el fluido sea sometido a una vaporización parcial a la que alude como vaporización instantánea. La expansión se produce en la estación de expansión 214 entre la válvula de aguja 212 y la válvula de dosificación 216. En algunos casos, la estación de expansión 214 está a contraluz para permitir la observación de la formación de espuma, emulsiones y otros elementos operativos en la estación de expansión 214. La válvula de dosificación 216 controla el caudal de líquido en la tubería 218 al receptor 220.

- El receptor 220 tiene un sello 222 estanco a los gases y se encuentra en la cámara 224. La temperatura en la cámara 224 es controlada por un controlador de temperatura 226, por ejemplo, para mantener el contenido de receptor 200 a una temperatura constante o sustancialmente constante. En algunos casos, el controlador de temperatura 226 está acoplado a un elemento calefactor o a un elemento de refrigeración. El receptor 220 puede ser
- 5 enfriado por un elemento de refrigeración 35 para facilitar y/o aumentar la condensación de líquido en el receptor. En un ejemplo, el controlador de temperatura está acoplado a un dispositivo de efecto Peltier, configurado para portar (p. ej., por un soporte de aluminio) y transferir calor por conducción con el receptor 220. En otras realizaciones, el elemento de refrigeración incluye un refrigerador eléctrico, un refrigerador de productos químicos u otro dispositivo configurado para uno o más modos de transferencia de calor.
- 10 En determinadas realizaciones, el receptor 220 incluye graduaciones que permiten la determinación visual del volumen recogido en el receptor. El peso "en seco" del receptor 200 antes de la recepción de la fase líquida se puede medir con precisión. El peso de la fase líquida puede entonces determinarse midiendo el peso del receptor 220 después de la recepción de la fase líquida y restando el peso en seco del receptor. La densidad de la fase líquida se puede determinar a través de un densitómetro. El volumen de la fase líquida recogida en el receptor 200
- 15 se puede determinar con referencia a la graduación o dividiendo el peso de la fase líquida en el receptor por la densidad determinada mediante el densitómetro. En un ejemplo en el que la muestra de fluido incluye crudo vivo, la contracción volumétrica se puede determinar comparando el volumen de la fase líquida contenida en el receptor 220 con el volumen máximo, ajustado para la presión y la temperatura, de la muestra de fluido en el picnómetro 200.
- En determinadas realizaciones, el receptor 220 es un tubo de centrifuga que se puede separar del aparato de expansión 104 e insertar directamente, sin transferir el fluido a otro recipiente, en un dispositivo de centrifuga. En un ejemplo en el que la muestra de fluido es crudo vivo, la fase líquida puede incluir petróleo, agua y sólidos arrastrados. La centrifugación de la fase líquida separa el petróleo, el agua y los sólidos y permite la medición, por ejemplo visualmente, utilizando graduaciones, del volumen de petróleo, agua y sólidos. El volumen y el peso de la fase líquida en el receptor 220 pueden ser corregidos para el agua y los sedimentos recuperados durante el proceso
- 20 de centrifugación, sin la necesidad de tomar otra muestra de fluido.
- El gas del receptor 220 fluye a través de la tubería 228 a un divisor de cuatro vías 230. El aparato de expansión 104 está equipado con manómetro digital 232 para controlar la presión interna del sistema a través de la tubería 234 del divisor de cuatro vías 230. La presión interna del sistema se puede ajustar a la presión atmosférica por el movimiento de una varilla fijada al pistón 236 del gasómetro 238 en forma de vapor desde el receptor 220 a través de la tubería 240 al gasómetro. El vapor del gasómetro 238 funciona para medir la cantidad de la fase de vapor recogida. En determinadas realizaciones, el gasómetro 238 es un gasómetro de pistón flotante que tiene un cilindro graduado que recibe de manera estanca un pistón 236. En algunos casos, el pistón 236 puede estar acoplado, adicional o alternativamente, a un vástago graduado (p. ej., un mango del émbolo) que se extiende desde el gasómetro 238. La recepción de la fase de vapor en el cilindro graduado desplaza el pistón 236, y el volumen de la fase de vapor se puede determinar visualmente a partir de las graduaciones en el gasómetro 238 (o en el vástago, si así se dispone). En algunos casos, el cilindro se purga antes de la recepción de la fase vapor para asegurar una medición precisa. El gasómetro 238 puede incluir un mezclador interno (p. ej., un mezclador magnético) que se hace funcionar, por ejemplo, durante o al final de cada uno de los ciclos de recogida de vapor para asegurar que el vapor que contiene el gasómetro se mezcle bien y sea de una composición uniforme.
- 30 El gasómetro 238 está alojado en el recinto 242. La temperatura del gasómetro 238 es controlada por el controlador de temperatura 244 (p. ej., acoplado a un elemento calefactor) para mantener el contenido del gasómetro 238 a una temperatura constante o sustancialmente constante. La temperatura y la presión del vapor en el gasómetro 238 se vigilan de modo que el volumen determinado con el gasómetro puede ser corregido a condiciones estándar. En un ejemplo, el gasómetro 238 se calienta a (o se mantiene en) una temperatura de aproximadamente 50 °C (120 °F).
- 40 La densidad del gas recogido en el gasómetro 238 se calcula a partir de su composición, de acuerdo con GPA 2286 ("Método Provisional de Análisis Extendido para Gas Natural y Mezclas Gaseosas Similares mediante Cromatografía de Gases Programada en Temperatura," Revisado en 1995, Asociación de Procesadores de Gas). La relación de gas a petróleo (GOR) se calcula a partir de la relación de volumen de gas (recogido en el gasómetro 238) a líquido (recogido en el receptor 220) a 15,6 °C (60 °F).
- 45 Se puede proporcionar una barrera aislante para aislar térmicamente o aislar sustancialmente de forma térmica una porción del aparato de expansión 104 de otra parte del aparato de expansión. En determinadas realizaciones, el receptor 220 y el divisor de cuatro vías 230 están térmicamente aislados del gasómetro 238 para reducir la comunicación de la salida de calor de un elemento calefactor o de refrigeración a la fase líquida de la muestra.
- La fase vapor de la muestra de fluido se desplaza desde el divisor de cuatro vías 230 a través de la tubería 250 a la válvula 252. Como se representa, la válvula 252 es una válvula selectora de tres vías utilizada para dirigir el flujo de gas en el aparato de expansión 104. Cuando la válvula 252 está en la posición I, el gas procedente del aparato de expansión 104 fluye internamente (es decir, en el interior del sistema de análisis 100) al cromatógrafo de gases 102
- 55

a través de la tubería 254. Cuando la válvula 252 está en la posición II, la válvula se cierra y el gas está contenido en el aparato de expansión 104. Cuando la válvula 252 está en la posición III, el exceso de gas sale del aparato de expansión 104 a través del agujero de ventilación 256 (p. ej., después de que haya sido analizada una muestra de gas). En algunos casos, el agujero de ventilación 256 está montado de manera que se puede utilizar una tubería de tubo de plástico de 1/16" para hacer pasar el exceso de gas a través de una disolución de lavado (p. ej., como se representa en la FIG. 13) cuando las muestras contienen componentes nocivos o malolientes.

El aparato de expansión 104 se puede purgar con un gas portador (p. ej., antes de expandir una muestra) mediante la conexión de una fuente de gas portador a la entrada 204. Con la válvula de aguja de la tubería de gas portador abierta, la válvula de aguja 212 y la válvula de dosificación 216 se abren. La válvula 252 se gira a la posición I, y el sistema de análisis 100 se purga. Una vez que el sistema de análisis 100 está purgado, la válvula 252 se cierra, la válvula de dosificación 216 se cierra, y la válvula de aguja 212 se cierra, respectivamente, para asegurar que el gas portador permanezca en el sistema. La tubería de gas portador se separa entonces de la entrada 204, y el picnómetro 200, lleno de un fluido de una sola fase a presión, se acopla a la entrada.

La composición de la muestra de fluido cargada en el picnómetro puede calcularse a partir extendida de cada una de las fases de equilibrio (gas, líquido hidrocarbonado) según se evalúa mediante el cromatógrafo de gases 102 y la recombinación matemática de las respectivas fases. Gas procedente del gasómetro 238 se puede proporcionar al cromatógrafo de gases 102 a través de la tubería 254 con la válvula 252 en la posición I. Líquido procedente del receptor 220 del aparato de expansión 104 se puede proporcionar al cromatógrafo de gases 102 a través de la entrada posterior 114. La inyección de la muestra se puede realizar con la mano o con el uso de un dispositivo de muestreo automático. Un ejemplo de un dispositivo de muestreo automático adecuado es el Automuestreador Agilent GC Modelo 7673, disponible de Agilent Technologies, Inc. (Santa Clara, CA).

La FIG. 3 es una vista interna del sistema de análisis 100. En un ejemplo, el cromatógrafo de gases 102 es el Agilent 7890 GC, disponible de Agilent Technologies, Inc., modificado según se describe en esta memoria para conmutar entre dos columnas analíticas dedicadas: una para gas (p. ej., del gasómetro 238 del aparato de expansión 104) y uno para líquidos (p. ej., del receptor 220 del aparato de expansión 104). Tal como se muestra en la FIG. 3, el cromatógrafo de gases 102 incluye una columna analítica de gases 300 (p. ej., una columna capilar de punto de ebullición no polar) acoplada a la entrada frontal 112 y la columna analítica de líquidos 302 (p. ej., una columna capilar de punto de ebullición no polar) acoplada a una entrada posterior 114. La entrada frontal 112 está acoplada al divisor 304, y se puede utilizar en un modo de división o sin división. En un ejemplo, la entrada delantera 112 se hace funcionar en un modo de división con una división de 5 partes de gas portador a 1 parte de muestra. Una muestra proporcionada a la entrada frontal 112 fluye a la columna analítica de gases 300. La muestra puede ser, por ejemplo, una muestra de un cilindro de gas tal como un patrón de calibración. Un gas portador (p. ej., hidrógeno o helio) puede ser proporcionado al divisor 304 a través de la tubería 306 para forzar la muestra a través de la columna analítica de gases 300 o para lavar la columna analítica de gases después de que haya pasado una muestra.

La columna analítica de gases 300 y la columna analítica de líquidos 302 están ambas acopladas a la válvula 308. Tal como se representa, la válvula 308 es una válvula de cuatro puertos disponible de Valco Instruments Co. Inc., (Houston, TX). Un selector 108 de la columna analítica está también acoplado a la válvula 308. El selector 108 de la columna analítica hace funcionar la válvula 308 en la unidad de válvula 310 para acoplar selectivamente la columna analítica de gases 300 o la columna analítica de líquidos 302 al detector de ionización de llama 312. Cuando se selecciona la columna analítica de gases 300, la tubería 314 procedente de la columna analítica de gases 300 está acoplada a la tubería 316, y la tubería 318 de la columna analítica de líquidos 302 está acoplada a la tubería 320, de manera que la muestra procedente de la columna analítica de gases 300 fluye al detector de ionización de llama 312, y la columna analítica de líquidos 302 se abre a la entrada/salida 110 de gases. Cuando se selecciona la columna analítica de líquidos 302, la tubería 318 procedente de la columna analítica de líquidos 302 está acoplada a la tubería 316, y la tubería 314 procedente de la columna analítica de gases 300 está acoplada a la tubería 320, de tal manera que la muestra procedente de la columna analítica de líquidos 302 fluye al detector de ionización de llama 312, y la columna analítica de gases 300 se abre a la entrada/salida 110 de gases.

La entrada posterior 114 es una entrada en columna, programada en temperatura, utilizada para el análisis de líquidos hidrocarbonados que oscilan desde condensados ligeros a aceites negros pesados. Antes de hacer pasar una muestra líquida, se determinan el peso y la densidad de la muestra a una temperatura dada (p. ej., 15,6 °C), por ejemplo, mediante un método conocido por un experto ordinario en la técnica. La inyección de la muestra líquida se consigue un automuestreador (p. ej., Agilent 7683 B dispone de Agilent Technologies, Inc.). Los componentes de la muestra se identifican por el tiempo de retención, y la composición de la muestra se calcula mediante el cromatógrafo de gases 102 utilizando una versión modificada (es decir, Cuantificación Estándar Externa y agrupación por pseudo-componentes) de GPA Standard 2186-02 ("Método de Análisis Extendido de Mezclas de Hidrocarburos Líquidos que Contienen Nitrógeno y Dióxido de Carbono mediante Cromatografía de Gases Programada en Temperatura", revisado y adoptado como Norma 2002, Asociación de Procesadores de Gas). Los componentes de la muestra, incluyendo C1-C35 y la parte no de elución (C36+) totalizan el 100% en peso, eluyendo los hidrocarburos después de n-pentano agrupados y cuantificados como pseudo-componentes, con la excepción de

ES 2 535 830 T3

un cierto número de compuestos cíclicos y aromáticos. La FIG. 4 representa un cromatograma de líquidos de muestra (algunos picos marcados) obtenidos mediante el sistema de análisis 100.

El sistema de análisis 100 incluye tres subsistemas analíticos para el análisis de muestras de gas (p. ej., del gasómetro 238 del aparato de expansión 104), incluyendo la detección y cuantificación de gases C1 a C5 fijos (p. ej., He o H₂, N₂, O₂, CO, y similares), y análisis de gas natural extendido (p. ej., C6 a C20). Los subsistemas analíticos están en conformidad con los métodos publicados GPA 2261 ("Análisis para Gas Natural y Mezclas Gaseosas Similares mediante Cromatografía de Gases," Revisado 2000, Asociación de Procesadores de Gas), y GPA 2286. Tal como se representa en la FIG. 5, partes de estos subsistemas analíticos están alojados en un horno isotérmico 106.

El subsistema analítico 500 se utiliza para la detección y cuantificación de gases fijos, incluyendo el gas portador (H₂ o He, dependiendo de la selección del gas portador), O₂, N₂ y similares. Tal como se representa, el subsistema analítico 500 incluye una válvula de diez puertos 502, disponible de Valco Instrument Co. Inc., bucle de muestras 504, pre-columna 506, columna analítica 508 de tamiz molecular, detector de conductividad térmica 510, y controlador de flujo 512. La pre-columna 506 es una columna de polímero poroso, y la columna analítica 508 de tamiz molecular está conectada al detector de conductividad térmica 510. La válvula 502 está configurada en un modo de retro-lavado para ventilación, lo que permite que componentes distintos del gas portador (p. ej., hidrógeno o helio), helio, oxígeno, nitrógeno y metano sean aislados y retro-lavados para ventilación. El gas portador facilita la separación de helio, oxígeno, nitrógeno y metano, que se eluyen como picos distintos individuales. La columna analítica 508 de tamiz molecular puede estar próxima (p. ej., envuelta alrededor) al gasómetro 238, cuya temperatura es controlada por el controlador de temperatura 244 situado en el aparato de expansión 104. La temperatura de las tuberías de transferencia hacia y desde la columna analítica 508 de tamiz molecular y el detector de conductividad térmica 510 está orientada próxima a zonas calentadas (p. ej., inyector 112, detector de conductividad térmica 510 y horno externo 106) para inhibir o evitar la condensación de los gases hidrocarbonados.

Tal como se representa en la FIG. 6A, la válvula 502 está inicialmente conmutada a "APAGADO" para llenar el bucle de muestras 504. Para llenar el bucle de muestras 504, gas de muestra penetra en la válvula 502 a través del puerto 1, sale por el puerto 10 para llenar el bucle de muestras 504, penetra de nuevo en la válvula a través del puerto 3, y sale por el puerto 2. Mientras se está llenando el bucle de muestras 504, el resto del subsistema se suministra con gas portador para proporcionar o mantener el flujo de portador durante el análisis. Los gases portadores que fluyen a través y presurizan las columnas alojadas en el horno isotérmico son controlados por cromatógrafo de gases 102. El primer control de presión electrónico 514 en el cromatógrafo de gases 102 controla el flujo de gas portador a la pre-columna 506 de retro-lavado y controla el flujo principal para el subsistema de análisis 500. Gas portador procedente del primer control electrónico de presión 514 penetra en la válvula 502 a través del puerto 4, sale a través del puerto 5 para lavar la pre-columna 506, penetra de nuevo en la válvula a través del puerto 9, sale a través del puerto 8 y fluye a través del controlador de flujo 512 antes de salir por la entrada/salida de gases 110. El segundo control de presión electrónico 516 en el cromatógrafo de gases 102 controla el flujo de gas portador a la columna analítica 508 de tamiz molecular y en el detector de conductividad térmica 510. Gas portador procedente del segundo control electrónico de presión 516 penetra en la válvula 502 a través del puerto 7, sale a través de puerto 6, fluyendo a través de la columna analítica 508 de tamiz molecular, y luego sale a través del detector de conductividad térmica 510.

Cuando el sistema de análisis 100 está acoplado para el paso de una muestra de gas, la válvula 502 se conmuta a "ENCENDIDO", tal como se representa en la FIG. 6B. Gas portador procedente del primer control de presión electrónico 514 penetra en el puerto 4 de la válvula 502, sale por el puerto 3 y descarga la muestra a través del bucle de muestras 504 y hacia el puerto 10. La muestra más gas portador sale entonces de la válvula 502 a través del puerto 9, fluye a través de la pre-columna 506, penetra en la válvula a través del puerto 5, sale a través del puerto 6 y fluye a través de la columna analítica 508 de tamiz molecular al detector de conductividad térmica 510. La pre-columna 506 aísla los componentes más pesados que el metano, y la columna analítica 508 de tamiz molecular aísla y separa helio, oxígeno, nitrógeno y metano. Después de un tiempo transcurrido determinado experimentalmente (p. ej., 0,1 min a 10 min, o 1,3 min a 1,7 min), la válvula 502 se conmuta a "APAGADO" para permitir que se descarguen los componentes más pesados atrapados en la pre-columna 506 y que los componentes atrapado en la columna analítica 508 de tamiz molecular discurren a través del detector de conductividad térmica 510. La FIG. 7 muestra un cromatógrafo de muestra (picos principales marcados) del subsistema analítico 500.

Un subsistema analítico 520 se utiliza para la detección y cuantificación de hidrocarburos incluyendo C1 a n-C5, así como nitrógeno y/u oxígeno (p. ej., aire), dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, y los hidrocarburos mayores que n-C5 (es decir, C6+). Tal como se representa, el subsistema analítico 520 incluye una válvula de diez puertos 522, disponible de Valco Instrument Co. Inc., un bucle de muestras 524, una pre-columna 526, una columna analítica 528 y un detector de conductividad térmica 530. Las columnas 526 y 528 pueden ser columnas empaquetadas no polares SS de 1/8". En un ejemplo, la pre-columna 526 es de 45,72 cm (18 pulgadas) de largo y la columna analítica 528 es de 9,1 m (30 pies) de largo. La válvula 522 está configurada en un modo de inversión en serie, que permite que los componentes más pesados que hexanos (C6+) eluyan primero como un pico conglomerado, seguido de

nitrógeno y/u oxígeno (p. ej., aire) metano, dióxido de carbono, etano, sulfuro de hidrógeno, propano, i-C4, n-C4, i-C5 y n-C5, todos como picos individuales.

5 Tal como se representa en la FIG. 8A, la válvula 522 se conmuta inicialmente a "APAGADO" para llenar el bucle de muestras 524. Para llenar el bucle de muestras 524, gas de muestra penetra en la válvula 522 a través del puerto 10, sale por el puerto 1 para llenar el bucle de muestras 524, penetra en la válvula a través de 8 puertos y sale por el puerto 9. Cuando el bucle de muestras 524 se está llenando, el resto del subsistema es suministrado con gas portador para proporcionar o mantener un flujo de gas portador. Gas portador del tercer control de presión electrónico 532 en el cromatógrafo de gases 102 penetra en la válvula 522 a través del puerto 7, sale a través del puerto 6, fluye a través de la columna analítica 528, penetra en la válvula 522 a través del puerto 4, sale a través del puerto 5, fluye a través de la pre-columna 526, penetra en la válvula a través del puerto 2, sale de la válvula a través del puerto 3 y fluye a través del detector de conductividad térmica 530.

15 Cuando el sistema de análisis 100 está acoplado para el paso de una muestra de gas, la válvula 522 se conmuta a "ENCENDIDO", tal como se representa en la FIG. 8B. Con la válvula 522 conmutada a "ENCENDIDO", el gas portador procedente del tercer control de presión electrónico 532 fluye al puerto 7 de la válvula 522, sale por el puerto 8 y descarga la muestra a través del bucle de muestras 524 y hacia la válvula 522 a través del puerto 1, sale a través del puerto 2 y hacia la pre-columna 526. Desde la pre-columna 526, la muestra fluye hacia la válvula 522 a través del puerto 5, sale a través de puerto 6, a través de la columna analítica 528, en la válvula 522 a través del puerto 4, a través del puerto 3, y penetra en el detector de conductividad térmica 530. La pre-columna 526 atrapa los componentes C6+, y columna analítica 528 captura y separa los componentes más ligeros que C6. En un tiempo transcurrido determinado experimentalmente (p. ej., 0,1 min a 10 min, o 0,7 min a 1,0 min), la válvula 522 se conmuta a "APAGADO" para permitir que los componentes C6+ eluyan primero como un pico conglomerado, seguido por el resto de los componentes C1-C5 individualmente separados a través del detector de conductividad térmica 530. La FIG. 9 muestra un cromatógrafo de muestras (picos principales marcados) del subsistema analítico 520.

25 El subsistema analítico 540 incluye una válvula de seis puertos 542, disponible de Valco Instrument Co. Inc., un bucle de muestras 544, una columna analítica de gases 300, una válvula de cuatro puertos 308 y un detector de ionización de llama 312. La columna analítica de gases 300 (en el cromatógrafo de gases 102) separa hidrocarburos que oscilan desde metano (C1) a eicosano (C20). Componentes que eluyen después de pentano normal (es decir, C6, C7, C8, etc.) se agrupan como "pseudo" componentes, con la excepción de compuestos aromáticos e isómeros seleccionados por el usuario.

35 La válvula 542 se conmuta inicialmente a "APAGADA" tal como se representa en la FIG. 10A, para llenar el bucle de muestras 544. La muestra gaseosa penetra en el puerto 1 de la válvula 542, sale a través del puerto 6, llena el bucle de muestras 544, penetra en la válvula 542 a través del puerto 3 y sale por el puerto 2. Cuando se está llenando el bucle de muestras 544, el resto del subsistema es suministrado con gas portador preparándose para el inicio del procedimiento de análisis. Gas portador procedente de la entrada frontal 112 en el cromatógrafo de gases 102 penetra en la válvula 542 a través del puerto 4, sale de la válvula 542 a través del puerto 5, fluye a través de la columna analítica de gases 300 y la válvula 308 y luego sale a través de un detector de ionización de llama 312. Cuando el sistema de análisis 100 está acoplado para el paso de una muestra de gas, la válvula 542 se conmuta a "ENCENDIDO", tal como se representa en la FIG. 10B. Gas portador penetra en la válvula 542 a través del puerto 4, sale de la válvula a través del puerto 3, fuerza a la muestra a través del bucle de muestras 544 y hacia la válvula 542 a través del puerto 6, sale de la válvula 542 a través del puerto 5 y penetra en la columna analítica de gases 300. Después de pasar a través de la columna analítica de gases 300, la muestra se mueve a través de la válvula 308 y penetra en el detector de ionización de llama 312. La FIG. 11 muestra un cromatógrafo de muestras del subsistema analítico 540.

45 El horno isotérmico 106 (disponible, por ejemplo, de Varian, Inc., ahora Agilent Technologies) aloja válvulas 502, 522 y 542, así como columnas 506, 526 y 528. La temperatura del horno isotérmico 106 es controlada por el controlador de temperatura 116 próximo a la parte superior del cromatógrafo de gases 102. El controlador de temperatura 118 controla la temperatura de la tubería de transferencia 322 de muestras de transferencia desde la entrada de gas 110 a una fuente externa de la muestra como en el caso del muestreo de un cilindro de muestra de acero inoxidable o bolsa de gas. Todas las tuberías de transferencia en el sistema de análisis 100 están alojadas en el sistema (p. ej., en un aparato de expansión 104, en el cromatógrafo de gases 102, en el horno isotérmico 106, etc.), y se calientan de manera que se evita la formación de puntos fríos. Por lo tanto, los componentes gaseosos son inhibidos de condensarse en las tuberías de transferencia.

55 Las válvulas 502, 522 y 542 están enlazadas para permitir bucles de muestras de volumen constante acoplados a estas válvulas a ser llenados en serie. Tal como se representa en la FIG. 12, una muestra del aparato de expansión 104 penetra en la válvula 502 a través del puerto 2. Después de llenar el bucle de muestras 504, el gas fluye fuera del puerto 2 de la válvula 502 y penetra en el puerto 1 de la válvula 542. Después de llenar el bucle de muestras 544, el gas fluye fuera del puerto 2 de la válvula 542 y penetra en el puerto 10 de la válvula 522. Después de llenar el bucle de muestras 524, el gas fluye fuera del puerto 9 de la válvula 522 y sale del sistema a través de la

5 entrada/salida 110 de gas. Cuando se trata con muestras que contienen componentes venenosos o tóxicos (p. ej., sulfuro de hidrógeno), una tubería puede discurrir desde la entrada/salida de gas 110 a través de una disolución de lavado 1300, según se representa en la FIG. 13, para separar los componentes venenosos o tóxicos del gas ventilado. En algunos casos, tal como se representa en la FIG. 14, el gas procedente de la entrada/salida 110 de gas se puede burbujear a través de la disolución 1400 para secuestrar un componente conocido, y la disolución se puede titular utilizando una bureta 1402.

10 Mientras que los bucles de muestra 504, 524 y 544 se están llenando, el resto de subsistemas analíticos 500, 520 y 540 se purgan con un gas portador. Después de haber llenado los bucles de muestra y de que el vapor haya alcanzado una temperatura y presión de equilibrio, las válvulas 502, 522 y 542 se conmutan "APAGADO" a "ENCENDIDO" de forma simultánea, y el gas portador fuerza al vapor de la muestra a través de los bucles de muestra y hacia el detector de conductividad térmica 510, el detector de conductividad térmica 530 y la columna analítica de gases 300, respectivamente, para la detección y determinación cuantitativa. Datos de la muestra de vapor de subsistemas analíticos 500, 520 y 540 se adquieren por el sistema de adquisición de datos 122 y son manipulados por un microprocesador 124. Los datos de la muestra de vapor se pueden combinar con los datos de la muestra líquida obtenida según se describe en esta memoria con referencia a las FIGs. 3 y 4 para proporcionar la composición de la muestra (p. ej., fluido vivo) a partir del picnómetro 200.

15 En algunos casos, la entrada/salida 110 de gas se puede utilizar para hacer fluir gas de vuelta a través de las tuberías de muestra y hacia el gasómetro 238. En un ejemplo, una fuente de gas portador acoplada a la entrada/salida de gas 110 se utiliza para lavar la muestra o aire atmosférico desde el sistema de análisis 100. El gas portador fluye a la válvula 522, desde la válvula 522 a la válvula 542, desde la válvula 542 a la válvula 502 y desde la válvula 502 al gasómetro 238 en el aparato de expansión 104.

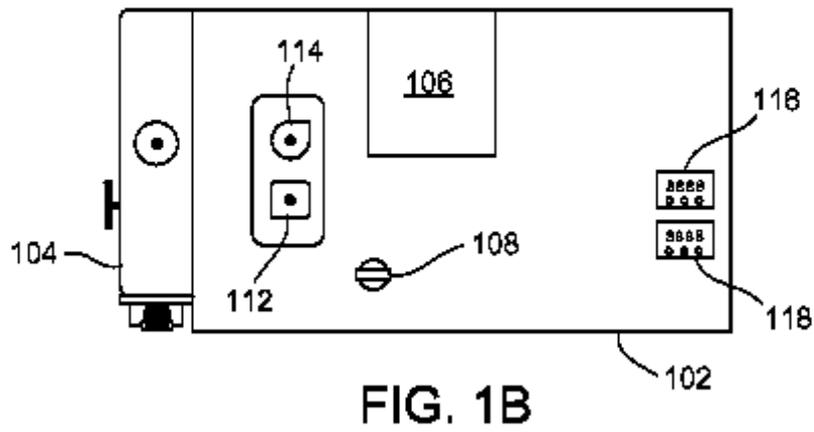
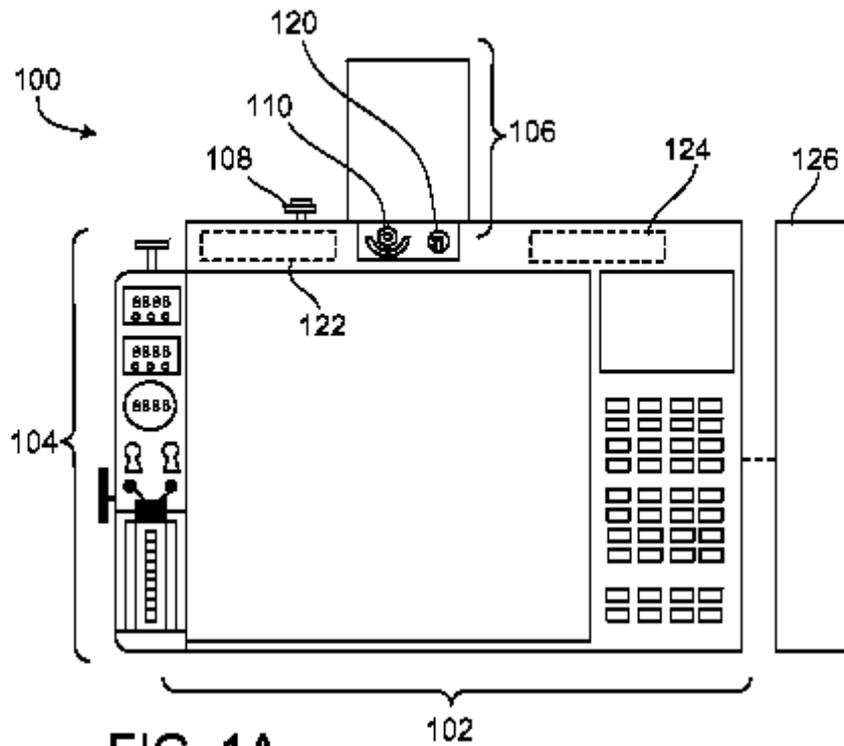
20 El microprocesador 124, representado en la FIG. 1A, permite el control automatizado del sistema de análisis 100, incluido reconocer el equilibrio del fluido, ajustar y leer con precisión la temperatura, la presión y dispositivos de volumen, todos los cuales pueden afectar a la fiabilidad de los datos generados. El control automático se puede implementar utilizando hardware, software, o ambos. El software puede ser configurado para ejecutar protocolos de ensayo con la menor influencia del operario como sea posible y puede vigilar y controlar plenamente la presión, la volumetría y la temperatura. En algunos casos, el software está configurado para controlar (p. ej., mantener o modificar) el volumen de muestra mientras empuja gas, líquido y/o sólido a partir de, por ejemplo, el aparato de expansión 104 al cromatógrafo de gases 102. Durante este proceso, la presión, el volumen, la temperatura y los datos cromatográficos se registran, lo que permite el cálculo de las propiedades deseadas (p. ej., propiedades PVT). En un ejemplo, la válvula 252 se hace funcionar de forma automática, de manera que una muestra de fluido del picnómetro 200 se somete a vaporización instantánea y la muestra de vapor fluye directamente desde el aparato de expansión 104 al cromatógrafo de gases 102. Las válvulas 502, 522 y 542 también se pueden hacer funcionar de forma automática, de manera que una muestra de vapor procedente del aparato de expansión 104 llena bucles de muestra 504, 524 y 544 en serie, y el flujo de la muestra de vapor procedente de los bucles de muestra al detector de ionización de llama 312 y a los detectores de conductividad térmica 510 y 530 se inicia sustancialmente de manera simultánea.

25 30 35 40 45 Modificaciones y realizaciones alternativas adicionales de diversos aspectos resultarán evidentes para los expertos en la técnica a la vista de esta descripción. Por consiguiente, esta descripción ha de interpretarse sólo como ilustrativa. Ha de entenderse que las formas representadas y descritas en esta memoria deben ser tomadas como ejemplos de realizaciones. Elementos y materiales se pueden sustituir por los que se ilustran y describen en esta memoria, las partes y los procedimientos se pueden invertir, y determinadas características se pueden utilizar independientemente, todo ello como resultará evidente para un experto en la técnica después de tener el beneficio de esta descripción. Se pueden realizar cambios en los elementos descritos en esta memoria sin apartarse del espíritu y alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de análisis (100), que comprende:
un alojamiento común que comprende:
5 un aparato de expansión (104) configurado para vaporizar parcialmente un fluido de yacimiento a presión mediante la reducción de la presión a través de una válvula para proporcionar un gas vaporizado y un líquido de yacimiento;
un primer subsistema de cromatografía (500) que comprende una primera columna de cromatografía y un primer bucle de muestras (504), estando el primer bucle de muestras (504) acoplado a fluido al aparato de expansión (104) y estando configurado para recibir el gas vaporizado del aparato de expansión (104);
10 un segundo subsistema de cromatografía (520) que comprende una segunda columna de cromatografía y un segundo bucle de muestras (524), estando el segundo bucle de muestras (524) acoplado a fluido al primer bucle de muestras (504) y estando configurado para recibir el gas vaporizado del aparato de expansión (104) a través del primer bucle de muestras (504), en donde la primera columna de cromatografía del primer subsistema de cromatografía (500) y la segunda columna de cromatografía del segundo subsistema de cromatografía (520) están configuradas para ser accionadas simultáneamente para detectar componentes en el fluido de yacimiento a presión;
15 un único sistema de adquisición de datos (122) acoplado al primer subsistema de cromatografía (500), al segundo subsistema de cromatografía (520) y al aparato de expansión (104), en donde el único sistema de adquisición de datos (122) está configurado para adquirir datos relacionados con la composición del fluido de yacimiento a presión proporcionada al aparato de expansión (104); y
20 un microprocesador (124) acoplado al sistema de adquisición de datos (122), en donde el microprocesador (124) se puede hacer funcionar para evaluar una relación de gas a petróleo del fluido de yacimiento a presión proporcionado al aparato de expansión (104) en base a los datos adquiridos por el sistema de adquisición de datos (122).
2. El sistema de análisis de la reivindicación 1, en donde el primer subsistema de cromatografía (500) está configurado para detectar gases fijos.
3. El sistema de análisis de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde el segundo subsistema de cromatografía (520) está configurado para detectar hidrocarburos C1 a C5.
4. El sistema de análisis de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el alojamiento comprende, además, un tercer subsistema de cromatografía (540), y el tercer subsistema de cromatografía (540) comprende una columna de cromatografía configurada para detectar hidrocarburos C1 a C20.
5. El sistema de análisis de la reivindicación 4, en donde el tercer subsistema de cromatografía (540) comprende un detector de ionización de llama (312).
6. El sistema de análisis de la reivindicación 5, que comprende, además:
una columna capilar analítica de gases;
una columna capilar analítica de líquidos; y
una válvula selectora,
35 en donde la columna capilar analítica de gases y la columna capilar analítica de líquidos están acopladas al detector de ionización de llama (312) a través de la válvula selectora.
7. El sistema de análisis de la reivindicación 6, en donde el tercer subsistema de cromatografía (540) comprende la columna capilar analítica de gases.
8. El sistema de análisis de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el primer subsistema de cromatografía (500) comprende un primer detector de conductividad térmica (510) y el segundo subsistema de cromatografía (520) comprende un segundo detector de conductividad térmica (530).
9. El sistema de análisis de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende, además, un conducto configurado para transportar gas vaporizado desde el aparato de expansión (104) al primer subsistema de cromatografía (500), en donde una temperatura del conducto es controlada utilizando calor disponible en el sistema de análisis.
10. El sistema de análisis de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde el aparato de expansión (104) está configurado para vaporizar parcialmente fluido del yacimiento a presión para proporcionar agua libre junto con gas vaporizado y líquido del yacimiento.
11. El sistema de análisis de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde el aparato de expansión (104) está configurado para vaporizar parcialmente fluido del yacimiento a presión para proporcionar un líquido del yacimiento equilibrado.

12. Un método, que comprende:
 vaporizar parcialmente un fluido del yacimiento a presión para formar un gas vaporizado y un líquido del yacimiento;
 inhibir la condensación del gas vaporizado, en donde inhibir la condensación del gas vaporizado comprende calentar el gas vaporizado;
- 5 automáticamente proporcionar una muestra única del gas vaporizado calentado a un primer bucle de muestras (504) de un primer subsistema de cromatografía (500) y un segundo bucle de muestras (524) de un segundo subsistema de cromatografía (520) en serie y accionar simultáneamente una primera columna de cromatografía del primer subsistema de cromatografía (500) y una segunda columna de cromatografía del segundo subsistema de cromatografía (520) para detectar componentes en el gas vaporizado calentado;
- 10 adquirir datos relacionados con la composición del gas vaporizado calentado de los dos subsistemas de cromatografía (500, 520) con un único sistema de adquisición de datos (122);
 cuantificar la composición del líquido del yacimiento en base a los datos adquiridos por el único sistema de adquisición de datos (122); y
 evaluar una relación ponderal del gas vaporizado al líquido del yacimiento.
- 15 13. El método de la reivindicación 12, que comprende, además, proporcionar automáticamente una parte de la muestra única del gas vaporizado a un tercer subsistema de cromatografía (540) en serie con los dos subsistemas de cromatografía (500, 520).
14. El método de la reivindicación 12 o la reivindicación 13, que comprende, además:
 proporcionar una parte del líquido del yacimiento a un tercer subsistema de cromatografía (540);
- 20 adquirir datos relacionados con la composición del líquido del yacimiento del tercer subsistema de cromatografía (540) con el único sistema de adquisición de datos (122);
 combinar los datos relacionados con la composición del líquido del yacimiento y los datos relacionados con la composición del gas vaporizado; y
 cuantificar la composición del fluido del yacimiento a presión en base a los datos adquiridos por el único sistema de
- 25 adquisición de datos (122).
15. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, en el que inhibir la condensación del gas vaporizado comprende calentar el gas vaporizado con calor disponible.



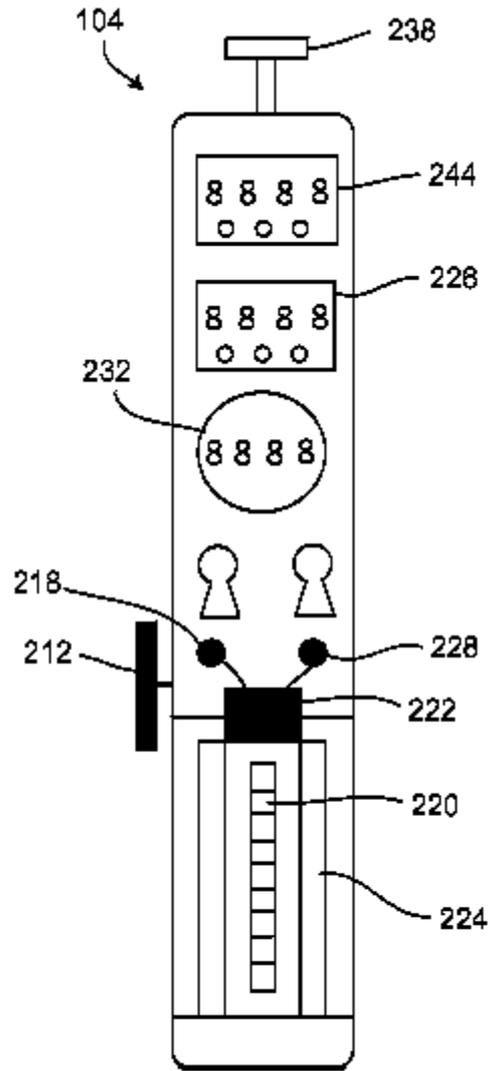


FIG. 2A

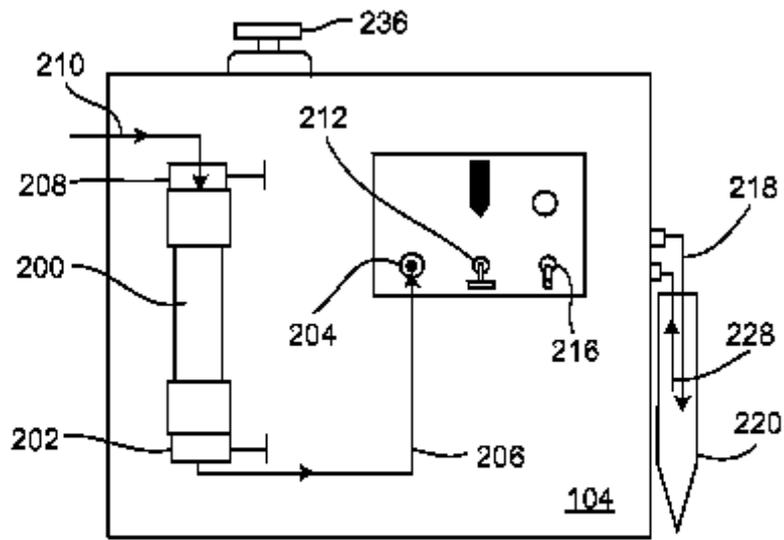


FIG. 2B

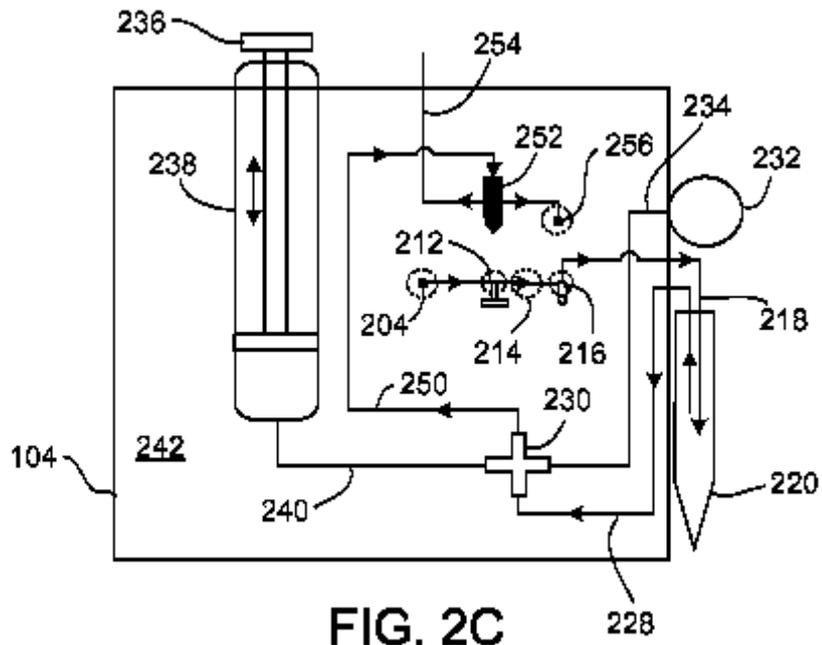


FIG. 2C

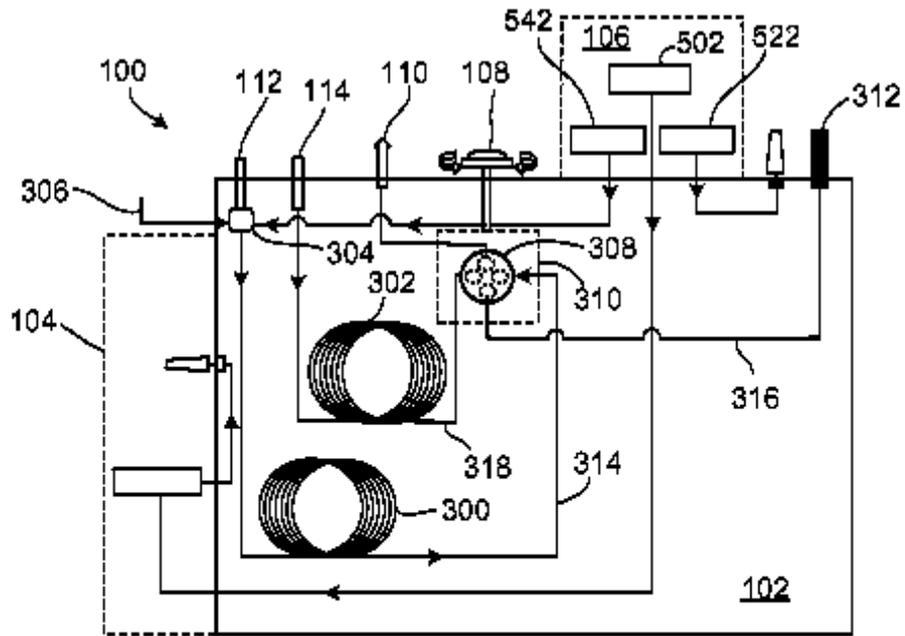


FIG. 3

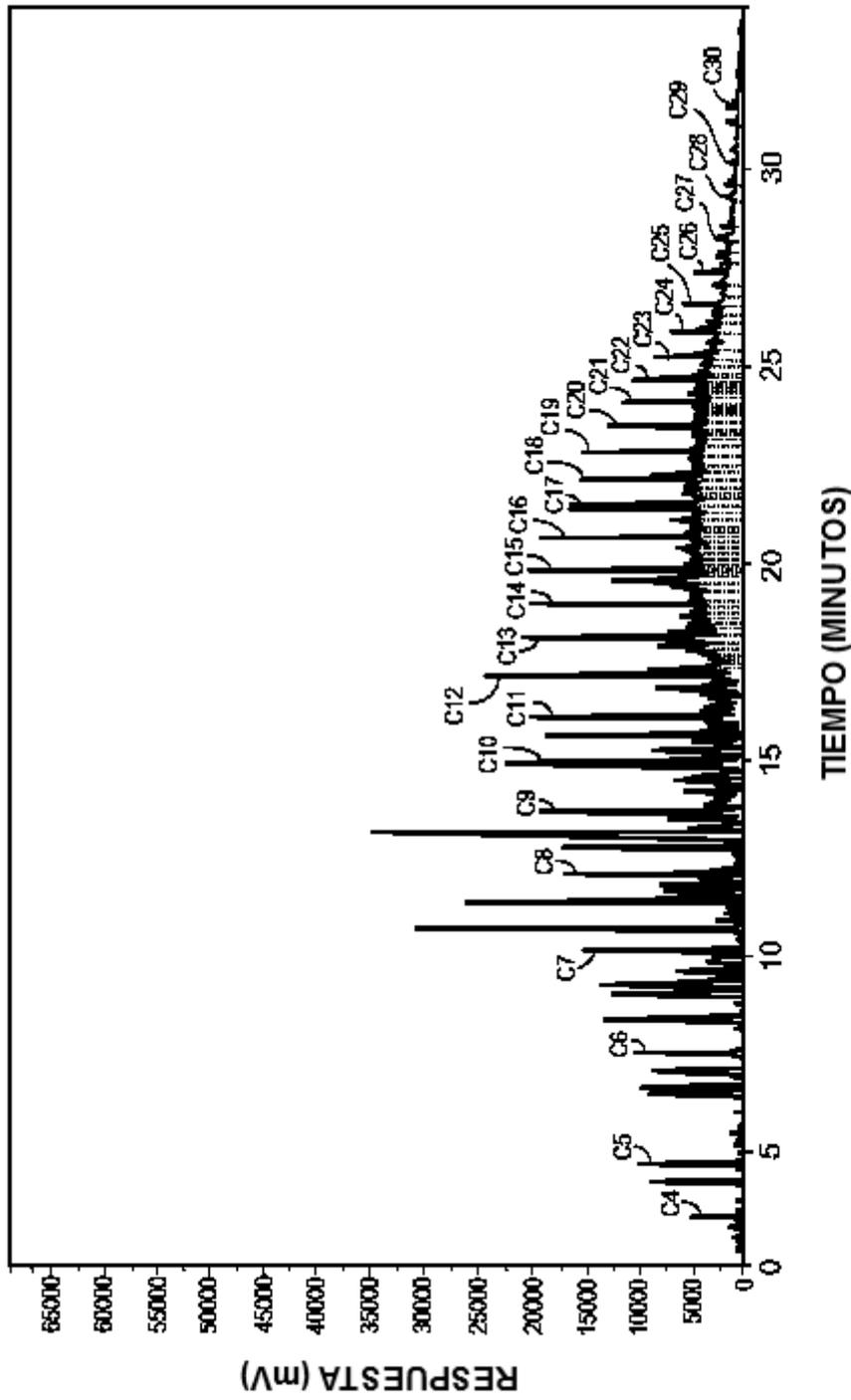


FIG. 4

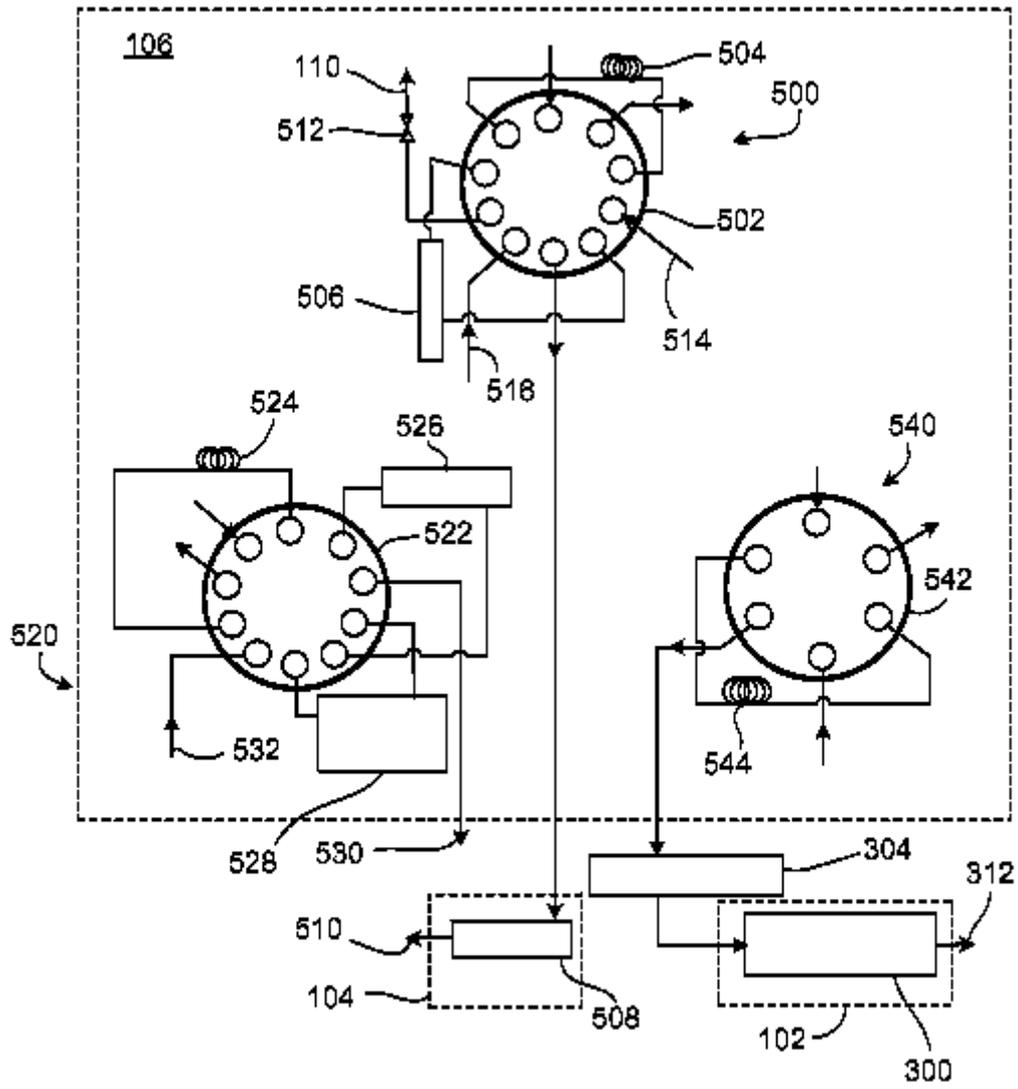


FIG. 5

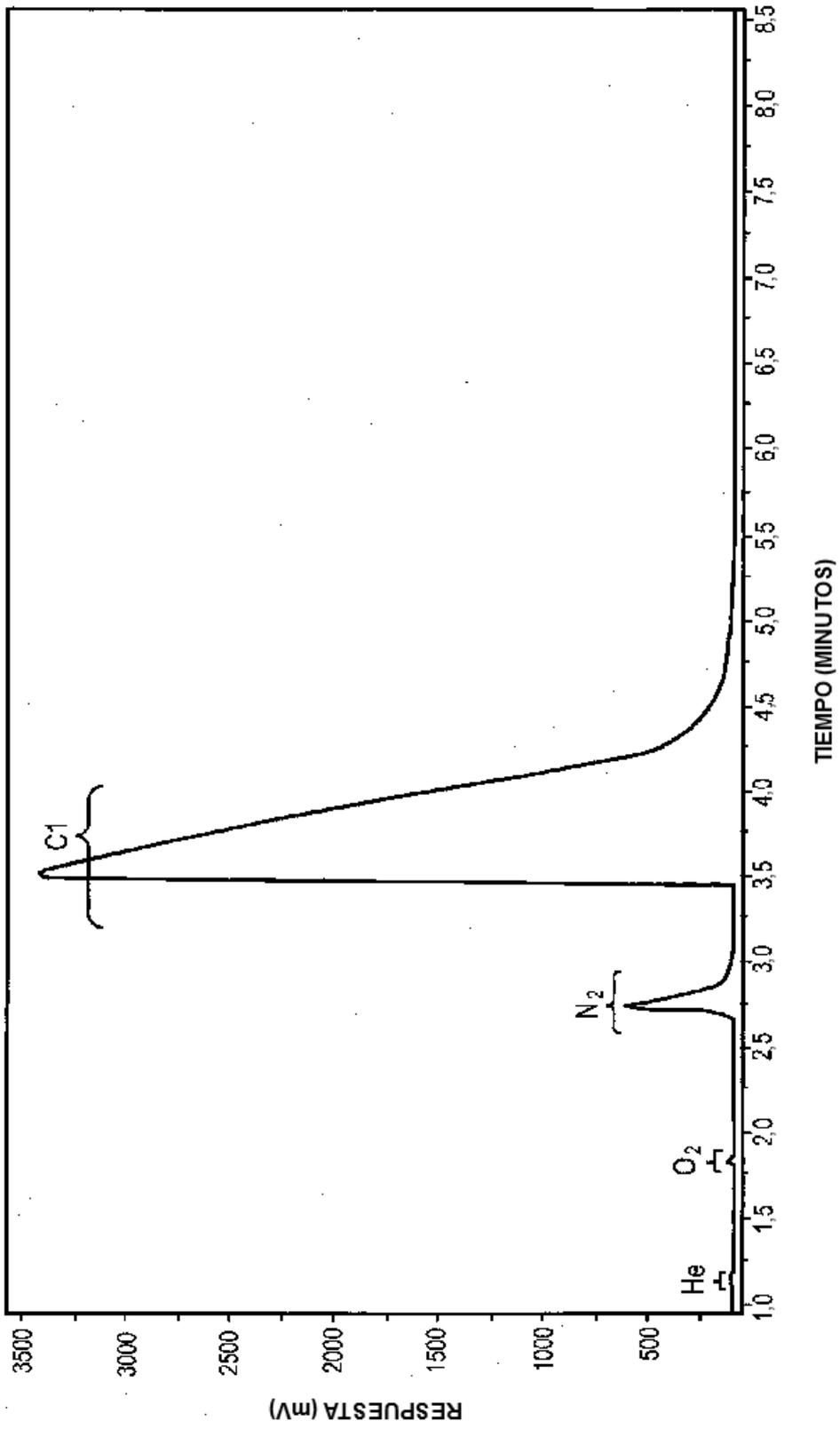


FIG. 7

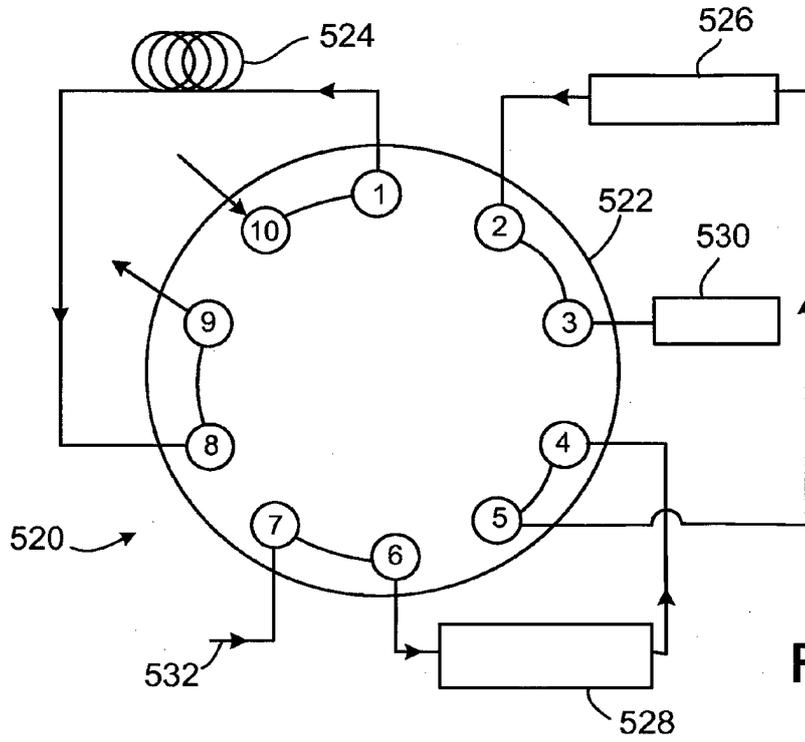


FIG. 8A

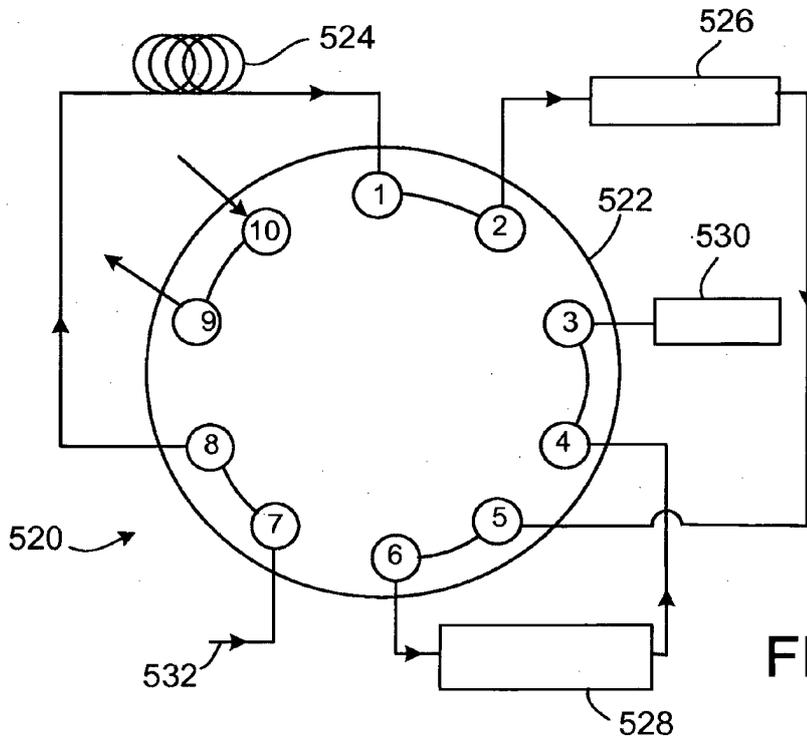


FIG. 8B

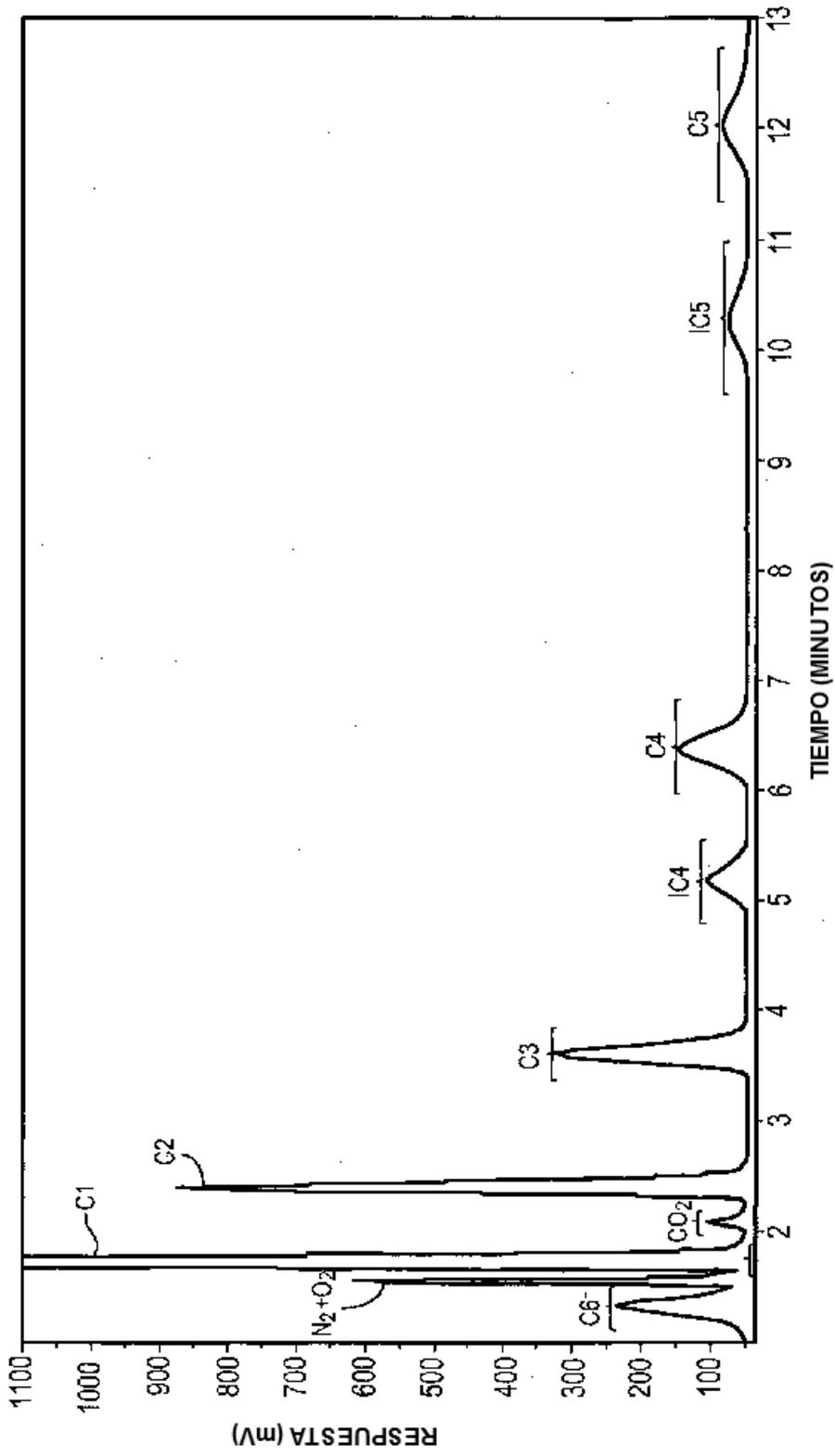


FIG. 9

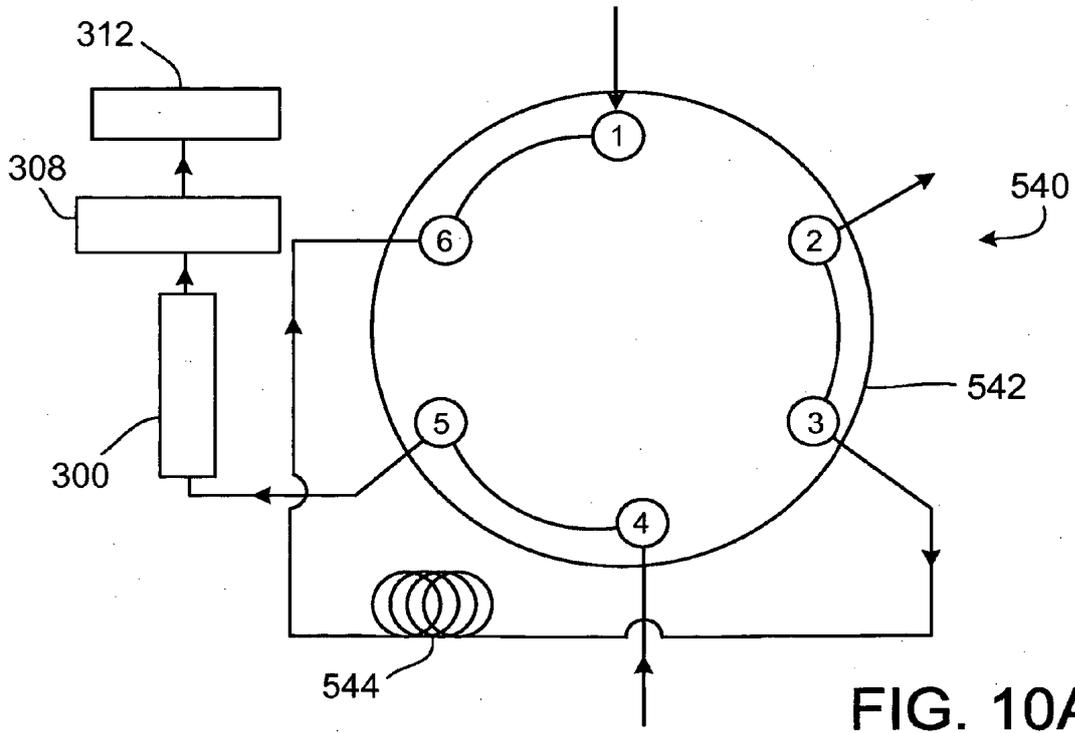


FIG. 10A

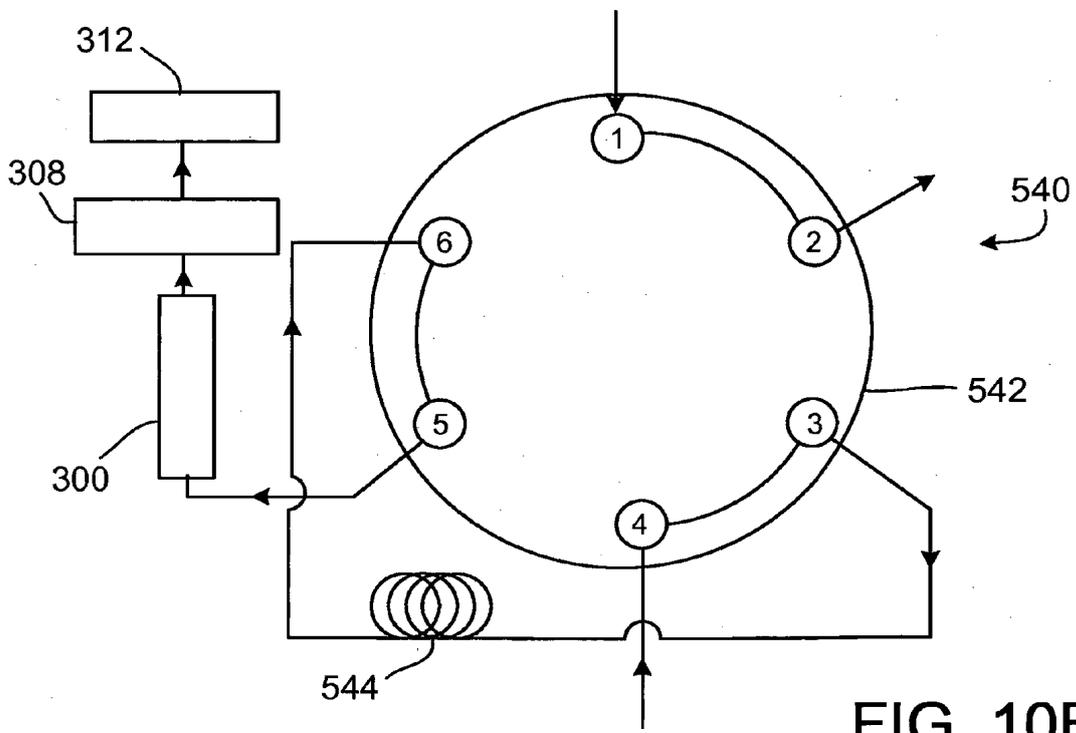


FIG. 10B

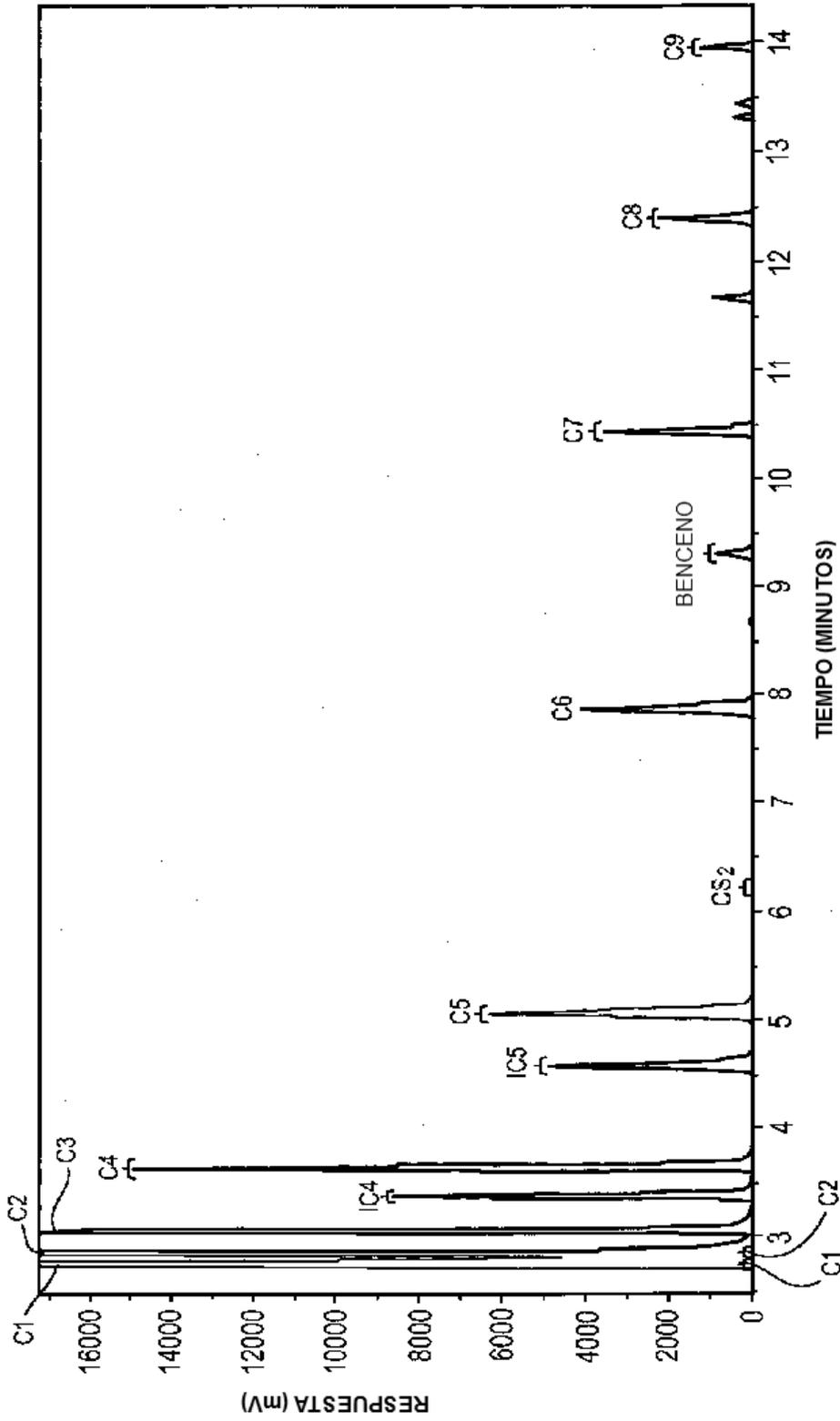


FIG. 11

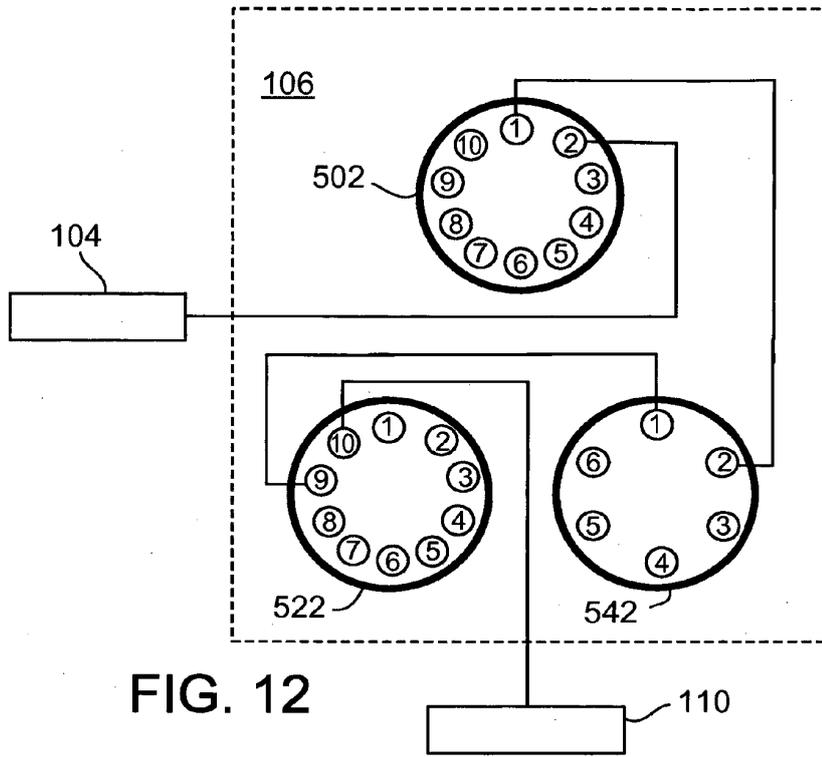


FIG. 12

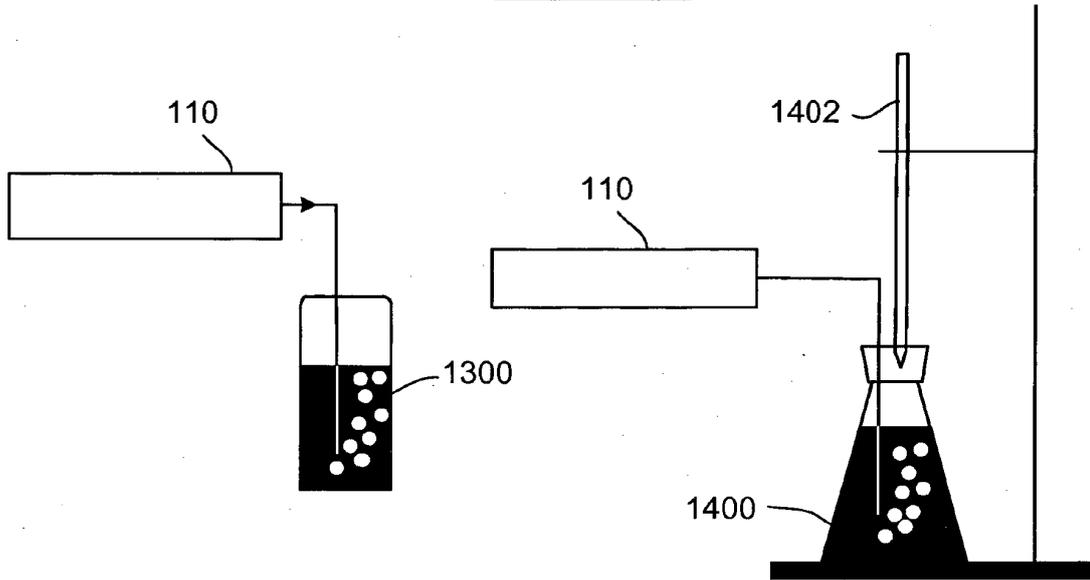


FIG. 13

FIG. 14