

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 757 148**

51 Int. Cl.:

G01N 27/08 (2006.01)

G01N 33/18 (2006.01)

G01N 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.03.2013 PCT/US2013/031356**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.10.2013 WO13154742**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.03.2013 E 13774948 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2019 EP 2836825**

54 Título: **Un sistema y método de control del bisulfuro de amonio**

30 Prioridad:

13.04.2012 US 201261623814 P

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

28.04.2020

73 Titular/es:

**PHILLIPS 66 COMPANY (100.0%)
P.O. Box 4428
Houston, TX 77210, US**

72 Inventor/es:

**LORD, III, CHARLES, JOHN y
NEWLAND, JOHN, STEPHEN**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 757 148 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

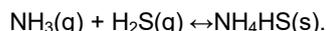
Un sistema y método de control del bisulfuro de amonio

Campo de la invención

5 La invención se refiere a un sistema y método en línea para medir bisulfuro de amonio, y, en particular, a un método para medir bisulfuro de amonio en una corriente de fluido usando un dispositivo de conductividad electrolítica.

Antecedentes de la invención

10 Las refinerías hidrotratan los destilados medios y las materias primas intermedias para eliminar los compuestos de nitrógeno y azufre antes de formar productos derivados del petróleo. El efluente del agua ácida de este hidroprocesamiento contiene amoniaco (NH_3) y sulfuro de hidrógeno (H_2S). A medida que el efluente se enfría, se forma una sal de bisulfuro de amonio (NH_4HS) en el agua ácida a partir de la reacción del sulfuro de hidrógeno y el amoniaco de la siguiente manera:



15 El bisulfuro de amonio causa corrosión acelerada y problemas de mantenimiento para la metalurgia dada en la refinería dependiendo de las concentraciones. Los problemas y fallas de corrosión resultantes pueden ocasionar lesiones personales, daños costosos al equipo y pérdida de producción. La predicción de la corrosión causada por el agua ácida se basa en un control preciso de la concentración de bisulfuro de amonio. Sin conocer o carecer de confianza en la concentración de bisulfuro de amonio, los operadores realizan cortes innecesarios en la tasa de alimentación y usan agua de lavado excesiva para evitar problemas de corrosión.

20 Debido a que por lo general hay más azufre que nitrógeno en las materias primas, la concentración del bisulfuro de amonio a menudo se estima por la cantidad de amoniaco presente en las muestras "al azar" del efluente. Estas muestras al azar se analizan en un laboratorio de refinería usando el método de valoración de alcalinidad. Sin embargo, estas muestras analizadas en laboratorio solo proporcionan datos intermitentes y presentan un riesgo de seguridad para los recolectores de muestras debido a la posible exposición a la desgasificación de sulfuro de hidrógeno. Otro enfoque intenta estimar la concentración de bisulfuro de amonio en función de las condiciones operativas de la refinería, pero genera resultados con más del 50% de incertidumbre.

25 Por lo tanto, existe la necesidad de un sistema y método en línea precisos para medir la concentración de bisulfuro de amonio.

30 El documento US2006/0271895 enseña un método para evaluar la resistencia a la corrosión del material en un entorno de bisulfuro de amonio. El documento US2008/297173 enseña un sistema y un método para medir la conductividad del fluido. El documento DE29718927 enseña un aparato de medición y control para uno o más recipientes de líquidos en, por ejemplo, trabajos de tratamiento de residuos que incluyen, por ejemplo, sensores de temperatura y pH y dispositivos de control, todos conectados a una unidad central de medición y control. El documento US5656151 enseña un lavado intermitente con agua para eliminar sales. FR2947634 enseña un dispositivo para medir al menos una propiedad del agua.

35 Resumen de la invención

La presente invención proporciona un sistema y un método en línea para controlar el bisulfuro de amonio y, en particular, un método para controlar el bisulfuro de amonio en una corriente de fluido usando un dispositivo de conductividad electrolítica.

40 La invención se refiere a un sistema para medir la concentración de bisulfuro de amonio en una corriente de fluido que incluye una celda de conductividad, un sensor de temperatura y un analizador. La celda de conductividad mide la conductividad electrolítica de la corriente de fluido que fluye a través de la celda. La lógica del analizador determina la concentración de bisulfuro de amonio en función de las señales recibidas de la celda de conductividad y el sensor de temperatura acoplado para medir la temperatura de la corriente de fluido.

45 Según algunas realizaciones, un método para medir la concentración de bisulfuro de amonio en una corriente de fluido incluye medir la conductividad electrolítica de la corriente de fluido. El método incluye además medir la temperatura de la corriente de fluido. La determinación de la concentración de bisulfuro de amonio depende de la temperatura y la conductividad que se miden.

50 Como se divulga en este documento, un medio de almacenamiento legible por computadora contiene un programa para medir la concentración de bisulfuro de amonio en una corriente de fluido. El programa, cuando se ejecuta, realiza un método que incluye recibir una primera señal indicativa de conductividad electrolítica para la corriente de fluido y una segunda señal indicativa de temperatura de la corriente de fluido. Además, el método realizado por el programa incluye determinar la concentración de bisulfuro de amonio basándose en la primera y segunda señal.

En particular, el sistema y el método definidos en las reivindicaciones comprenden un sistema que comprende: una celda (110) de conductividad configurada para medir la conductividad electrolítica de una corriente (102) de fluido que fluye a través de la celda (110) de conductividad; un sensor (112) de temperatura acoplado para medir la temperatura de la corriente (102) de fluido, en el que el sensor (112) de temperatura se puede insertar directamente en la corriente (102) de fluido; un sensor (114) de presión acoplado para medir la presión de la corriente (102) de fluido; y un analizador con lógica configurada para determinar la concentración de bisulfuro de amonio con base en las señales recibidas de la celda (110) de conductividad, el sensor (112) de temperatura y el sensor (114) de presión; y un método que comprende: medir la conductividad electrolítica de una corriente (102) de fluido; medir la temperatura de la corriente (102) de fluido, en el que un sensor (112) de temperatura se inserta directamente en la corriente (102) de fluido; medir la presión de la corriente (102) de fluido; y determinar la concentración de bisulfuro de amonio en la corriente de fluido en función de la temperatura medida, la conductividad medida y la presión medida, en el que el analizador recibe y correlaciona una primera señal, una segunda señal y una tercera señal a un algoritmo de calibración para determinar la concentración de bisulfuro de amonio, en el que un algoritmo de calibración compensa cualquier efecto de presión, temperatura o ambos en la medición de conductividad.

Estos y otros objetos, características y ventajas serán evidentes a medida que se haga referencia a la siguiente descripción detallada, realizaciones preferidas y ejemplos, dados con el propósito de divulgación, y tomados junto con los dibujos y las reivindicaciones adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

Se puede obtener una comprensión más completa de la presente invención y los beneficios de esta haciendo referencia a la siguiente descripción tomada junto con los dibujos adjuntos en los que:

La figura 1 ilustra un diagrama esquemático de un sistema analizador de bisulfuro de amonio según una realización de la presente invención;

La figura 2 ilustra un diagrama de flujo para un método de medición de la concentración de bisulfuro de amonio en una corriente de fluido;

La figura 3 ilustra un gráfico de temperatura (°F) frente a presión (psig) para conductividad electrolítica (mS/cm) de 8% en peso de bisulfuro de amonio;

La figura 4 ilustra un gráfico de temperatura (°F) frente a presión (psig) para conductividad electrolítica (mS/cm) de 15% en peso de bisulfuro de amonio;

La figura 5 ilustra un gráfico de temperatura (°F) frente a presión (psig) para conductividad electrolítica (mS/cm) de 20% en peso de bisulfuro de amonio;

La figura 6 ilustra un gráfico de temperatura (°F) frente a presión (psig) para conductividad electrolítica (mS/cm) de 25% en peso de bisulfuro de amonio;

La figura 7 ilustra un gráfico de temperatura (°F) frente a presión (psig) para conductividad electrolítica (mS/cm) de 50% en peso de bisulfuro de amonio;

La figura 8 ilustra un gráfico de temperatura (° F) frente a presión (psig) para amoníaco en fase de vapor (% en masa) a 8% en peso de bisulfuro de amonio;

La figura 9 ilustra un gráfico de temperatura (°F) frente a presión (psig) para amoníaco en fase de vapor (% en masa) a 15% en peso de bisulfuro de amonio;

La figura 10 ilustra un gráfico de temperatura (° F) frente a presión (psig) para amoníaco en fase de vapor (% en masa) a 20% en peso de bisulfuro de amonio;

La figura 11 ilustra un gráfico de temperatura (°F) frente a presión (psig) para amoníaco en fase de vapor (% en masa) a 25% en peso de bisulfuro de amonio;

La figura 12 ilustra un gráfico de temperatura (°F) frente a presión (psig) para amoníaco en fase de vapor (% en masa) a 50% en peso de bisulfuro de amonio;

La figura 13 ilustra un gráfico de bisulfuro de amonio (% en peso basado en amoníaco) versus pérdida de sulfuro de hidrógeno (% rel), que muestra una pérdida preferencial de sulfuro de hidrógeno en relación con el amoníaco durante el muestreo instantáneo atmosférico de agua ácida del hidrotatador;

La figura 14 ilustra una tabla de fecha versus relación de análisis de laboratorio (alcalinidad total) a análisis en línea de la concentración de bisulfuro de amonio;

La figura 15 ilustra un cuadro de fecha versus relación de cálculo estimado API para análisis en línea de concentración de bisulfuro de amonio;

La figura 16 ilustra un gráfico de tiempo versus error de retraso temperatura (°F), que muestra la reducción del error de conductividad a 0.08% moviendo el sensor de temperatura directamente a la corriente de fluido;

La figura 17 ilustra un diagrama esquemático de un dispositivo informático para un analizador de bisulfuro de amonio de acuerdo con una realización de la presente invención; y

- 5 La figura 18 ilustra un diagrama de un prototipo de analizador de bisulfuro de amonio de acuerdo con una realización de la presente invención, que muestra una celda de conductividad electrolítica y un dispositivo informático ejemplares de Rosemount Analytical, Inc.

Descripción detallada

- 10 La siguiente descripción detallada de diversas realizaciones de la presente invención hace referencia a los dibujos adjuntos, que ilustran realizaciones específicas en las que se puede practicar la invención.

- 15 La invención se refiere a un sistema y método para medir la concentración de bisulfuro de amonio en una corriente fluida, tal como una corriente líquida acuosa. El sistema incluye una celda 110 de conductividad electrolítica, un sensor 112 de temperatura y un analizador 111. El sistema también incluye un sensor 114 de presión. La lógica del analizador 111 determina la concentración de bisulfuro de amonio basándose en las señales recibidas de la celda 110 de conductividad, el sensor 112 de temperatura y, opcionalmente, el sensor 114 de presión que están acoplados para controlar la corriente 102 de fluido.

- 20 La figura 1 ilustra un diagrama esquemático de un sistema analizador de bisulfuro de amonio según una realización de la presente invención. En funcionamiento, una fuente 100, como cualquier combinación de varias unidades de refinera, incluidos hidrotratadores, hidrocraqueadores, separadores de agua ácida y galletas catalíticas fluidas, genera una corriente 102 ácida de líquido acuoso. Al menos parte de la corriente 102 ingresa en un circuito 104 de flujo del analizador. Si solo una parte de la corriente 102 se desvía hacia el circuito 104 de flujo, un diferencial de presión suficiente entre la entrada y la salida del circuito 104 de flujo puede asegurar el flujo de la corriente 102 a través del circuito 104 de flujo. La celda 110 de conductividad, el sensor 112 de temperatura y, opcionalmente, el sensor 114 de presión están dispuestos a lo largo de una salida de agua ácida en una refinera de modo que la corriente 102 de fluido contenga al menos parte del agua ácida.

- 25 Para algunas realizaciones, el circuito 104 de flujo incluye un filtro 106 para eliminar partículas de la corriente 102 que puede influir en la conductividad de la corriente 102. Los ejemplos del filtro 106 incluyen elementos basados en medios porosos que evitan el paso de las partículas con base en la exclusión por tamaño. Hatfield & Company, Inc. dispone de un filtro adecuado. Un manómetro 108 diferencial acoplado para detectar aguas arriba y aguas abajo del filtro 106 puede proporcionar una indicación de cuándo el filtro 106 se tapa y requiere un cambio. Dependiendo de la cantidad de contaminantes introducidos desde la fuente 100, la corriente 102 puede no requerir ningún filtrado antes de pasar a través de una celda 110 de conductividad dispuesta a lo largo del circuito 104 de flujo. En una realización, la celda 110 de conductividad, el sensor 112 de temperatura y, opcionalmente, el sensor 114 de presión está dispuesto a lo largo de un circuito de flujo del analizador 104 acoplado en comunicación fluida con el flujo de agua 100 ácida del hidrotratador para producir la corriente 102 de fluido dentro del circuito 104 del analizador.

- 30 La celda 110 de conductividad representa cualquier dispositivo capaz de medir la conductividad electrolítica de la corriente 102 de fluido. En algunas realizaciones, la celda 110 de conductividad detecta la conductividad inductivamente usando bobinas electromagnéticas sin contacto directo con la corriente 102 que pasa a través de un conducto interno de la celda 110 de conductividad. En otras palabras, la celda 110 de conductividad inductiva está aislada del contacto directo con la corriente 102. Esta falta de contacto directo de la celda 110 de conductividad con la corriente 102 evita posibles problemas de ensuciamiento, que podrían afectar negativamente las lecturas. Por ejemplo, Rosemount Analytical, Inc. ("Rosemount") dispone de una celda 110 de conductividad sin contacto apropiada. La celda 110 de conductividad conocida como un tipo de celda de flujo continuo puede pasar además la corriente 102 desde un fondo a una parte superior de la celda 110 de conductividad de modo que cualquier burbuja en la corriente 102 flote hacia la parte superior para limitar la influencia en las lecturas.

- 35 La figura 17 ilustra un diagrama esquemático de un dispositivo informático para un sistema analizador de bisulfuro de amonio de acuerdo con una realización de la presente invención. Con referencia a los dibujos en general, e inicialmente a las figuras 1 y 17 en particular, se muestra un entorno operativo ejemplar para implementar realizaciones de la presente invención y se designa generalmente como un dispositivo 1700 informático para el analizador 111. El dispositivo 1700 informático es solo un ejemplo de un entorno informático adecuado y no pretende sugerir ninguna limitación en cuanto al alcance de uso o funcionalidad de la invención. Tampoco se debe interpretar que el dispositivo 1700 informático tiene ninguna dependencia o requisito relacionado con alguno o combinación de componentes ilustrados. Por ejemplo, un dispositivo 1700 informático adecuado está disponible en Rosemount que está diseñado para ser compatible con una celda 110 de conductividad apropiada también disponible en Rosemount, como se discutió anteriormente.

Las realizaciones de la invención pueden describirse en el contexto general del código de computadora o instrucciones ejecutables por máquina almacenadas como módulos u objetos de programa y ejecutables por uno o

más dispositivos informáticos, tales como una computadora portátil, servidor, dispositivo móvil, tableta, etc. En general, los módulos de programa que incluyen rutinas, programas, objetos, componentes, estructuras de datos, etc., se refieren a códigos que realizan tareas particulares o implementan tipos de datos abstractos particulares. Las realizaciones de la invención se pueden practicar en una variedad de configuraciones de sistema, que incluyen dispositivos de mano, electrónica de consumo, computadoras de uso general, más dispositivos informáticos especializados y similares. Las formas de realización de la invención también se pueden practicar en entornos informáticos distribuidos donde las tareas se pueden realizar mediante dispositivos de procesamiento remoto que se pueden vincular a través de una red de comunicaciones.

Con referencia continua a la figura 17, el dispositivo 1700 informático del analizador 100 incluye un bus 1710 que acopla directa o indirectamente los siguientes dispositivos: memoria 1712, uno o más procesadores 1714, uno o más componentes 1716 de presentación, uno o más puertos 1718 de entrada/salida (E/S), componentes 1720 de E/S, una interfaz 1722 de usuario y una fuente 1724 de alimentación ilustrativa. El bus 1710 representa lo que puede ser uno o más buses (como un bus de direcciones, un bus de datos o una combinación de estos). Aunque los diversos bloques de la figura 17 se muestran con líneas para mayor claridad, en realidad, delinear varios componentes no es tan claro y, metafóricamente, las líneas serían más precisas. Por ejemplo, uno puede considerar un componente de presentación, como un dispositivo de visualización, como un componente de E/S. Además, muchos procesadores tienen memoria. Los inventores reconocen que tal es la naturaleza de la técnica y reiteran que el diagrama de la figura 17 es meramente ilustrativo de un dispositivo informático ejemplar que puede usarse en conexión con una o más realizaciones de la presente invención. Además, no se hace una distinción entre categorías como "estación de trabajo", "servidor", "computadora portátil", "dispositivo móvil", etc., ya que todas están contempladas dentro del alcance de la figura 17 y la referencia al "dispositivo informático".

El dispositivo 1700 informático del analizador 100 por lo general incluye una variedad de medios legibles por computadora. Los medios legibles por computadora pueden ser cualquier medio disponible al que se pueda acceder mediante el dispositivo 1700 informático e incluye medios volátiles y no volátiles, medios extraíbles y no extraíbles. A modo de ejemplo, y sin limitación, los medios legibles por computadora pueden comprender medios de almacenamiento por computadora y medios de comunicación. Los medios de almacenamiento de la computadora incluyen medios volátiles y no volátiles, extraíbles y no extraíbles implementados en cualquier método o tecnología para el almacenamiento de información, como instrucciones legibles por computadora, estructuras de datos, módulos de programas u otros datos. Los medios de almacenamiento de la computadora incluyen, entre otros, memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de solo lectura (ROM), memoria de solo lectura programable y borrrable electrónicamente (EEPROM), memoria flash u otra tecnología de memoria, CDRom, discos digitales versátiles (DVD) u otra memoria holográfica, casetes magnéticos, cinta magnética, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que pueda usarse para codificar la información deseada y a la que pueda acceder el dispositivo 1700 informático.

La memoria 1712 incluye medios de almacenamiento informáticos en forma de memoria volátil y/o no volátil. La memoria 1712 puede ser extraíble, no extraíble o una combinación de estas. Los dispositivos de hardware adecuados incluyen memoria de estado sólido, discos duros, unidades de disco óptico, etc. El dispositivo 1700 informático del analizador 100 incluye uno o más procesadores 1714 que leen datos de diversas entidades tales como la memoria 1712 o los componentes 1720 de E/S.

El(los) componente(s) 1716 de presentación presentan indicaciones de datos a un usuario u otro dispositivo. En una realización, el dispositivo 1700 informático emite indicaciones de datos actuales que incluyen concentración de bisulfuro de amonio, temperatura, presión y/o similares a un componente 1716 de presentación. Véase, por ejemplo, la figura 18. Los componentes 1716 de presentación adecuados incluyen un dispositivo de visualización, altavoz, componente de impresión, componente vibratorio y similares.

La interfaz 1722 de usuario permite al usuario la entrada/salida de información hacia/desde el dispositivo 1700 informático. Las interfaces 1722 de usuario apropiadas incluyen teclados, teclados, almohadillas táctiles, pantallas táctiles gráficas y similares. Por ejemplo, el usuario puede ingresar un algoritmo o curva de calibración de bisulfuro de amonio en el dispositivo 1700 informático o emitir una concentración de bisulfuro de amonio al componente 1716 de presentación, tal como una pantalla. En algunas realizaciones, la interfaz 1722 de usuario puede combinarse con el componente 1716 de presentación, tal como una pantalla y una pantalla táctil gráfica. En algunas realizaciones, la interfaz de usuario puede ser un dispositivo portátil de mano. Rosemount dispone de interfaces de usuario apropiadas que incluyen dispositivos portátiles de mano. El uso de tales dispositivos es bien conocido en la técnica.

El uno o más puertos 1718 de E/S permiten que el dispositivo 1700 informático se acople lógicamente a otros dispositivos, incluida una celda 110 de conductividad, el sensor 112 de temperatura, el sensor 114 de presión opcional, y otros componentes 1720 de E/S, algunos de los cuales pueden estar integrados. Ejemplos de otros componentes 1720 de E/S incluyen una impresora, escáner, dispositivo inalámbrico y similares.

En funcionamiento, la celda 110 de conductividad envía una primera señal indicativa de la conductividad electrolítica al dispositivo 1700 informático del analizador 111 a través de un primer puerto 1718a de E/S. En algunas realizaciones, el dispositivo 1700 informático del analizador 111 también recibe una segunda señal del sensor 112 de temperatura a través de un segundo puerto 1718b de E/S. El sensor 112 de temperatura representa cualquier

dispositivo capaz de medir la temperatura de la corriente 102 de fluido. Los ejemplos de sensores 112 de temperatura incluyen termopares, detectores de temperatura de resistencia (RTD) y similares. Un RTD adecuado está disponible en Omega Engineering. El sensor 112 de temperatura permite determinar la temperatura de la corriente 102 cuando pasa a través de la celda 110 de conductividad y, por lo tanto, el sensor 112 de temperatura puede estar dispuesto en o cerca de la celda 110 de conductividad. Por ejemplo, en una configuración de fábrica, la celda 110 de conductividad Rosemount utiliza el sensor 112 de temperatura ubicado directamente en contacto con una brida de conexión de proceso. Debido a la importante masa térmica de la celda 110 de conductividad, el sensor 112 de temperatura mide la temperatura de la brida, no la temperatura de la corriente. Vea la figura 16. Como se puede ver en la figura 16, debido a la masa térmica de la celda 110 de conductividad, la temperatura de la brida va por detrás de la temperatura de la corriente cuando la temperatura de la corriente cambia. Estos errores en la medición de temperatura dieron como resultado un error de aproximadamente 4% en la conductividad calculada de la corriente. *Id.*

Debido a que la conductividad electrolítica varía significativamente en función de la temperatura (es decir, aproximadamente 2% por °C), cualquier compensación de temperatura debe basarse en una medición precisa de la temperatura de la corriente 102. Para evitar este retraso de transferencia térmica, algunas realizaciones utilizan el sensor 112 de temperatura ubicado directamente en contacto con la corriente 102 de fluido. Véase, por ejemplo, la figura 16. En otras palabras, el sensor 112 de temperatura puede insertarse directamente en la corriente 102. Por ejemplo, el sensor 112 de temperatura en la celda 110 de conductividad Rosemount se reubicó desde el contacto directo con la brida al contacto directo con la corriente 102. Véase, por ejemplo, la figura 18. Como se puede ver en la figura 16, la inserción del sensor 112 de temperatura directamente en la corriente 102 mejora la precisión en aproximadamente un factor de cincuenta. Con estas mediciones de temperatura más precisas, el error en la conductividad calculada se redujo significativamente a aproximadamente 0.08%. *Id.*

Para algunas realizaciones, el sensor 112 de temperatura funciona como parte de un dispositivo de regulación de temperatura que controla la temperatura de la corriente 102 de modo que la temperatura de la corriente permanece constante cuando pasa a través de la celda 110 de conductividad y se puede aplicar una compensación constante de temperatura en la determinación de la concentración de bisulfuro de amonio.

El analizador 111 incluye lógica para determinar la concentración de bisulfuro de amonio basándose en las señales primera, segunda y, opcionalmente, tercera recibidas respectivamente de la celda 110 de conductividad, el sensor 112 de temperatura y opcionalmente, el sensor 114 de presión. En particular, la conductividad de la corriente 102 varía en función de la concentración de bisulfuro de amonio con una posible compensación de temperatura y presión dependiendo de la estabilidad de las condiciones de funcionamiento del sistema. La corriente 102 puede consistir en, o consiste esencialmente en agua y el bisulfuro de amonio en solución. Solo una sal domina la corriente 102 y es el bisulfuro de amonio. La concentración de bisulfuro de amonio proporciona así un componente controlador de la corriente 102 que influye en los cambios en la conductividad, eliminando así la necesidad de una mayor selectividad de detección.

La lógica del analizador 111 puede correlacionar la conductividad medida, la temperatura y, opcionalmente, la presión de la corriente 102 con un algoritmo o curva de calibración de bisulfuro de amonio para determinar la concentración de bisulfuro de amonio. En algunas realizaciones, el analizador 111 emite la concentración de bisulfuro de amonio a un componente 1716 de presentación en el sitio con la celda 110 de conductividad y/o a un componente 1716 de presentación remoto, tal como una pantalla en una sala de control o ubicación de monitoreo fuera del sitio. La celda 110 de conductividad, el sensor 112 de temperatura, opcionalmente, el sensor 114 de presión o el analizador 111 pueden incluir un módem celular o dispositivo inalámbrico para esta salida de la concentración de bisulfuro de amonio a la ubicación remota desde la celda 110 de conductividad. En una realización, el componente 1716 de presentación puede mostrar indicaciones de datos presentes que incluyen la concentración de bisulfuro de amonio como porcentaje en peso (% en peso) de bisulfuro de amonio en la corriente 102 temperatura de la corriente 102 en grados Fahrenheit (°F), y, opcionalmente, presión de la corriente 102 en libras por pulgada cuadrada (psig). Véase, por ejemplo, la figura 18.

Para algunas realizaciones, los cálculos teóricos permiten definir un algoritmo o curva de calibración de bisulfuro de amonio, como se describe más adelante. Este enfoque de modelado de calibración evita el uso del bisulfuro de amonio para la calibración. Los cálculos teóricos pueden incluir varios, como 1000 o más, valores calculados para la conductividad sobre temperaturas operativas potenciales, tal como aproximadamente 60 a aproximadamente 140 °F (es decir, aproximadamente 15 a aproximadamente 60 °C), y un rango potencial de concentración de bisulfuro de amonio, tal como aproximadamente 0 a aproximadamente 50% en peso. Véanse las figuras 3-7. Estos valores calculados mostraron cambios de conductividad casi lineales en el rango de concentración y permitieron derivar el algoritmo o la curva para una función de concentración-conductividad con un factor de compensación de temperatura. *Id.*

En algunas realizaciones, el analizador 111 opera a temperaturas por encima de un punto de congelación de la corriente 102 y hasta una temperatura máxima donde la descomposición térmica del bisulfuro de amonio genera respuestas de conductividad no lineales en todo el rango de concentración. Véanse las figuras 3-7; véanse también las figuras 8-12. A temperaturas superiores al umbral de temperatura, los valores calculados mostraron cambios de conductividad no lineales en el rango de concentración e impidieron derivar un algoritmo o curva de bisulfuro de

amonio para la función de concentración-conductividad con solo el factor de compensación de temperatura. *Id.* Si la corriente 102 no se enfría lo suficiente simplemente pasando a través de un tramo de conducto expuesto al aire ambiente desde la fuente 100 antes de llegar a la celda 110 de conductividad, los intercambiadores de calor opcionales pueden proporcionar la reducción de temperatura deseada.

5 Además, en algunas realizaciones, el analizador 111 funciona a presiones entre aproximadamente 30 y 260 psig (es decir, aproximadamente 200 y aproximadamente 1750 kilopascales) o un límite superior definido por las clasificaciones de presión de los componentes. Este rango de presión también proporciona una respuesta lineal y corresponde con los ciclos típicos a medida que el agua ácida se acumula y descarga desde la fuente 100. Véanse, por ejemplo, las figuras 3-7. Bajo tales condiciones operativas deseadas, la presión de la corriente 102 proporciona una influencia limitada sobre la conductividad. *Id.* Algunas realizaciones incluyen el sensor 114 de presión, que puede garantizar que la presión esté en un rango aceptable para obtener resultados precisos sin compensación adicional o proporcionar información para una compensación adicional en el algoritmo o curva de bisulfuro de amonio para determinar la concentración de bisulfuro de amonio. El sensor 114 de presión representa cualquier dispositivo capaz de medir la presión de la corriente 102 de fluido. En estas realizaciones, el dispositivo 1700 informático recibe una tercera señal del sensor 114 de presión a través de un tercer puerto 1718c de E/S, como se discutió anteriormente.

20 En algunas realizaciones, un medidor 116 de flujo dispuesto a lo largo del circuito 104 de flujo confirma que la corriente 102 fluye a través de la celda 110 de conductividad ya que el sistema puede proporcionar mediciones en línea en tiempo real. El medidor 116 de flujo representa cualquier dispositivo capaz de medir la velocidad de flujo de la corriente 102 de fluido. La concentración de bisulfuro de amonio no se actualizaría con el tiempo en ausencia de la corriente 102 que se mueve a través del circuito 104 de flujo. Si el flujo se detiene o disminuye por debajo de un valor umbral, el dispositivo 1700 informático del analizador 111 puede indicar un error o etiquetar de otro modo la concentración de bisulfuro de amonio que se determina y genera. En estas realizaciones, el dispositivo 1700 informático recibe una cuarta señal del medidor 116 de flujo a través de un cuarto puerto de E/S 1718d.

25 En algunas realizaciones, el analizador 111 emite la concentración de bisulfuro de amonio a intervalos específicos, tal como cada segundo o minuto. La monitorización automática continua por el analizador 111 permite la integración del analizador 111 con otros controles de proceso que pueden ajustar los niveles del bisulfuro de amonio en la corriente 102 con base en la concentración de bisulfuro de amonio que se determina. Para algunas realizaciones, el analizador 111 puede emitir una señal de alarma si la concentración de bisulfuro de amonio excede un valor máximo según lo determinado por la metalurgia empleada.

30 La corriente 102 sale del circuito 104 de flujo y se envía como una salida 118 de residuos para tratamiento o reutilización. La salida 118 de residuos puede incluir cualquiera de la corriente 102 no desviada a través del circuito 104 de flujo. En algunas realizaciones, al menos aproximadamente 7 psig (es decir, aproximadamente 50 kilopascales) de presión diferencial entre donde parte de la corriente 102 ingresa al circuito 104 de flujo y se combina de nuevo para formar la salida 118 de desechos mantiene el flujo deseado.

35 La figura 2 muestra un diagrama de flujo para un método de medición de la concentración de bisulfuro de amonio en una corriente de fluido. Una primera etapa 201 del método incluye medir la conductividad de la corriente de fluido. En una realización, el dispositivo 1700 informático del analizador 111 recibe una primera señal indicativa de conductividad desde la celda 110 de conductividad para la corriente 102 de fluido, como se discutió anteriormente.

40 En una segunda etapa 202, el método incluye medir la temperatura de la corriente de fluido. En una realización, el sensor 112 de temperatura se inserta directamente en la corriente 102 de fluido, como se discutió anteriormente. En una realización, el dispositivo 1700 informático recibe una segunda señal indicativa de temperatura desde el sensor 112 de temperatura para la corriente 102 de fluido, como se discutió anteriormente.

45 Una etapa 203 de cálculo usa la temperatura y la conductividad medidas en la primera y segunda etapas 201, 202 para determinar la concentración de bisulfuro de amonio basándose en un algoritmo o curva de calibración de bisulfuro de amonio, como se describe más adelante. En una realización, el dispositivo 1700 informático determina la concentración de bisulfuro de amonio para la corriente 102 de fluido con base en la temperatura medida desde el sensor 112 de temperatura para la corriente 102 y la conductividad medida para la corriente 102, en el que la temperatura medida y la conductividad medida están correlacionadas con el algoritmo de calibración o curva para determinar la concentración de bisulfuro de amonio para la corriente 102. En una realización, el dispositivo 1700 informático determina la concentración de bisulfuro de amonio basándose en las señales primera y segunda, en el que las señales primera y segunda están correlacionadas con el algoritmo de calibración o curva para determinar la concentración de bisulfuro de amonio, como se discute a continuación. El método incluye además una etapa 204 de la interfaz de usuario enviando la concentración de bisulfuro de amonio determinada en la etapa 203 de cálculo al componente de presentación, tal como una pantalla.

55 En una realización, el método incluye además una etapa de dirigir al menos parte de un flujo de agua ácida en una refinería para proporcionar la corriente de fluido. Al menos parte del flujo de agua ácida de un hidrotatador puede proporcionar la corriente de fluido.

En una realización, el método incluye además la etapa de enviar la concentración de bisulfuro de amonio a un componente de presentación, tal como una pantalla.

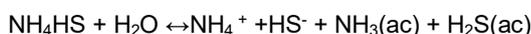
5 En una realización, el método incluye la etapa de medir la presión de la corriente de fluido. En una realización, el dispositivo 1700 informático recibe una tercera señal indicativa de presión desde el sensor 114 de presión para la corriente 102 de fluido, como se discutió anteriormente. En una realización, el dispositivo 1700 informático determina la concentración de bisulfuro de amonio basándose en las señales primera, segunda y tercera, en el que las señales primera, segunda y tercera están correlacionadas con un algoritmo de calibración o curva para determinar la concentración de bisulfuro de amonio, como se discute a continuación.

10 En una realización, el método incluye la etapa de filtrar la corriente de fluido antes de medir la conductividad electrolítica.

En una realización, el método incluye la etapa de marcar la concentración de bisulfuro de amonio si la velocidad de flujo de la corriente de fluido está por debajo de un valor umbral.

Modelo de calibración de bisulfuro de amonio

15 El agua ácida del hidrotatador es esencialmente una solución salina única de bisulfuro de amonio de la siguiente manera:



20 De este modo, cualquier propiedad a granel de la solución puede usarse para cuantificar la concentración de bisulfuro de amonio. La presente invención usa conductividad electrolítica para determinar la concentración de la sal de bisulfuro de amonio. Debido a que la composición de la sal de bisulfuro de amonio es relativamente fija, existe una correlación directa entre la concentración de sal y la conductividad electrolítica.

Por lo general, dicho analizador se calibraría preparando soluciones de varias concentraciones de sal conocidas y determinando la conductividad electrolítica de tales soluciones de sal. Para un analizador de bisulfuro de amonio, esta estrategia de calibración se ve obstaculizada por tres problemas:

- 1) una sal de bisulfuro de amonio no está disponible comercialmente;
- 25 2) las soluciones de bisulfuro de amonio no son estables en condiciones atmosféricas debido a la oxidación y desgasificación del sulfuro de hidrógeno; y
- 3) las soluciones de bisulfuro de amonio son altamente tóxicas debido a la desgasificación del sulfuro de hidrógeno.

30 Por lo tanto, el procedimiento de calibración tradicional no es práctico (o prudente) para el analizador de bisulfuro de amonio. En cambio, la presente invención evita estos problemas implementando un procedimiento de calibración "virtual" para el analizador de bisulfuro de amonio. Alternativamente, la invención evita estos problemas mediante el uso de un procedimiento de calibración "proxy" para la sal de bisulfuro de amonio, como se describe más adelante.

La conductividad electrolítica de una solución de bisulfuro de amonio es función de la concentración, temperatura y presión de la sal de bisulfuro de amonio. Por lo tanto, el procedimiento de calibración de bisulfuro de amonio requiere al menos dos relaciones de bisulfuro de amonio de la siguiente manera:

- 35 1) una concentración de sal de bisulfuro de amonio versus relación de conductividad electrolítica; y
- 2) una relación de conductividad electrolítica versus temperatura; y
- 3) opcionalmente, una relación de conductividad electrolítica versus presión o, alternativamente, una relación de temperatura versus presión para diversas concentraciones de sal de bisulfuro de amonio.

40 Este modelo de calibración puede desarrollarse usando un software de modelado de solución electrolítica para determinar el algoritmo o curva de bisulfuro de amonio, o usando una solución proxy para el bisulfuro de amonio para determinar el algoritmo o curva. Por ejemplo, un software de modelado de solución electrolítica adecuado está disponible en OLI Systems, Inc.

45 Como se divulga en este documento, los cálculos teóricos permiten definir el algoritmo de calibración de bisulfuro de amonio o la curva de calibración. Los cálculos teóricos pueden incluir varios, como 1000 o más, valores calculados para la conductividad sobre temperaturas operativas potenciales, tal como aproximadamente 60 a aproximadamente 140 °F (es decir, aproximadamente 15 a aproximadamente 60 °C), y un rango potencial de concentración de bisulfuro de amonio, tal como aproximadamente 0 a aproximadamente 50 por ciento en peso (% en peso). Véanse las figuras 3-7.

50 Como se divulga, el modelo de calibración supone que la conductividad electrolítica de la solución de bisulfuro de amonio no depende particularmente de la presión. Las condiciones de temperatura-presión, donde la conductividad

permanece relativamente constante con la presión, dependen de la concentración de la sal de bisulfuro de amonio. Véanse las figuras 3-7 (mitad izquierda). A cualquier concentración dada de la sal de bisulfuro de amonio, los cambios en la presión no afectan la conductividad electrolítica por debajo de un umbral de temperatura para esa concentración de sal. *Id.* Por ejemplo, a una concentración de aproximadamente 8% en peso de sal de bisulfuro de amonio, los cambios en la presión no afectan la conductividad electrolítica por debajo de aproximadamente 100 °F (es decir, aproximadamente 38 °C). Consulte la figura 3. Estos valores calculados mostraron cambios de conductividad casi lineales en el rango de concentración y permitieron derivar el algoritmo o la curva para una función de concentración-conductividad con un factor de compensación de temperatura. Véanse las figuras 3-7.

Como se puede ver en las figuras 3-7 (mitad izquierda), las condiciones de baja temperatura y presión moderada son muy favorables para realizar análisis en línea de bisulfuro de amonio. El comportamiento lineal de la conductividad electrolítica en condiciones de baja temperatura y presión moderada hace que sea relativamente fácil desarrollar algoritmos o curvas precisas de calibración de bisulfuro de amonio. *Id.* Por ejemplo, las temperaturas del agua ácida del hidrotatador de menos de aproximadamente 120 °F (es decir, aproximadamente 50 °C) y presiones de entre aproximadamente 30 a aproximadamente 200 psig (es decir, aproximadamente 206 a aproximadamente 1380 kilopascales) son ideales para la presente invención. Es importante destacar que estas condiciones de operación son altamente compatibles con las corrientes de agua ácida producidas en las unidades de hidropcesamiento de refinerías.

Como se divulga en este documento, el modelo de calibración supone que la conductividad electrolítica de la solución de bisulfuro de amonio no depende particularmente de la presión a temperaturas superiores a un umbral de temperatura. Las condiciones de presión de temperatura, donde la conductividad permanece relativamente constante con la presión, dependen de la concentración de la sal de bisulfuro de amonio y la temperatura de la corriente. Véanse las figuras 3-7 (cuadrante superior derecho). A cualquier concentración dada de la sal de bisulfuro de amonio a temperaturas superiores a la temperatura umbral, los cambios en la presión no afectan la conductividad electrolítica por encima de una presión umbral para esa concentración de sal. *Id.* Como se puede ver en las figuras 3-7, la presión umbral aumenta a medida que aumenta la temperatura. *Id.* Por ejemplo, a una concentración de aproximadamente 8% en peso de sal de bisulfuro de amonio, los cambios en la presión no afectan la conductividad electrolítica por encima de aproximadamente 130 °F y aproximadamente 20 psig (es decir, por encima de aproximadamente 54 °C y aproximadamente 138 kilopascales), por encima de aproximadamente 160 °F y aproximadamente 50 psig (es decir, 70 °C y aproximadamente 345 kilopascales), y por encima de aproximadamente 190 °F y aproximadamente 90 psig (es decir, por encima de aproximadamente 88 °C y aproximadamente 620 kilopascales). Consulte la figura 3. Estos valores calculados mostraron cambios de conductividad casi lineales en el rango de concentración y permitieron derivar el algoritmo o curva de bisulfuro de amonio para una función de concentración-conductividad con un factor de compensación de temperatura y un factor de compensación de presión. Véanse las figuras 3-7.

Como se puede ver en las figuras 3-7 (cuadrante superior derecho), las condiciones de alta temperatura y presión moderada a alta son moderadamente favorables para realizar análisis en línea de bisulfuro de amonio. El comportamiento casi lineal de la conductividad electrolítica en condiciones de alta temperatura y presión hace posible desarrollar algoritmos o curvas de calibración de sulfuro de amonio razonablemente precisos. *Id.*

Como se puede ver en las figuras 3-7 (cuadrante inferior derecho), las condiciones de alta temperatura y baja presión no son favorables para realizar análisis en línea de bisulfuro de amonio. El comportamiento no lineal de la conductividad electrolítica en condiciones de alta temperatura y baja presión hace que sea extremadamente difícil desarrollar algoritmos o curvas precisas de calibración de bisulfuro de amonio.

A modo de explicación, el comportamiento no lineal de la conductividad electrolítica ilustrada en las figuras 3-7 se debe a la descomposición térmica de la sal de bisulfuro de amonio en gas de amoníaco y gas de sulfuro de hidrógeno. Véanse las figuras 8-12. Por lo tanto, a medida que la sal de bisulfuro de amonio se descompone, la conductividad electrolítica de la solución de sal disminuye. Carné de identidad. La cantidad de amoníaco (y sulfuro de hidrógeno) en la fase acuosa aumenta al aumentar la temperatura, pero disminuye al aumentar la presión. *Id.* Para las mediciones tomadas en condiciones de alta temperatura y baja presión donde el amoníaco (y el sulfuro de hidrógeno) está presente en la fase de vapor, el error entre la concentración real de sal de bisulfuro de amonio y la concentración medida es mayor. Cuanto mayor es la cantidad de amoníaco (y sulfuro de hidrógeno) en la fase de vapor; cuanto mayor es el error en la concentración medida. Siempre que el analizador funcione en condiciones de temperatura y presión donde la cantidad de amoníaco en la fase de vapor es inferior a aproximadamente 1 a 2% en peso, se puede ajustar un factor de compensación de temperatura para producir una curva de calibración apropiada.

Además, el error entre la concentración real de sal de bisulfuro de amonio y la concentración medida puede reducirse si se utiliza una curva de calibración multipunto. Si la curva de calibración se pondera en el extremo superior, el error puede reducirse aún más. Por ejemplo, para una corriente de agua ácida del hidrotatador con una concentración de aproximadamente 25% en peso de sal de bisulfuro de amonio, una curva de calibración de aproximadamente 0% en peso de sal de bisulfuro de amonio, aproximadamente 10% en peso, aproximadamente 15% en peso, aproximadamente 20% en peso y aproximadamente 25% en peso reduciría el error.

Pruebas de laboratorio del analizador de bisulfuro de amonio en línea

Se fabricó un analizador 111 de bisulfuro de amonio en línea para evaluar los cálculos del modelo de calibración para soluciones proxy estándar (es decir, concentración conocida) de bicarbonato de amonio en un laboratorio y para comparar el analizador en línea con los métodos de análisis de laboratorio y muestreo aleatorio de una refinera. Las evaluaciones de laboratorio del analizador 111 se llevaron a cabo usando un simulador de agua de proceso. El simulador de agua de proceso es un sistema de circuito de flujo programable que circula soluciones de agua a través de un analizador a diferentes condiciones de temperatura, presión y caudal. La adquisición de datos y el control del simulador de agua de proceso se lograron usando un sistema de control distribuido (por ejemplo, MicroMod Automation). Usando el sistema de control, el circuito de flujo se programó para pasar a través de una secuencia de temperatura, presión y velocidad de flujo mientras se registran continuamente datos de múltiples sensores, como una celda 110 de conductividad electrolítica, un sensor 112 de temperatura, un sensor 114 de presión y un medidor 116 de flujo, ubicado alrededor del analizador 111.

Para las evaluaciones de laboratorio del analizador, se utilizó bicarbonato de amonio como la sal conductora. El bicarbonato de amonio es un proxy relativamente bueno para el bisulfuro de amonio porque su equilibrio ácido-base y solución son bastante similares. Las evaluaciones cubrieron una variedad de condiciones del proceso de la siguiente manera:

- 1) aproximadamente 70 a aproximadamente 200 °F (es decir, aproximadamente 21 a aproximadamente 93 °C);
- 2) aproximadamente 15 a aproximadamente 45 psig (es decir, aproximadamente 105 a aproximadamente 310 kilopascales);
- 3) aproximadamente 0 a aproximadamente 10% en peso de bicarbonato de amonio; y
- 4) aproximadamente 0.1 a aproximadamente 0.5 galones por minuto (gpm).

Debido a que los resultados experimentales tenían una excelente concordancia con los cálculos del modelo de calibración en estas evaluaciones de laboratorio de prueba de concepto, el analizador 111 en línea fue enviado a la refinera para pruebas de campo.

Pruebas de campo del analizador de bisulfuro de amonio en línea

Después de que el analizador 111 se puso en línea en la refinera, las lecturas del sensor, como una celda 110 de conductividad electrolítica, un sensor 112 de temperatura, un sensor 114 de presión y un medidor 116 de flujo, se actualizaron y registraron cinco veces por minuto. Los datos registrados del período anterior de veinticuatro horas se compararon con los métodos de muestreo aleatorio de refinera y análisis de laboratorio.

Comparación del analizador en línea con muestreo aleatorio de refinera y análisis de laboratorio

La mayoría de las refineras utilizan los siguientes métodos analíticos para determinar la concentración de bisulfuro de amonio en las corrientes de agua ácida del hidrotratador:

- 1) sulfuro total [$\text{HS}^- + \text{H}_2\text{S}(\text{ac})$];
- 2) amoníaco total [$\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3(\text{ac})$]; y
- 3) alcalinidad total [$\text{HS}^- + \text{NH}_3(\text{ac})$].

De estos métodos de laboratorio, la alcalinidad y el amoníaco totales son los más precisos. El sulfuro total es el menos preciso debido a la desgasificación del sulfuro de hidrógeno durante el manejo de las muestras al azar. Las muestras de agua ácida se recogen mediante el enjuague atmosférico de agua en una botella de muestra que da como resultado una despresurización rápida de la muestra. Debido a que el amoníaco no se pierde significativamente durante el muestreo, el análisis de amoníaco total produce resultados más precisos que el análisis de sulfuro total. Véase la figura 14. Como se ilustra en la figura 14, los errores de aproximadamente el 30% son comunes cuando se usa el análisis de sulfuro total para determinar la concentración de bisulfuro de amonio.

La figura 14 ilustra una comparación entre los análisis de laboratorio de muestras al azar y los resultados en línea para la unidad de refinera. Las muestras al azar generalmente se recolectaban alrededor de las 02:00 los lunes, miércoles y viernes. Un laboratorio determinó la concentración de bisulfuro de amonio en las muestras al azar usando un método de titulación de alcalinidad. Los resultados en línea se calcularon promediando las lecturas del analizador entre las 01:50 y las 02:10 del lunes, miércoles y viernes. En promedio, la concentración de bisulfuro de amonio de las muestras al azar es aproximadamente un 5% más alta que el analizador en línea, como se ilustra en la figura 1. Véase figura 14. Este desplazamiento es relativamente pequeño y probablemente debido a los sesgos promedio combinados para los dos métodos.

Como se ilustra en la figura 14, sin embargo, hay una buena cantidad de dispersión en los datos. Una regresión lineal de los análisis de laboratorio contra los resultados del analizador en línea proporciona un coeficiente de determinación (r^2) de 0.85. El coeficiente de 0.85 indica que los datos contienen una variación del 15%. Es probable

que esta variación se deba a errores en el manejo de la muestra al recolectar las muestras al azar para los análisis de laboratorio. Por lo tanto, aunque los promedios a largo plazo para los análisis de laboratorio y los resultados del analizador en línea están dentro de aproximadamente el 5% entre sí, las muestras al azar individuales pueden tener un error significativo.

5 Comparación del analizador en línea con el método de cálculo API

Algunas refinerías utilizan un método de cálculo del Instituto Americano del Petróleo (API) para estimar la concentración de bisulfuro de amonio. El cálculo de la API requiere las siguientes entradas clave:

- 1) concreción de nitrógeno en la alimentación del hidrotratador;
- 2) gravedad específica de la alimentación del hidrotratador;
- 10 3) tasa de alimentación;
- 4) concentración de nitrógeno en el producto hidrotratador; y
- 5) tasa de lavado con agua.

15 La figura 15 ilustra una comparación entre las estimaciones de cálculo de API y los resultados en línea para la unidad de refinería. Para el cálculo de API, las muestras al azar del aceite de alimentación se recolectaban generalmente los lunes, miércoles y viernes. Las muestras al azar del producto del hidrotratador se recogieron todos los días. La concentración de nitrógeno en la alimentación de aceite y las muestras de productos se determinaron usando un método de combustión a alta temperatura (método Antek). La tasa de alimentación de aceite y las tasas de lavado con agua se obtuvieron promediando los datos variables del proceso de la refinería recopilados entre las 01:50 y las 02:10 los lunes, miércoles y viernes.

20 La ecuación API para estimar la concentración de bisulfuro de amonio (ABS) es la siguiente:

$$ABS(\% \text{ en peso}) = 100 * ((OFR * 1000 * 350.49 \text{ lb/barril} * OD) (FN - PN) / 106) * \\ (51.111 \text{ g/mol de bisulfuro de amonio} / 14.0067 \text{ g/mol de nitrógeno}) / (W1 + \\ W2 + W3) * 60 \text{ min/h} * 24 \text{ hora/día} * 8.345 \text{ ib/galón de agua}$$

Donde

- OFR = tasa de alimentación de aceite (MBPD);
- OD = densidad del aceite (kg/L);
- 25 FN = nitrógeno de alimentación (ppm como nitrógeno);
- PN = nitrógeno del producto (ppm como nitrógeno);
- W1 = tasa de agua de lavado (gpm);
- W2 = tasa de agua de lavado (gpm); y
- W3 = velocidad de lavado con agua (gpm).

30 En promedio, la concentración de bisulfuro de amonio de la estimación del cálculo API es aproximadamente un 6% más alta que el analizador en línea, como se ilustra en la figura 1. Véase figura 15. Como se ilustra en la figura 15, los límites de confianza del 95% son mucho más amplios que la comparación que se muestra en la figura 14. Una regresión lineal de las estimaciones calculadas por API contra los resultados del analizador en línea arroja un coeficiente de determinación (r^2) de 0.39. El coeficiente de 0.39 indica que los datos contienen una variación del 61%. Es probable que esta variación se deba a un efecto combinado de muestreo, análisis y errores en las variables del proceso. Es probable que los errores más grandes se deban al manejo de muestras y problemas analíticos con el aceite de alimentación. Aunque muchas refinerías reciben continuamente una mezcla variable de corrientes de aceite de alimentación de modo que la concentración de nitrógeno puede variar significativamente en períodos cortos de tiempo, el cálculo API supone una concentración constante de nitrógeno basada en los resultados analíticos de la muestra al azar más reciente. Además, el cálculo de la API se degrada aún más por los errores combinados de todos los datos de entrada necesarios para la estimación.

40 Por lo tanto, los resultados en línea están dentro de un rango aceptable tanto de las muestras al azar analizadas en laboratorio como de las estimaciones calculadas por API.

Definiciones

Como se usa en este documento, los términos "un", "uno", "el" y "dicho" significan uno o más, a menos que el contexto indique lo contrario.

Como se usa en este documento, el término "aproximadamente" significa el valor establecido más o menos un margen de error o más o menos 10% si no se indica ningún método de medición.

- 5 Como se usa en este documento, el término "o" significa "y/o" a menos que se indique explícitamente que se refiera a alternativas solamente o si las alternativas son mutuamente excluyentes.

- 10 Como se usa en este documento, los términos "que comprende", "comprende" y "comprenden" son términos de transición abiertos que se usan para hacer la transición de un tema recitado antes del término a uno o más elementos recitados después del término, donde el elemento o elementos enumerados después del término de transición no son necesariamente los únicos elementos que componen el tema.

Como se usa en este documento, los términos "que contiene", "contiene" y "contienen" tienen el mismo significado abierto "que comprende", "comprende" y "comprenden", proporcionados anteriormente.

Como se usa en este documento, los términos "que tiene", "tiene" y "tienen" tienen el mismo significado abierto que "que comprende", "comprende" y "comprenden", proporcionados anteriormente.

- 15 Como se usa en este documento, los términos "incluyendo", "incluye" e "incluyen" tienen el mismo significado abierto que "que comprende", "comprende" y "comprenden", proporcionados anteriormente.

- 20 Como se usa en este documento, la frase "que consiste en" es un término de transición cerrado que se usa para hacer la transición de un tema recitado antes del término a uno o más elementos materiales recitados después del término, donde el elemento o elementos materiales enumerados después del término de transición son los únicos elementos materiales que componen el tema.

Como se usa en este documento, el término "simultáneamente" significa que se produce al mismo tiempo o aproximadamente al mismo tiempo, incluso simultáneamente.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema que comprende:
una celda (110) de conductividad configurada para medir la conductividad electrolítica de una corriente (102) de fluido que fluye a través de la celda (110) de conductividad;
- 5 un sensor (112) de temperatura acoplado para medir la temperatura de la corriente (102) de fluido, en el que el sensor (112) de temperatura se puede insertar directamente en la corriente (102) de fluido;
un sensor (114) de presión acoplado para medir la presión de la corriente (102) de fluido; y
un analizador con lógica configurada para determinar la concentración de bisulfuro de amonio con base en las señales recibidas de la celda (110) de conductividad, el sensor (112) de temperatura y el sensor (114) de presión.
- 10 2. El sistema de la reivindicación 1, en el que el analizador está configurado para emitir la concentración de bisulfuro de amonio a una pantalla.
3. El sistema de la reivindicación 1, en el que la celda (110) de conductividad es inductiva y está aislada del contacto directo con la corriente (102) de fluido.
- 15 4. El sistema de la reivindicación 1, en el que el sensor (112) de temperatura y la celda (110) de conductividad son desechables a lo largo de una salida de agua ácida en una refinería de modo que la corriente (102) de fluido contenga al menos parte del agua ácida; o en el que el sensor (112) de temperatura y la celda (110) de conductividad están dispuestos a lo largo de un circuito analizador acoplado en comunicación fluida con el flujo de agua ácida del hidrotatador para producir la corriente (102) de fluido dentro del circuito analizador.
- 20 5. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además un medidor (116) de flujo acoplado para medir la velocidad de flujo de la corriente (102) de fluido, en el que el analizador está configurado para etiquetar cualquier determinación de la concentración de bisulfuro de amonio en la que la velocidad de flujo está por debajo de un valor umbral.
- 25 6. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además un filtro dispuesto aguas arriba de la celda (110) de conductividad; o en el que el sistema comprende además un módem celular o dispositivo inalámbrico para la salida de la concentración de bisulfuro de amonio a una ubicación remota desde la celda (110) de conductividad.
7. Un método que comprende:
medir la conductividad electrolítica de una corriente (102) de fluido;
medir la temperatura de la corriente (102) de fluido, en el que un sensor (112) de temperatura se inserta directamente en la corriente (102) de fluido;
- 30 medir la presión de la corriente (102) de fluido; y
determinar la concentración de bisulfuro de amonio en la corriente de fluido en función de la temperatura medida, la conductividad medida y la presión medida, en el que el analizador recibe y correlaciona una primera señal, una segunda señal y una tercera señal, recibidas respectivamente de la celda de conductividad, el sensor de temperatura y el sensor de presión, a un algoritmo de calibración para determinar la concentración de bisulfuro de amonio, en el que un algoritmo de calibración compensa cualquier efecto de presión, temperatura o ambos en la medición de conductividad.
- 35 8. El método de la reivindicación 7, que comprende además dirigir al menos parte de un flujo de agua ácida en una refinería para proporcionar la corriente (102) de fluido; o que comprende además dirigir al menos parte de un flujo de agua ácida desde un hidrotatador para proporcionar la corriente (102) de fluido.
- 40 9. El método de la reivindicación 7, que comprende además emitir la concentración de bisulfuro de amonio a una pantalla; o en el que el método comprende además filtrar la corriente (102) de fluido antes de medir la conductividad electrolítica.
10. El método de la reivindicación 7, en el que la medición de la conductividad es mediante una celda (110) de conductividad inductiva aislada del contacto directo con la corriente (102) de fluido.
- 45 11. El método de la reivindicación 7, en el que el analizador recibe una cuarta señal de un medidor de flujo indicativo del caudal de la corriente de fluido, en el que el analizador indica un error en la concentración de bisulfuro de amonio si la velocidad de flujo de la corriente (102) de fluido está por debajo de un valor umbral.

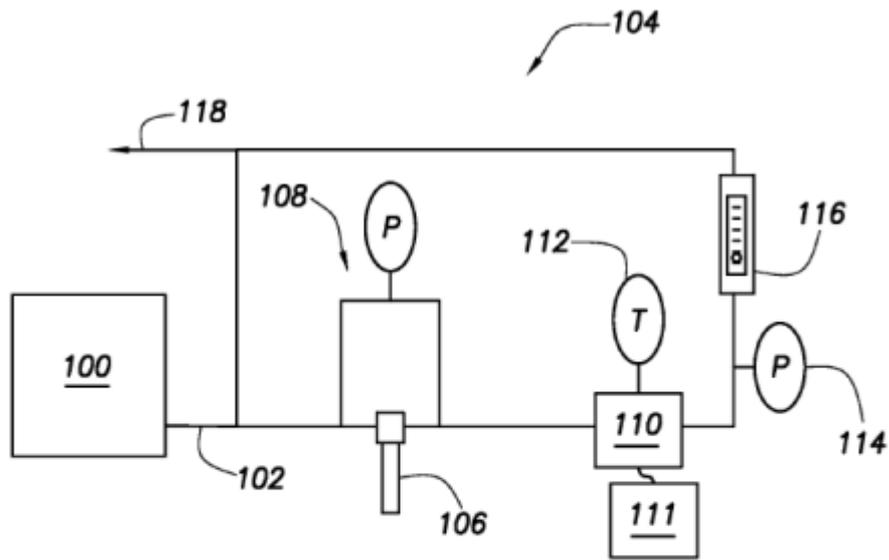


FIG.1

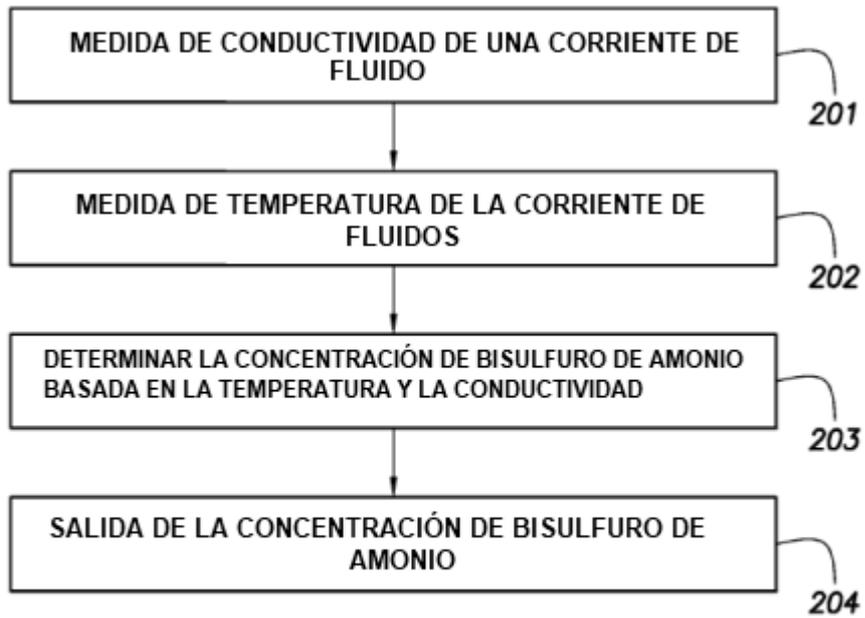


FIG.2

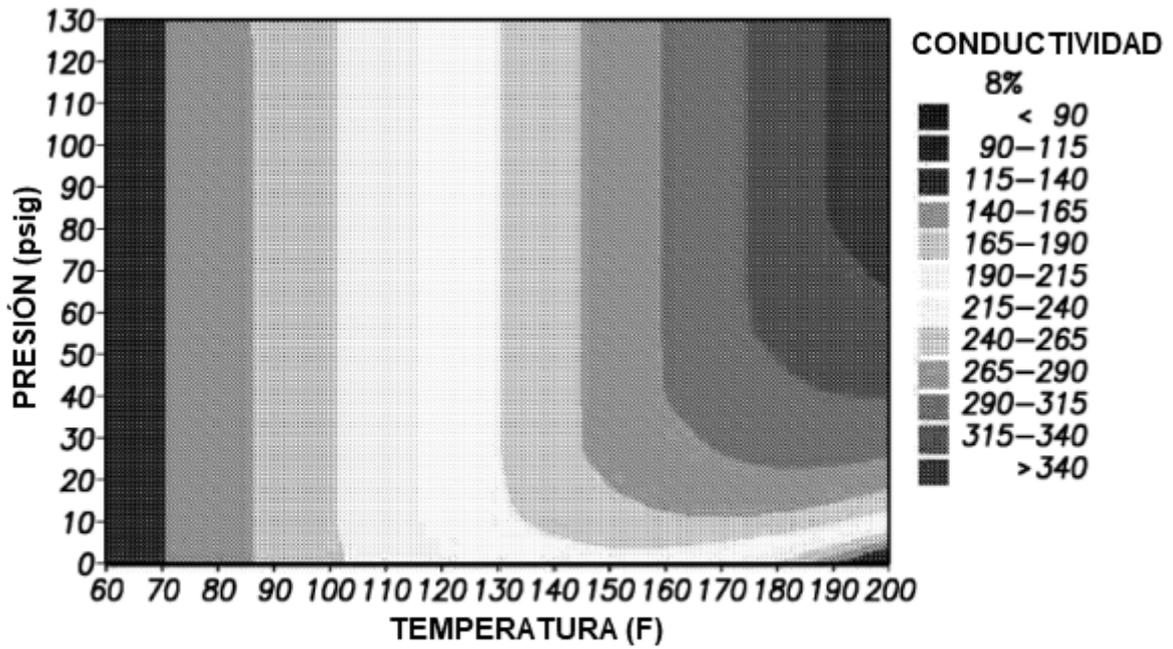


FIG.3

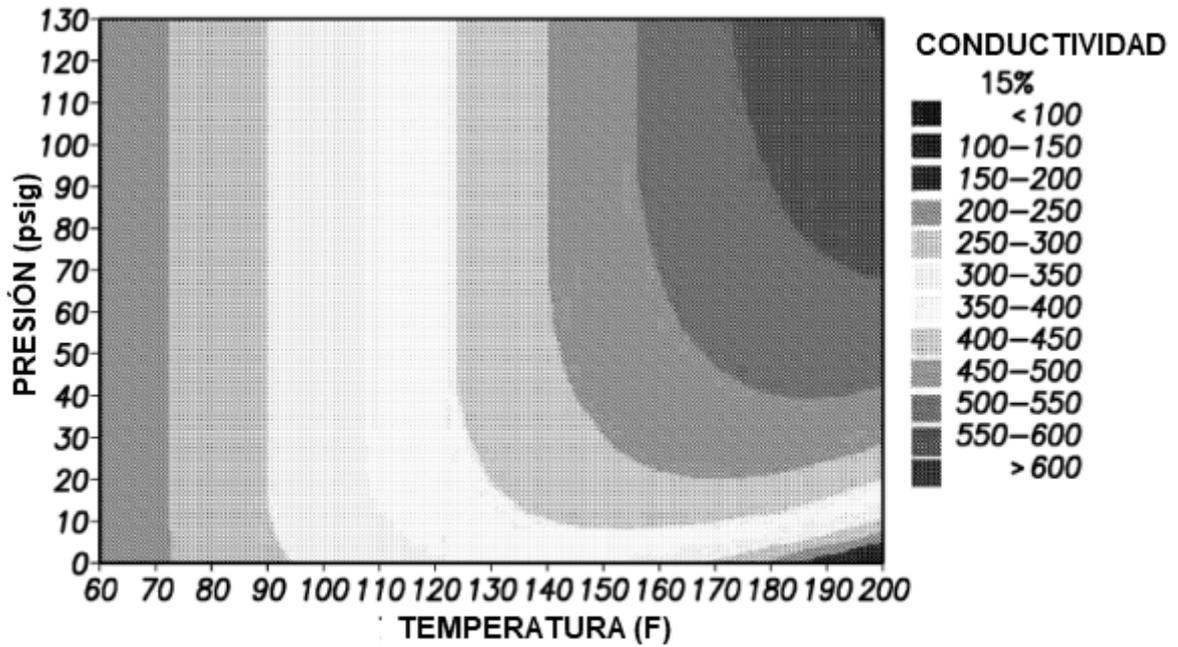


FIG.4

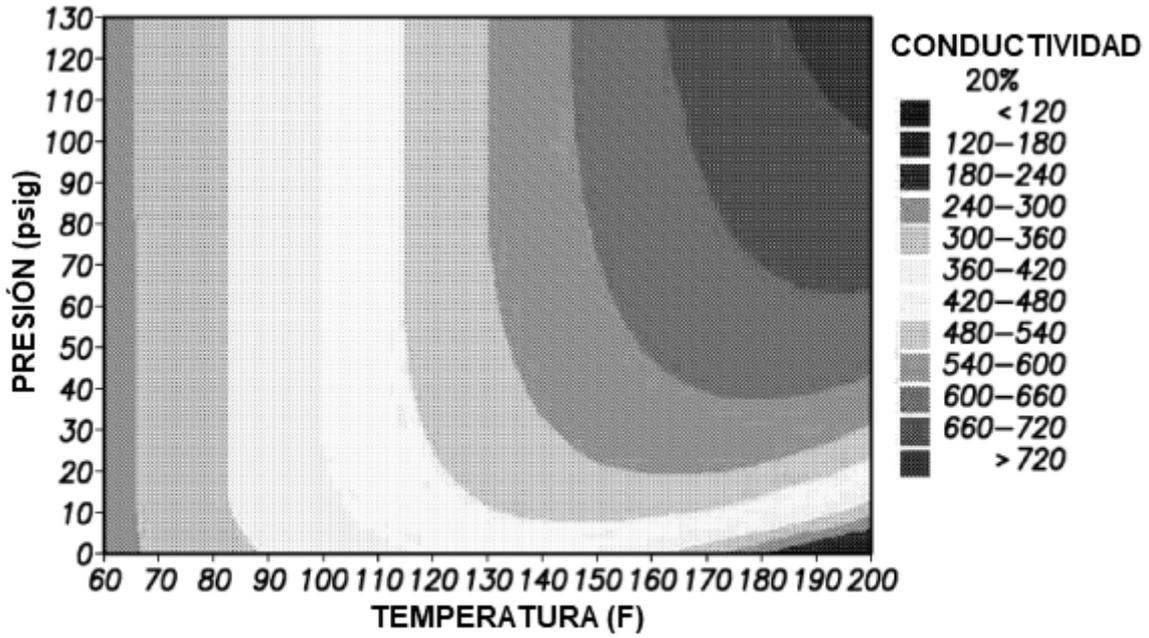


FIG.5

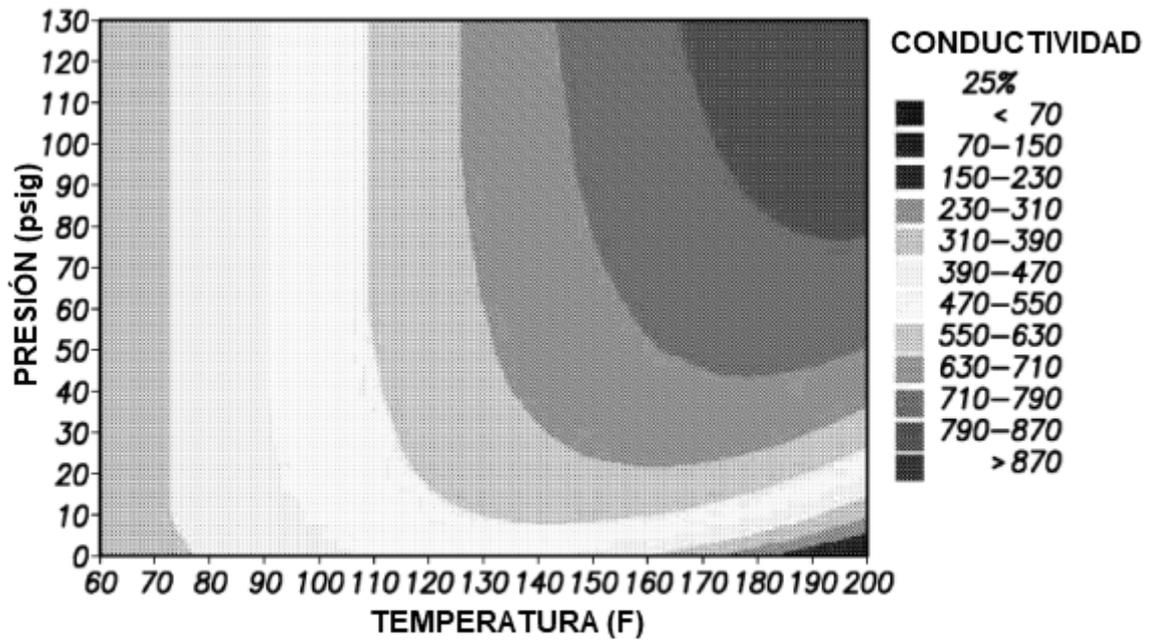


FIG.6

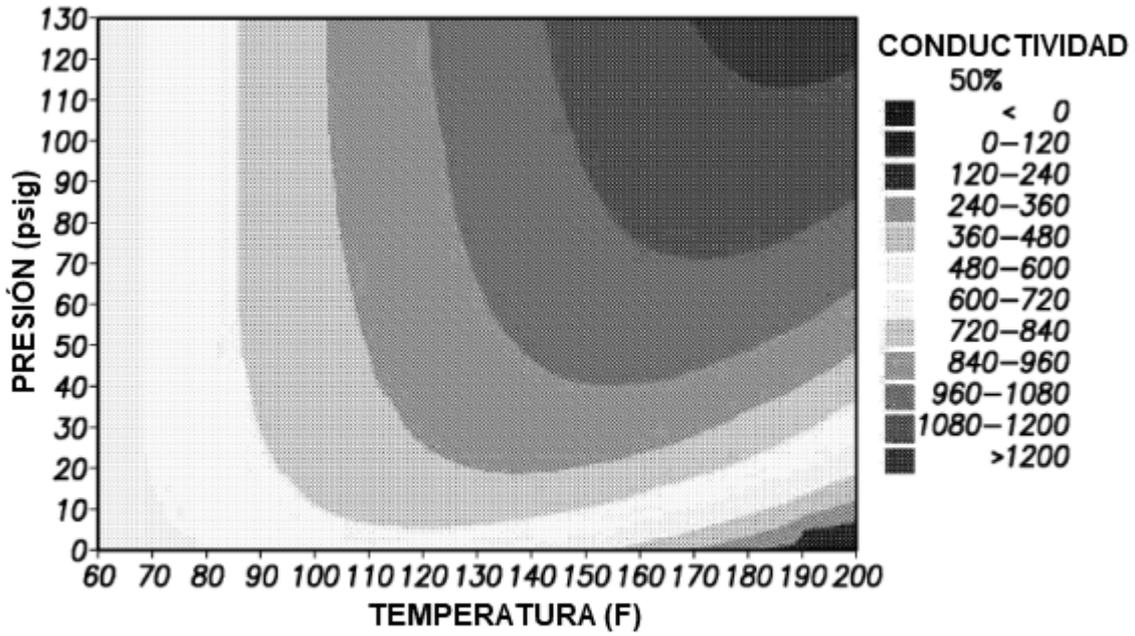


FIG.7

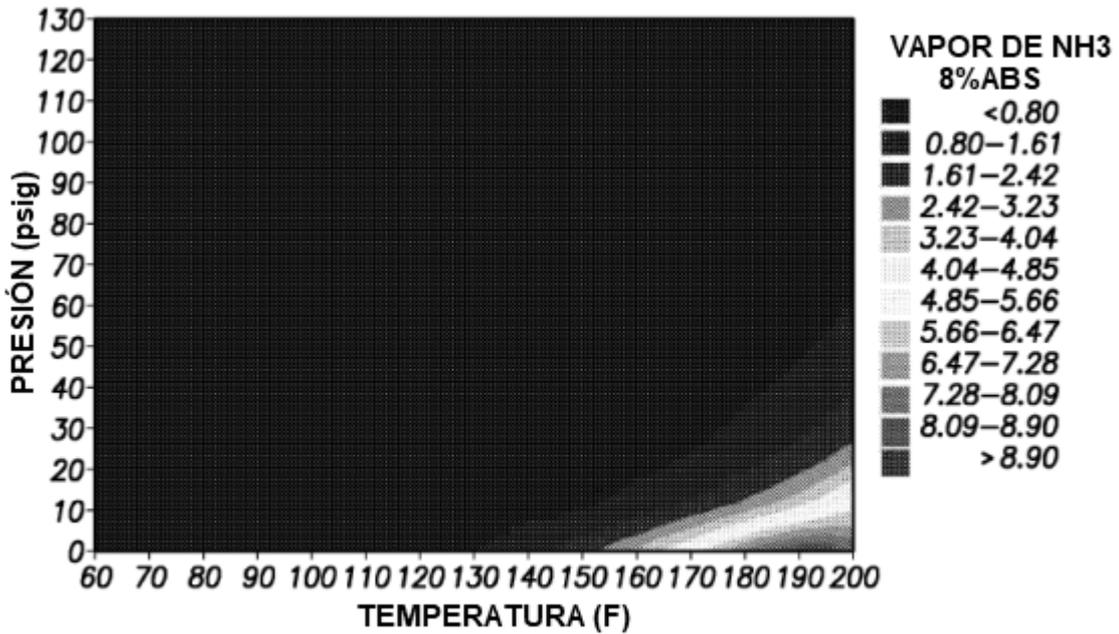


FIG.8

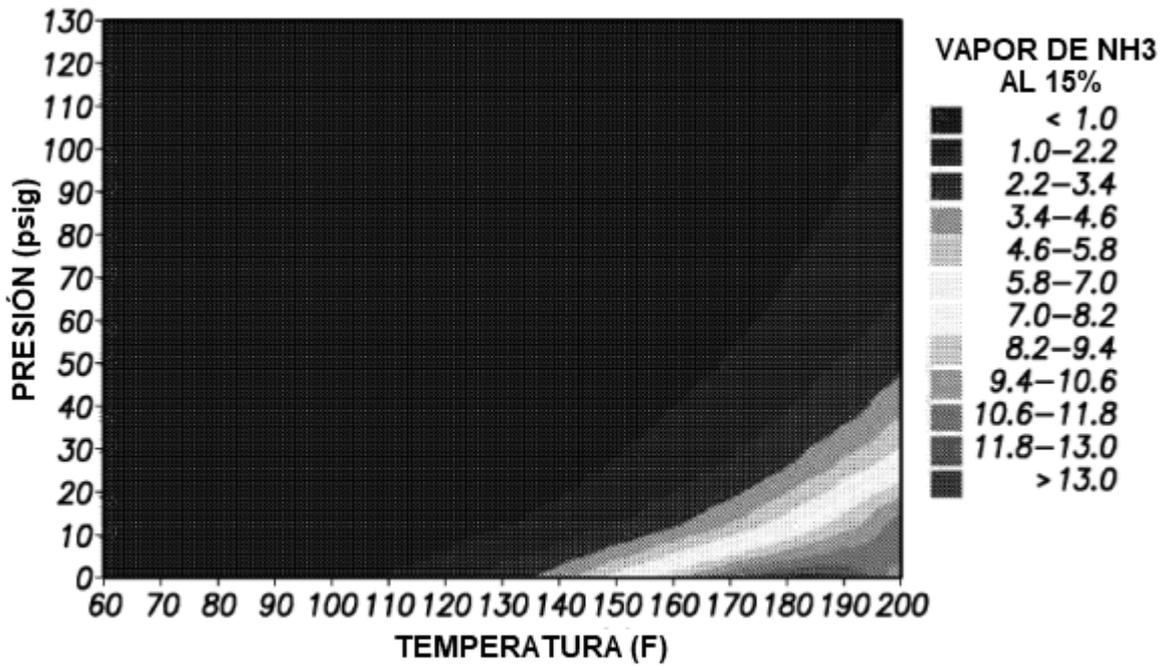


FIG.9

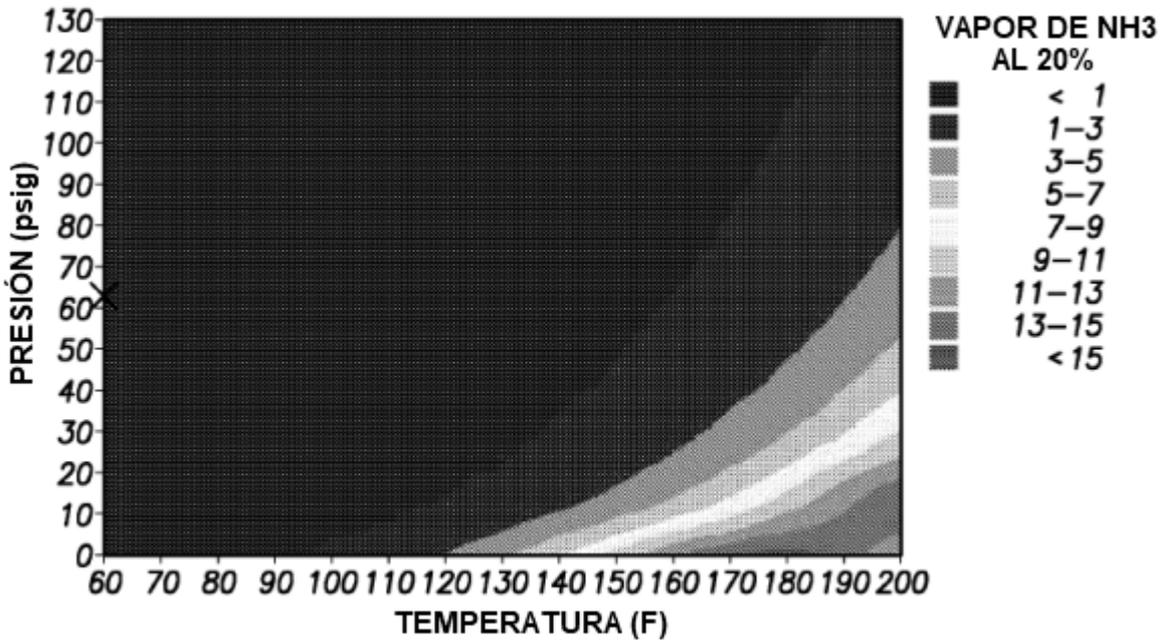


FIG.10

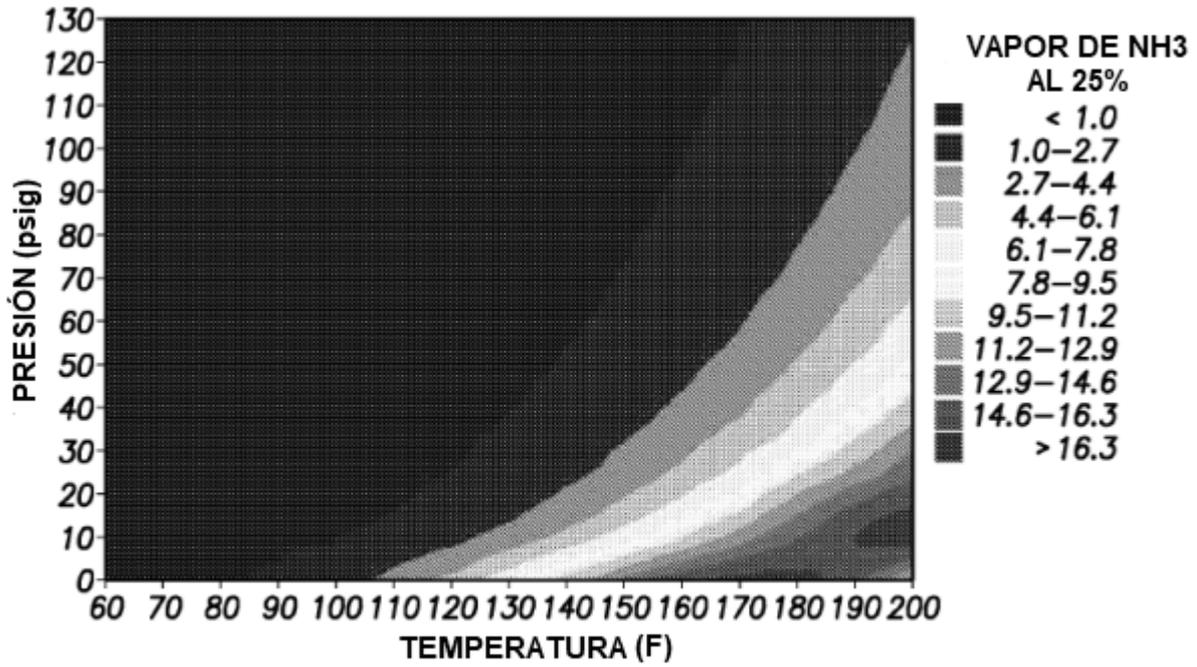


FIG. 11

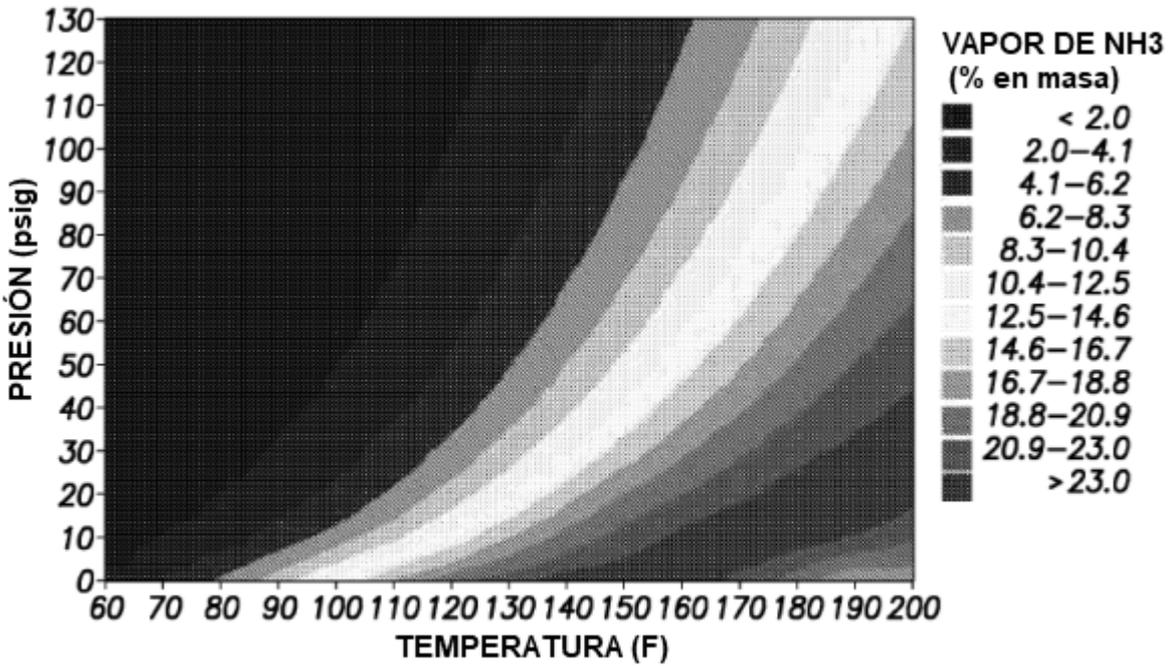


FIG. 12

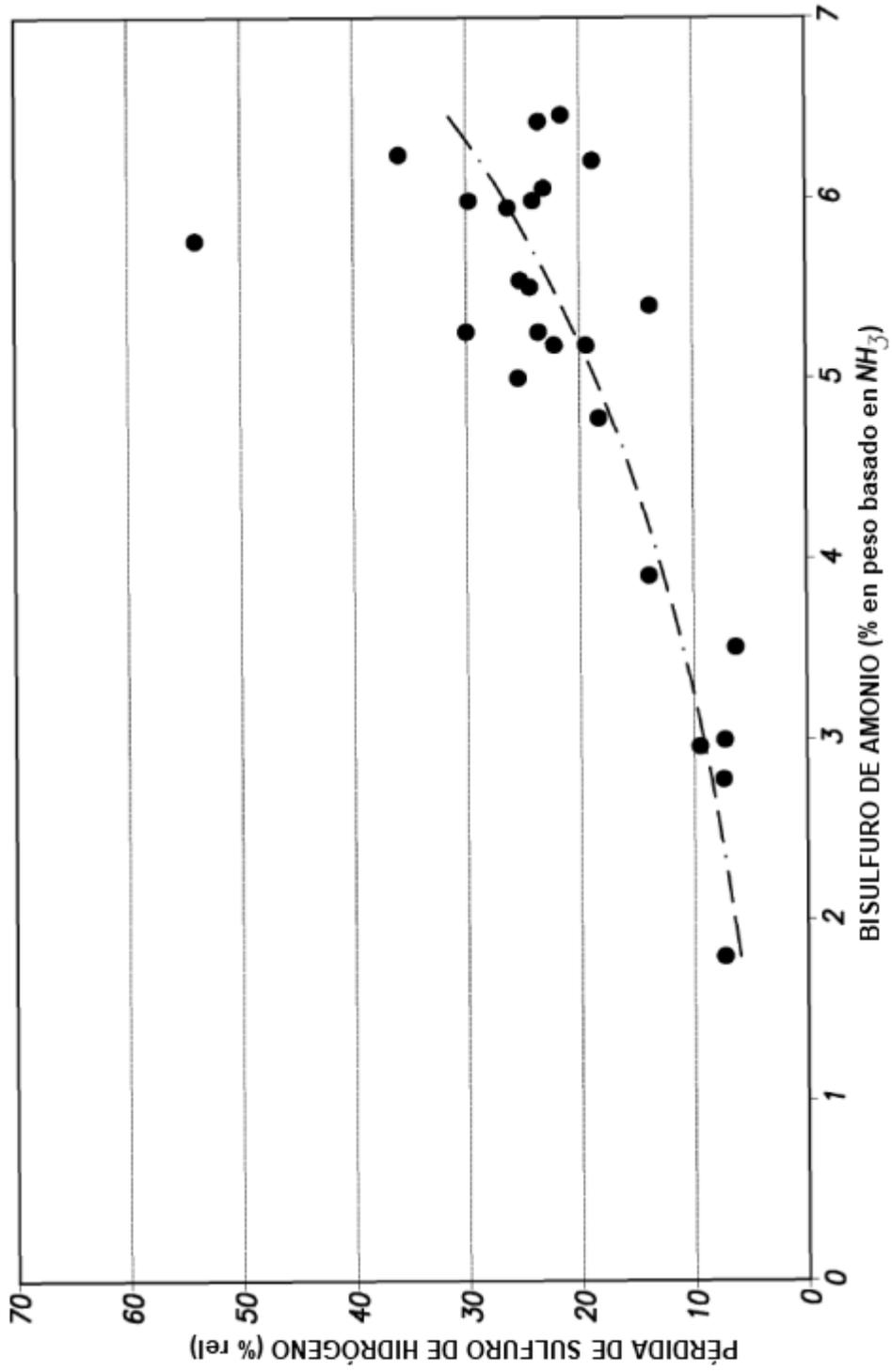


FIG.13

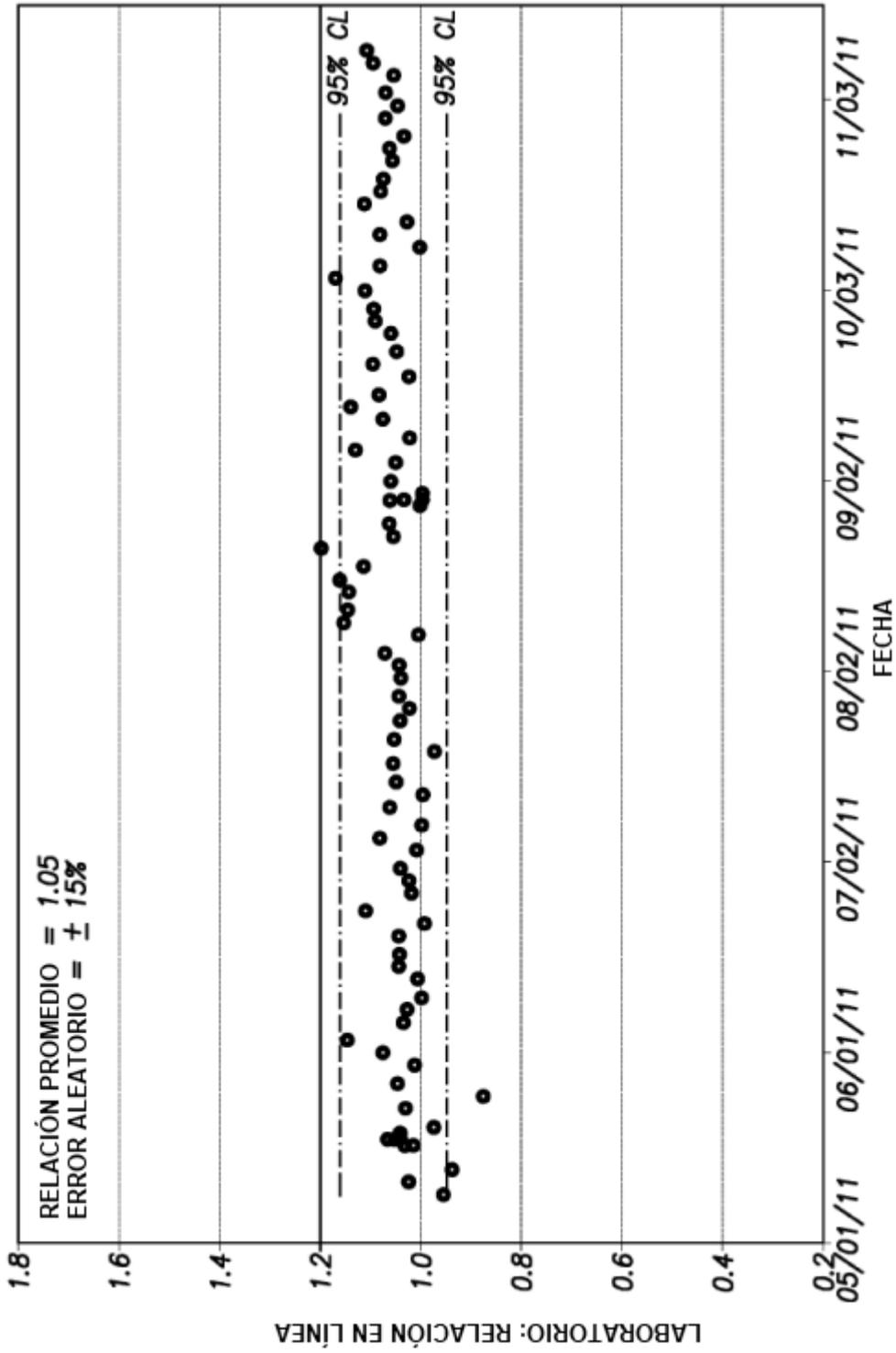


FIG.14

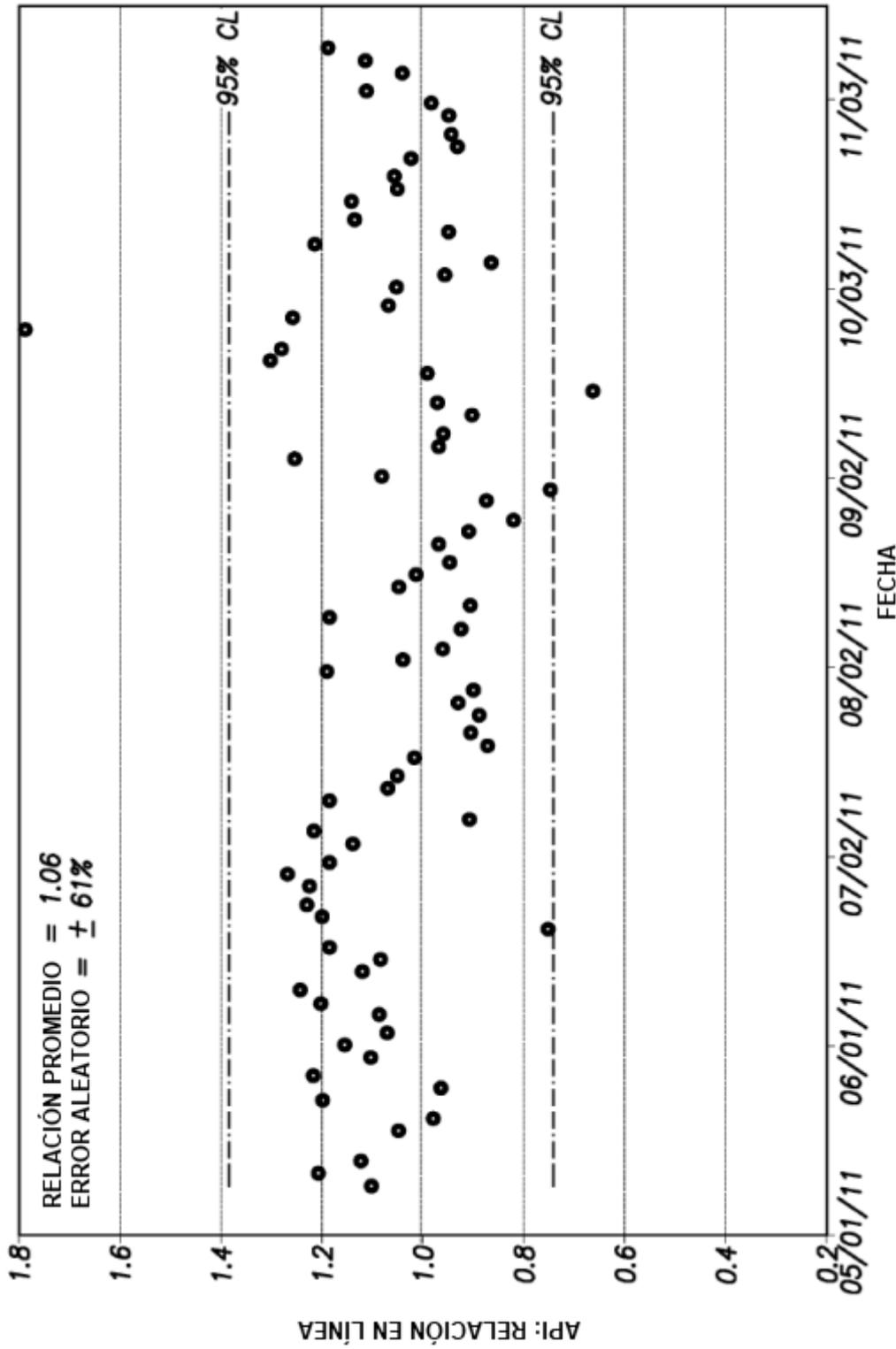
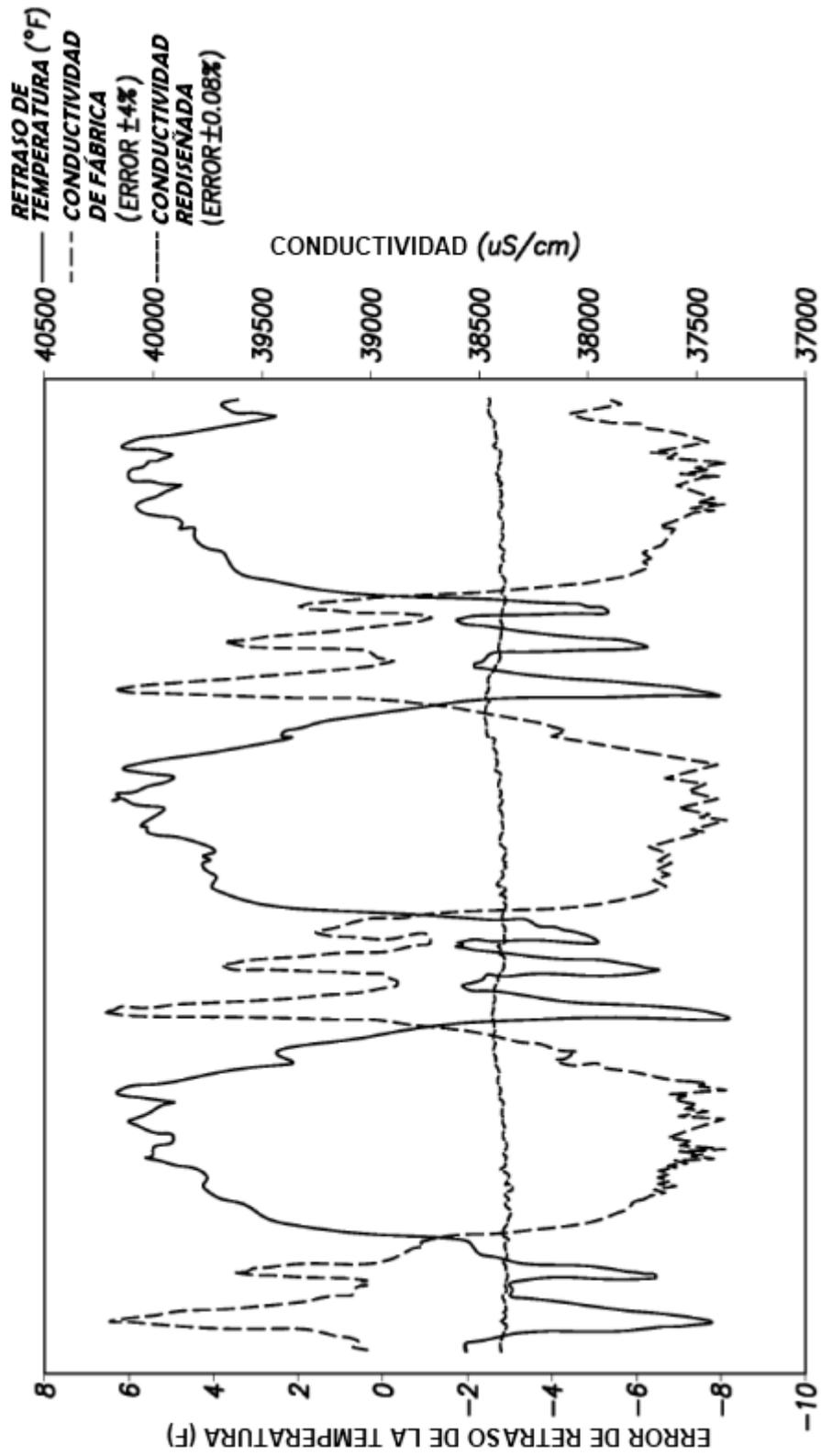


FIG.15



FECHA
FIG.16

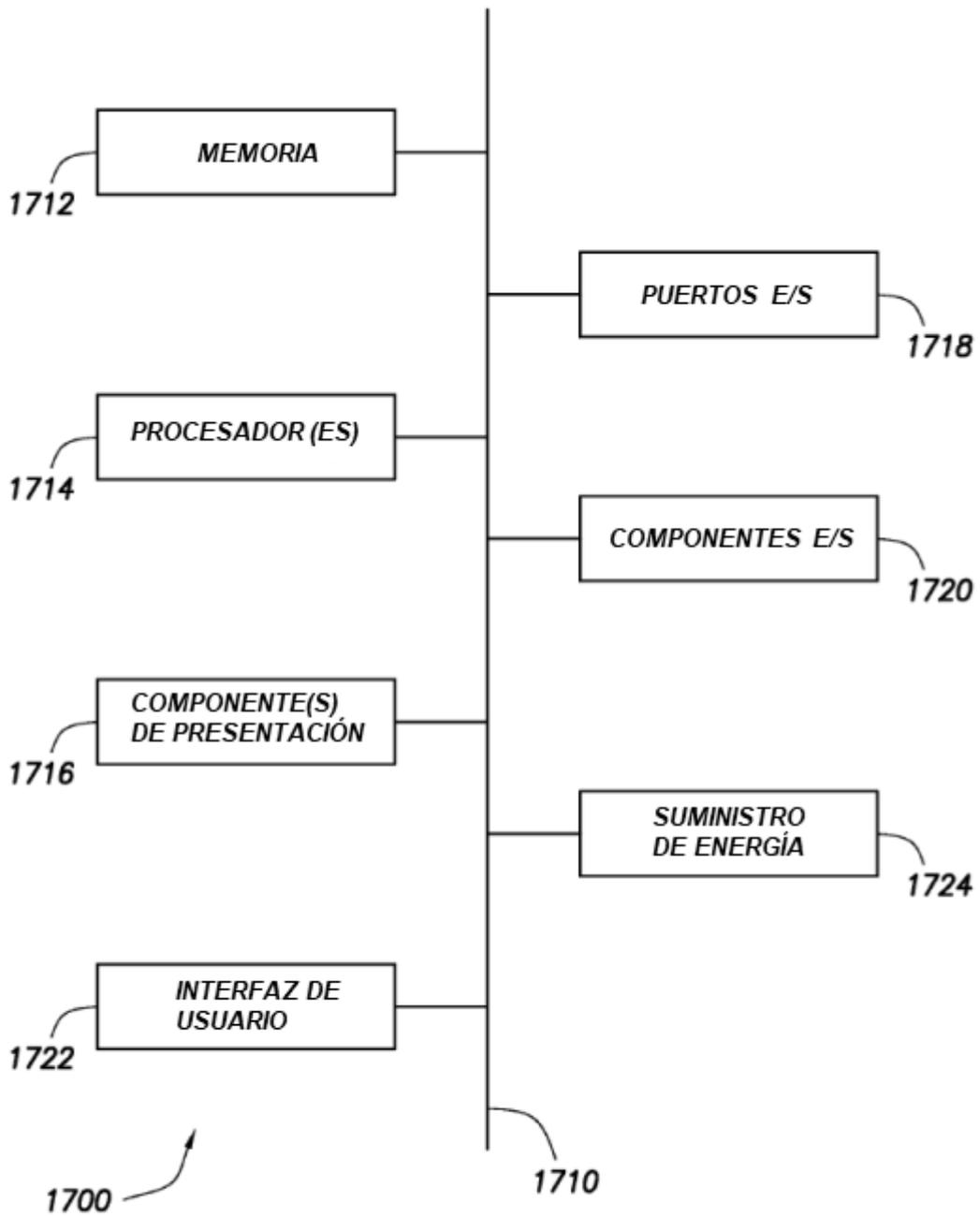


FIG.17

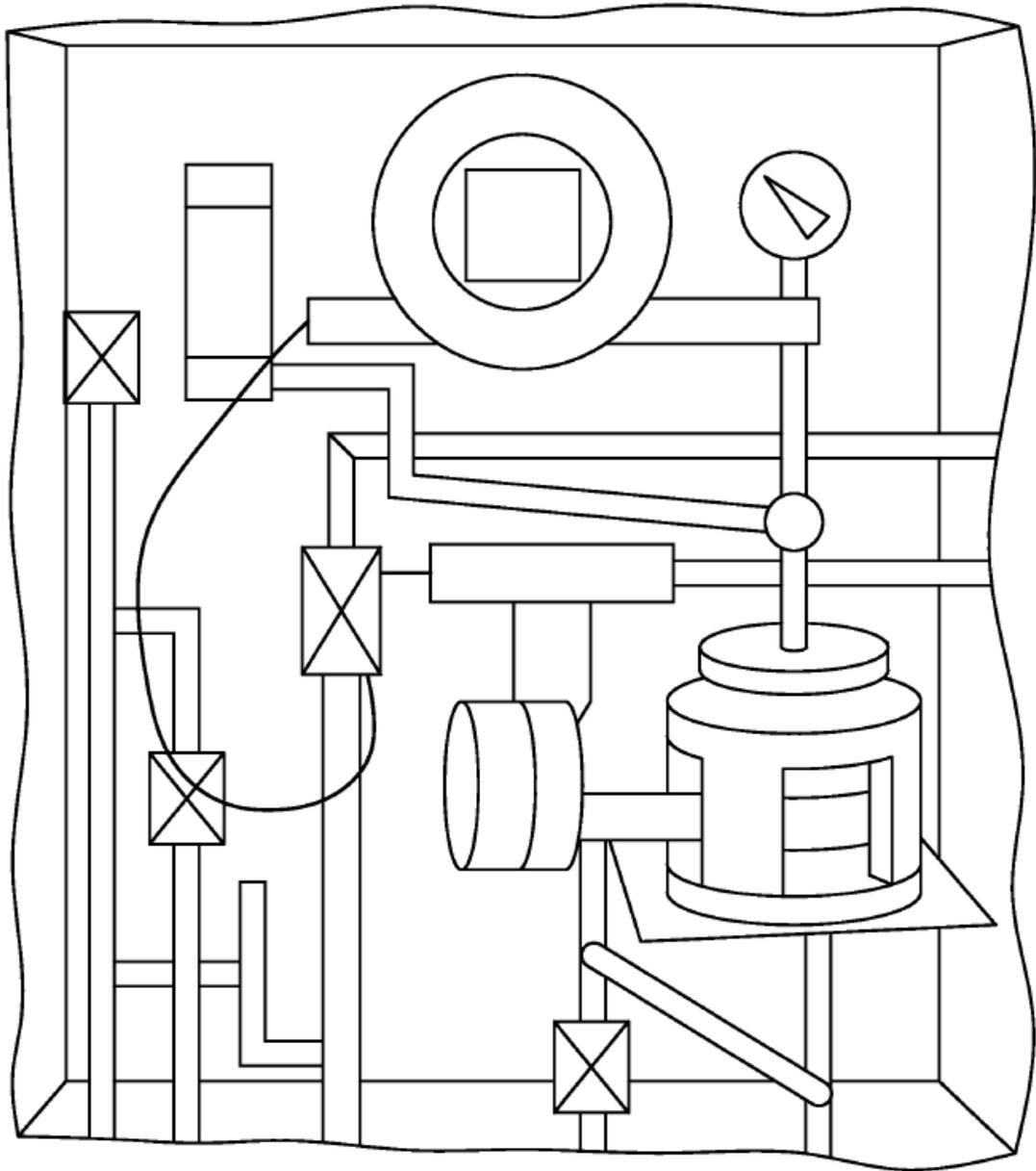


FIG.18