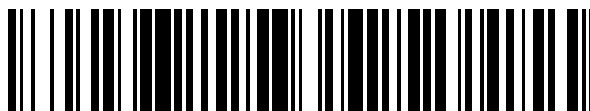


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 760 674**

51 Int. Cl.:

G01N 29/44 (2006.01)

F27D 19/00 (2006.01)

F27D 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.06.2005 PCT/US2005/019250**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.12.2005 WO05119567**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2005 E 05755505 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019 EP 1756717**

54 Título: **Sistema y método de visualización en 2D y 3D para la inspección de un tubo de horno**

30 Prioridad:

01.06.2004 US 576276 P

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

14.05.2020

73 Titular/es:

**QUEST INTEGRITY USA, LLC (100.0%)
1012 Central Avenue South
Kent, WA 98032, US**

72 Inventor/es:

**BONDURANT, PHILLIP, D.;
DE LORENZO, ROBERT y
ROBERTS, RICHARD, D.**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 760 674 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

Sistema y método de visualización en 2D y 3D para la inspección de un tubo de horno

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere, en general, a sistemas de inspección de un tubo de horno, y más en particular a un sistema y un método para mostrar datos de inspección en un formato bidimensional y/o tridimensional para permitir la detección visual de áreas problemáticas dentro del horno.

Descripción de la técnica relacionada

10 Tal y como se representa en las figuras 1A-1C, un horno, en general, comprende de varios cientos a miles de metros de tubo de serpentín que se caracterizan por segmentos de tubo rectos (cada uno de los cuales se identifica como la referencia numérica 10) interconectados por codos angulados (cada uno de los cuales se identifica como la referencia numérica 20). Los codos permiten un apilamiento estrecho de los segmentos de tubo para una transferencia de calor y eficiencia máximos. Aunque no se muestra en las figuras 1A-1C, las secciones de longitud media de tubos pueden también utilizarse para interconectar tubos de horno ubicados en diferentes regiones del horno. Estas secciones de tubos no son parte de la geometría del horno, pero se emplean de manera que pueda funcionar una herramienta de inspección (descrita posteriormente) en una pasada, si es posible, y por tanto reducir de forma significativa el tiempo de parada de la planta.

15 Si el personal de mantenimiento de planta necesita reparar o reemplazar una sección desgastada del horno, es muy importante identificar de forma precisa cuál segmento de tubo contiene la sección desgastada y donde está ubicado el segmento de tubo identificado dentro del horno. Adicionalmente, es importante obtener información referente a puntos calientes en el horno de manera que el personal de mantenimiento de planta pueda ajustar el horno para reducir o eliminar los puntos calientes y por lo tanto prolongar la vida del horno y reducir el coste y futuros tiempos de inactividad de la planta.

20 A este respecto, se han desarrollado sistemas de inspección de tubo de horno en los cuales una herramienta de inspección (identificada como la referencia numérica 30) es descargado desde un lanzador (mostrado en la figura 1A) a través del horno (mostrado la figura 1B) y un receptor (mostrado en la figura 1C). Típicamente, la herramienta de inspección recoge datos de inspección a intervalos de tiempo predeterminados a medida que progresa a través del horno (aunque los datos de inspección pueden de forma alternativa ser recogidos a través de un sistema de recogida basado en la posición). Los datos de inspección incluyen la lectura del radio interior del horno, lecturas del grosor de pared del horno, y similares. Los datos de inspección recogidos son después extraídos de la herramienta de inspección, por lo que las diversas lecturas se convierten en unidades de ingeniería calibradas. Finalmente, los datos de inspección convertidos se pueden examinar por un ingeniero con el fin de identificar un adelgazamiento, un abultamiento y otros defectos dentro del horno.

25 Un problema con los sistemas de inspección de un tubo de horno de la técnica anterior es que es difícil correlacionar los datos de inspección recogidos del horno con la geometría física del horno. Esto es debido al hecho de que la herramienta de inspección no progresa a través del horno a una velocidad constante. En su lugar, la herramienta de inspección fluirá y refluirá a través del horno y/o puede llegar a atascarse momentáneamente en un punto en la estructura. También, la herramienta de inspección puede tomar más tiempo para atravesar un codo en el horno. Adicionalmente, el horno puede cambiar el tamaño o diámetro de programa y por tanto retardar o promover el paso de la herramienta de inspección. Por ejemplo, el horno puede cambiar de un programa 40 a un programa 80 (o viceversa) y por tanto cambiar la tasa de paso de la herramienta de inspección, o, el horno podría cambiar de un diámetro interior de 10 cm (4 pulgadas) a un diámetro interior de 15 cm (6 pulgadas) (o viceversa) y por tanto cambiar la tasa de paso de la herramienta de inspección. Todas estas condiciones generan un problema de correlación (es decir, un mapeado o escalado) entre los datos de inspección recogidos y la ubicación precisa de la herramienta de inspección con respecto a la geometría física del horno. Como resultado, un ingeniero puede que no sea capaz de identificar las ubicaciones precisas de las secciones desgastadas y/o de los puntos calientes del horno.

30 Otro problema con los sistemas de inspección de tubo de horno de la técnica anterior es que los datos de inspección no se muestran de una manera que “anuncia” fácilmente áreas problemáticas dentro del horno. Convencionalmente, los datos de invención se han presentado en un formato de tabla unidimensional, que es deficiente ya que un ingeniero debe examinar cada línea de datos para determinar si ha surgido un problema potencial. Se puede apreciar que este método de examen de los datos de inspección consume tiempo, es ineficiente, y no permite fácilmente una comparación entre una sección de tubo y otra. Como tal, el ingeniero no es capaz de detectar fácilmente secciones de desgaste del horno, y, no puede determinar si se están produciendo puntos calientes durante el funcionamiento del horno que son comunes a una región del horno.

35 Recientemente, se han desarrollado herramientas de visualización de datos que permiten que se muestren gráficamente una porción de los datos de inspección en un formato bidimensional, donde cada porción comprende datos de inspección recogidos de una sección axial corta (por ejemplo, menos de 30 cm (un pie)) del horno. Aunque esta representación gráfica de los datos de inspección es una mejora con respecto al formato tubular unidimensional descrito anteriormente, el ingeniero puede únicamente ver una porción de los datos de inspección en un instante. Esto

es un problema significativo cuando se intenta identificar sobre todo tendencias en los datos de inspección y después aplicarlas al funcionamiento en el mundo real de la planta.

- 5 Tom Cowling y otros: "*Innovative furnace inspection system*" (Sistema de inspección de horno innovador) y Richard D. Roberts: "*Advancements in Laser Profilometry Applied to Reformer Tubes for Detection of Creep Damage Provides a Step Change in Steam Methane Reformer (SMR) Management*" (Avances en profilometría láser aplicada a tubos reformadores para la detección de un daño por fluencia proporciona un cambio de etapa en la gestión de un reformador de vapor de metano) pueden referirse para unos antecedentes adicionales.

Breve resumen de la invención

- 10 La presente invención proporciona por lo tanto un sistema y un método para mostrar datos de inspección recogidos de un horno de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 13, respectivamente. También se proporciona un medio legible por ordenador que tiene una instrucción ejecutable por ordenador, la cual cuando se ejecuta por un ordenador, provoca que el ordenador realice el método de acuerdo con la presente invención.

- 15 La presente invención tiene varias ventajas con respecto a la técnica anterior. Por ejemplo, la invención proporciona una metodología de procesamiento y de visualización que permite que se correlacione una cantidad de datos de inspección con la geometría física del horno. Adicionalmente, la invención proporciona un método conveniente para mostrar los datos de inspección en una sola página para una evaluación rápida de áreas problemáticas dentro del horno y para facilitar la observación de tendencias dentro de los datos de inspección por supuesto, otras ventajas de la invención serán evidentes a un experto en la técnica.

Breve descripción de los dibujos

- 20 Las figuras 1A-1C son diagramas esquemáticos de una herramienta de inspección que pasa desde un lanzador (mostrado en la figura 1A) a través de un horno (mostrado en la figura 1B) y hasta un receptor (mostrado en la figura 1C);

La figura 2 es un diagrama de bloques de un sistema informático para visualizar datos de inspección de acuerdo con la presente invención;

- 25 La figura 3 es un diagrama de bandas bidimensional generado por el sistema informático de la figura 2, que muestra todas las lecturas de grosor de pared recogidas de un horno de acuerdo con un primer ejemplo de la presente invención;

La figura 4 es un diagrama de bandas bidimensional generado por el sistema informático de la figura 2, que muestra todas las lecturas de radio interior recogidas de un horno de acuerdo con el primer ejemplo de la presente invención;

- 30 La figura 5 es un diagrama bidimensional generado por el sistema informático de la figura 2, que muestra todas las lecturas de grosor de pared recogidas de una sección de convección de un horno de acuerdo con un segundo ejemplo de la presente invención;

- 35 La figura 6 es un diagrama bidimensional generado por el sistema informático de la figura 2, que muestra todas las lecturas de grosor de pared recogidas de una sección de convección de un horno de acuerdo con un tercer ejemplo de la presente invención;

La figura 7 es un diagrama generado por el sistema informático de la figura 2, que muestra los marcadores de datos individuales y los marcadores de datos compuestos que se pueden utilizar para identificar las ubicaciones de los codos de uno de acuerdo con un cuarto ejemplo de la presente invención;

- 40 La figura 8 es un diagrama generado por el sistema informático de la figura 2, que muestra los marcadores de datos compuestos con respecto a un umbral adaptativo que se puede utilizar para identificar las ubicaciones de los codos de horno de acuerdo con el cuarto ejemplo de la presente invención;

La figura 9 es un diagrama tridimensional generado por el sistema normativo de la figura 2, que muestra varios segmentos de tubo de un horno con los codos de conexión retirados de acuerdo con el cuarto ejemplo de la presente invención; y

- 45 Las figuras 10A y 10B son diagramas de flujo de un método para visualizar datos de inspección de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada de la invención

- 50 La presente invención está dirigida a un sistema de inspección de tubo de horno para un horno que comprende una pluralidad de segmentos de tubo conectados por una pluralidad de codos, tal como el horno mostrado en las figuras 1A-1C. De acuerdo con la invención, una herramienta de inspección es descargada a través del horno de manera que recoge datos de inspección y/o datos de sensor a medida que progresa la herramienta de inspección a través del horno. Tal y como se describirá con un mayor detalle de aquí en adelante, los datos de inspección y/o los datos del

5 sensor recogidos del horno se pueden analizar para generar una pluralidad de marcadores de datos cada uno de los cuales identifica una característica física del horno. Los datos de inspección son entonces divididos en marcadores de datos de manera que correlacionan los datos de inspección con la geometría física (por ejemplo, los segmentos de tubo apropiados) del horno. También se apreciará que los datos de inspección se visualizan de una manera que permite la detección visual de áreas problemáticas dentro del horno.

10 Una variedad de tipos diferentes de características físicas se puede identificar para ayudar en la correlación de los datos de inspección con la geometría física del horno. Ejemplos de dichas características físicas incluyen los codos del horno, superficies elevadas externas en la sección de convección del horno (por ejemplo, aletas o espárragos), tubos de cruzamiento, pozos termales (por ejemplo, una toma sellada soldada a la tubería con un agujero roscado en el medio), soldaduras entre dos segmentos de tubo o entre un segmento de tubo y un codo, bridas, cambios de programas entre dos segmentos de tubo y/o cambios de diámetros entre dos segmentos de tubo. Aunque la invención se describirá con más detalle de aquí en adelante con respecto a la identificación de los codos de tubo, debería entenderse que también se pueden utilizar muchos otros tipos de características físicas para correlacionar los datos de inspección con la geometría física del horno.

15 La herramienta de inspección puede incluir una variedad de diferentes dispositivos para recoger datos de inspección y/o datos de sensor del horno. De forma preferible, la herramienta de inspección recoge los datos a una tasa basada en el tiempo predeterminado (aunque la herramienta de inspección podría de forma alternativa recoger los datos utilizando un sistema de recogida basado en la posición en el cual se recogen los datos cuando la herramienta de inspección ha progresado una distancia predeterminada). Utilizando un sistema de recogida basado en el tiempo, se determina la densidad de datos por la tasa de correlación de datos y la velocidad a la cual progresa la herramienta de inspección a través del horno. En una aplicación típica, la tasa de recogida de datos variará de 30 a 50 Hz por transductor, y la velocidad de la herramienta de inspección variará de 0,3 a 0,6 m/s (1 o 2 pies/s) (aunque la velocidad media y la velocidad instantánea puede variar significativamente a la vista del hecho de que la herramienta de inspección no progresa a través del horno a una tasa constante). Por supuesto, también se pueden utilizar otras tasas de recogida de datos y velocidades de herramienta. Ejemplos de los diversos tipos de dispositivos que se pueden incorporar en la herramienta de inspección se describirán a continuación.

20 Típicamente, se utilizan uno o más transductores ultrasónicos para recoger datos de inspección del horno (aunque también se puede utilizar un único transductor con un espejo giratorio). De forma preferible, una matriz de 8, 16, 32, 64 o 128 transductores se sitúa alrededor de la periferia de la herramienta de inspección, aunque se puede utilizar cualquier número de transductores. Cada uno de los transductores se hace funcionar para medir la distancia entre el transductor y la pared interna del horno, por lo que se recoge de forma secuencial una pluralidad de "lecturas de radio interior" mediante los transductores a medida que progresa la herramienta de inspección a través del horno. Cada uno de los transductores también se puede hacer funcionar para medir el grosor de pared del horno por lo que se recoge de forma secuencial una pluralidad de "lecturas de grosor de pared" mediante los transductores a medida que progresa la herramienta de inspección a través del horno. Estas lecturas se pueden utilizar para detectar anomalías en la superficie interna del horno, tal como picaduras, corrosión, deformación y/o agrietamiento del horno. Debería entenderse que la detección de dichas anomalías de la superficie interna es indicativa de áreas problemáticas dentro del horno.

30 De acuerdo con la presente invención, los datos de inspección recogidos por los transductores ultrasónicos se utilizan para identificar las ubicaciones de los codos del horno y, por tanto, ayudar a correlacionar los datos de inspección con la geometría física del horno. Por ejemplo, una disminución en el número de lecturas de radio interior y/o de lecturas de grosor de pared con un intervalo de tiempo particular podría proporcionar un "indicio de datos" en cuanto a la ubicación de un codo. La pérdida de datos es más posible en un codo debido al hecho de que uno o más de los transductores puede que no reciba energía suficiente cuando el ángulo entre el transductor y la pared interna del horno cambia más de unos pocos grados. También, un aumento en la variación de las lecturas de radio interior y/o las lecturas de grosor de pared dentro de un intervalo de tiempo particular puede proporcionar otro "indicio de datos" en cuanto a la ubicación de un codo. Esto es debido al hecho de que las lecturas de un transductor particular varían más posiblemente que las lecturas de otros transductores a medida que la herramienta de inspección atraviesa un codo. Adicionalmente, las lecturas se pueden utilizar para detectar un cambio en el centrado de la herramienta de inspección para proporcionar todavía otro "indicio de datos" en cuanto a la ubicación de un codo.

35 Otro tipo de dispositivo que se puede utilizar para recoger datos de inspección del horno es un perfilómetro. Un perfilómetro láser se puede hacer funcionar para mapear la pared interna del horno proyectando un rayo enfocado de luz sobre la superficie y tomando imágenes de su movimiento sobre un fotosensor sensitivo de posición. El perfilómetro láser gira a medida que progresa la herramienta de inspección a través del horno, por tanto logrando un escaneado helicoidal de la pared interna del horno. El resultado es una imagen de alta resolución digital de la pared interna del horno que proporciona lecturas de radio interno más precisas (así como un número mayor de lecturas de radio interno para un área superficial dada) en comparación con los transductores ultrasónicos descritos anteriormente. Estas lecturas también se pueden utilizar para detectar un cambio en el centrado de la herramienta de inspección y, por tanto, proporcionar "indicios de datos" en cuanto a las ubicaciones de los codos.

60 También se puede incorporar uno o más sensores auxiliares a la herramienta de inspección para el propósito de recoger datos del sensor del horno. Los datos del sensor pueden también proporcionar "indicios de datos" en cuanto

a las ubicaciones de los codos y, por tanto, ayudar a correlacionar los datos de posición con la geometría física del horno. Los datos del sensor se recogen de forma preferible simultáneamente con los datos de inspección para asegurar que todos los datos se puedan correlacionar a tiempo.

5 Un tipo de sensor auxiliar que se puede utilizar para recoger datos del sensor del horno es un codificador axial. Un codificador axial tiene ruedas de rodillo que hacen contacto con la pared interna del horno y rotan a medida que progresa la herramienta de inspección a través del horno. Cada pulso de salida del codificador axial indica que la herramienta de inspección se ha movido una distancia predeterminada a través del horno (tal como 6 o 12 mm (1/4 o 1/2 de pulgada). En un sistema de recogida basado en el tiempo, estos pulsos de salida son utilizados para incrementar un recuento que se lee en cada uno de los intervalos de tiempo predeterminado, por lo que las lecturas de recuento
10 son almacenadas en la memoria de la herramienta de inspección. Debería entenderse que estas lecturas de recuento pueden convertirse en lecturas de distancia y después utilizarse en combinación con la geometría conocida del horno para identificar las ubicaciones de los codos. De forma preferible, se emplean dos codificadores axiales para proporcionar redundancia en el caso de que se lleguen a atascar a medida que progresa la herramienta de inspección a través del horno.

15 Un experto en la técnica entenderá que un codificador axial puede que no proporcione una medida precisa de la ubicación de la herramienta de inspección dentro del horno. Típicamente, un codificador axial tiene un error de posición que es de un 2% a un 4% de la longitud del horno. Por ejemplo, un horno de una longitud de 3 km (10.000 pies) resultará típicamente en un error de posición de 61 a 122 m (200 a 400 pies). El error de posición no será consistente pero variará basándose en las características de fricción de diferentes secciones del horno. Debido a que un decodificador axial no puede proporcionar "indicios de datos" precisas en cuanto a las ubicaciones de los codos, se deberían utilizar de forma preferible otro tipo de sensores en conjunción con el codificador axial para ayudar a identificar las ubicaciones de los codos.
20

Otro tipo de sensor auxiliar que se puede utilizar para recoger datos del sensor del horno es un acelerómetro. Un acelerómetro se puede hacer funcionar para detectar una aceleración (por ejemplo, un cambio en la velocidad) de la herramienta de inspección, que puede suceder más posiblemente en los codos. En un sistema de recogida basado en el tiempo, la tensión del acelerómetro es leída en cada uno de los intervalos de tiempo predeterminados, con lo que las lecturas de tensión se almacenan en la memoria de la herramienta de inspección. Debería entenderse que estas lecturas de tensión se pueden convertir a lecturas de aceleración para por lo tanto identificar las ubicaciones de los codos. Por supuesto, si la herramienta de inspección está diseñada para fluir fácilmente a través del horno, la aceleración en los codos puede que no sea significativamente diferente de otras aceleraciones que podría encontrar la herramienta de inspección. En estos casos, el acelerómetro puede que no proporcione "indicios de datos" precisos en cuanto a las ubicaciones de los codos y, como tal, deberían utilizarse de forma preferible otro tipo de sensores.
25
30

Debería entenderse que los dispositivos descritos anteriormente (en particular, uno o más transductores ultrasónicos, un perfilómetro láser, un codificador axial, y un acelerómetro) o meramente ejemplos de los tipos de dispositivos que se pueden incorporar en la herramienta de inspección. Un experto en la técnica apreciará que también se pueden utilizar muchos otros tipos de dispositivos tales como un codificador de rodillo, un giróscopo o un sistema de navegación inercial. Adicionalmente, el número de dispositivos incorporados en la herramienta de inspección puede variar de un único dispositivo (por ejemplo, un perfilómetro láser) a varios dispositivos (por ejemplo, una matriz de transductores ultrasónicos y varios sensores auxiliares).
35

40 Con referencia ahora a la figura 2, un modo de realización de ejemplo de un sistema que se puede utilizar de acuerdo con la invención se designa generalmente con la referencia numérica 100. El sistema 100 que comprende un ordenador 102 que está programado para realizar varios procesos (cada uno de los cuales se describirá con más detalle en el presente documento posteriormente). Para realizar estos procesos, el ordenador 102 incluye un procesador 104 que se puede hacer funcionar para ejecutar instrucciones legibles por ordenador almacenadas en una memoria legible por ordenador. Las instrucciones legibles por ordenador son codificadas de forma preferible utilizando el lenguaje de programación MatLab, aunque también pueden utilizarse otros lenguajes de programación tales como C, C++, C# y Java. El medio legible por ordenador puede comprender cualquier tipo de memoria informática, tal como discos flexibles, discos duros convencionales, CD-ROMS, flash ROMS, ROM no volátil y RAM. Ejemplos de ordenadores que son adecuados para el uso con la presente invención incluyen ordenadores personales, ordenadores de servidor y ordenadores de procesadores múltiples, aunque también podrían utilizarse otros tipos de ordenadores.
45
50

Con referencia aún a la figura 2, el sistema 100 también comprende un dispositivo 106 de almacenamiento, en donde un ordenador 102 se programa para mantener en el dispositivo 106 de almacenamiento una base 108 de datos que identifica varios tipos de datos relacionales. En este modo de realización, los datos relacionales comprenden una pluralidad de intervalos 110 de tiempo y datos 112 de inspección correspondientes y datos 114 de sensor que han sido descargados de la memoria de la herramienta de inspección durante cada uno de los intervalos de tiempo (tal y como se describió anteriormente). Los datos relacionales están mantenidos de forma preferible en una única tabla dentro de la base 108 de datos, aunque se pueden utilizar otras configuraciones de base de datos. Debería entenderse que el ordenador 102 puede incluir cualquier software de base de datos relacionales que sea adecuado para mantener la base 108 de datos en el dispositivo 106 de almacenamiento.
55

En el modo de realización de ejemplo de la figura 2, los datos 112 de inspección comprenden una pluralidad de lecturas de inspección recogidas del horno mediante una matriz de ocho (8) transductores ultrasónicos, en particular, ocho (8) lecturas 116a-116h de grosor y ocho (8) lecturas 118a-118h de radio interior para cada uno de los intervalos 110 de tiempo. Los datos 114 de sensor comprenden una pluralidad de lecturas de sensor recogidas del horno mediante un par de codificadores axiales y un acelerómetro, en particular dos (2) lecturas 120a 120b de posición y una (1) lecturas 122 de aceleración para cada uno de los intervalos 110 de tiempo. Por tanto, se puede apreciar que cada uno de los intervalos 110 de tiempo contiene un total de diecinueve (19) lecturas diferentes recogidas del horno durante el intervalo de tiempo particular. Por supuesto, se debería entender que se podrían incorporar muchos tipos diferentes de dispositivos en la herramienta de inspección de manera que la anchura del conjunto de datos variará entre diferentes aplicaciones.

De acuerdo con un enfoque para implementar la presente invención, el ordenador 102 está programado para generar una visualización de todos los datos 112 de inspección recogidos del horno. Un analista de datos puede entonces analizar la visualización de los datos 112 de inspección (preferiblemente en conjunción con los datos 114 de sensor) con el fin de identificar las ubicaciones de los codos de horno. Entonces, basándose en la entrada del analista de datos, el ordenador 102 está programado de forma preferible para generar una pluralidad de marcadores de datos para identificar las ubicaciones de los codos de horno. De forma preferible, indicadores visuales tal como marcadores de datos se muestran en la visualización con respecto a los datos 112 de inspección. El ordenador 102 puede también ser programado para dividir los datos 112 de inspección en los marcadores de datos de manera que correlaciona los datos 112 de inspección con los segmentos del tubo apropiados del horno. Finalmente, un analista de datos puede ver la visualización de los datos 112 de inspección para detectar visualmente áreas problemáticas dentro del horno de manera que se pueden reparar o reemplazar segmentos de tubo apropiados por el personal de mantenimiento de planta. Ejemplos de este enfoque se describirán con referencia al “Ejemplo 1”, “Ejemplo 2” y “Ejemplo 3” posteriores.

De acuerdo con la presente invención, el ordenador 102 está programado para analizar datos 112 de inspección y después, basándose en este análisis, generar de forma automática una pluralidad de marcadores de datos que identifican las ubicaciones de los codos de horno. El ordenador 102 también está programado para dividir los datos 112 de inspección en los marcadores de datos de manera que correlaciona los datos 112 de inspección con los segmentos del tubo apropiados del horno. El ordenador 102 está además programado para generar una visualización de los datos 112 de inspección divididos, en donde la visualización es una representación bidimensional o tridimensional de uno o más de los elementos de tubo del horno. Finalmente, un analista de datos puede ver esta visualización para detectar visualmente áreas problemáticas dentro del horno de manera que se pueden reparar y reemplazar segmentos del tubo apropiados por el personal de mantenimiento de planta. Un ejemplo de este enfoque se describirá con referencia al “Ejemplo 4” posterior.

Con ambos enfoques, las ubicaciones de los codos del horno se pueden identificar detectando uno o más “indicios de datos” en los datos 112 de inspección y en los datos 114 de sensor recogidos del horno. Ejemplos de estas “indicios de datos” incluyen un aumento en la variación de las lecturas 116a-116h de grosor de pared y/o las lecturas 118a-118h de radio interior dentro de un intervalo 110 de tiempo particular, una disminución en el número de lecturas 116a-116h de grosor de pared y/o en las lecturas 118a-118h de radio interior dentro de un intervalo 110 de tiempo particular y/o un cambio del centrado de la herramienta de inspección. Todas estas condiciones son más posibles que ocurran en los codos de horno.

También, se pueden utilizar lecturas 120a y 120b de posición para determinar la distancia desplazada por la herramienta de inspección durante cada uno de los intervalos 110, la cual se puede comparar con la geometría conocida del horno para ayudar a identificar las ubicaciones de los codos de horno. Adicionalmente, se pueden utilizar lecturas 122 de aceleración para determinar la aceleración de la herramienta de inspección durante cada uno de los intervalos 110 para por lo tanto ayudar a identificar las ubicaciones de los codos de horno. Por supuesto, debería entenderse que también se pueden utilizar otros tipos de “indicios de datos” para identificar las ubicaciones de los codos de horno de acuerdo con la presente invención.

De acuerdo con otro enfoque más para implementar la presente invención, los marcadores de datos están incluidos dentro del conjunto de datos descargado de la herramienta de inspección. Por ejemplo, uno o más sensores pueden ser suficientemente fiables para detectar la ubicación de cada característica física por lo que un “1” en el conjunto de datos indica la detección de una característica física y un “0” en el conjunto de datos no indica ninguna detección de una característica física. El ordenador 102 es entonces programado para dividir los datos 112 de inspección en los marcadores de datos de manera que correlaciona los datos 112 de inspección con la geometría física del horno. El ordenador 102 también está programado para generar una visualización de los datos 112 de inspección divididos, en donde la visualización es una representación bidimensional o tridimensional de uno o más de los segmentos de tubo del horno. Finalmente, un analista de datos puede ver esta visualización para detectar visualmente áreas problemáticas dentro del horno de manera que se puedan reparar o reemplazar segmentos del tubo apropiados por el personal de mantenimiento de planta.

Para mejorar la habilidad de un analista de datos de detectar visualmente áreas problemáticas dentro del horno, es preferible retirar los efectos de descentrado de la herramienta de la visualización de los datos de inspección. Aunque la geometría de herramienta mantiene la herramienta de inspección aproximadamente centrada en la tubería a medida que la tubería atraviesa el horno, la gravedad a menudo provoca que la herramienta de inspección se desplace por

debajo de la línea central en tuberías horizontales. Adicionalmente, cuando se atraviesa un codo, la herramienta de inspección tiene la tendencia de empujar contra un lado cuando entra en el codo. Si la herramienta de inspección está perfectamente centrada en una tubería redonda, el transductor ultrasónico medirá la misma distancia a la pared interior de la tubería (asumiendo que no hay picaduras o corrosión). Sin embargo, si la herramienta de inspección está descentrada, habrá una variación casi sinusoidal en las lecturas de distancia recogidas por cada uno de los transductores ultrasónicos alrededor de la circunferencia de la herramienta de inspección. Si el descentrado es un porcentaje significativo de la picadura o corrosión que se va a medir, es muy difícil determinar de forma precisa la profundidad de picadura o corrosión mirando simplemente a los datos de inspección visualizados.

Por esta razón, el conjunto de datos se transforma de forma preferible de manera que los datos se visualizan como si hubiesen sido recogidos desde la línea central de la tubería. Este proceso de descentrado puede utilizar cualquiera de la superficie exterior de la tubería o la superficie interior de la tubería como la referencia central. Si un analista de datos está esperando una corrosión en la pared interna de la tubería, la superficie exterior de la tubería es la referencia de centrado preferida. Sin embargo, si la conexión se espera en la pared externa de la tubería, la superficie interior de la tubería es la referencia de centrado preferida. En cualquier caso, el proceso de centrado es realizado con el fin de referenciar los datos de radio (cualquier dato de radio interior, o, datos de radio exterior (es decir, radio interior más grosor de pared)) del centro de una tubería no dañada de manera que se enfatizan visualmente las áreas problemáticas en el horno.

Para tuberías cuadradas, el proceso de centrado utiliza los datos de radio para computar al menos cuadrados que se ajustan a un círculo. La lectura de radio que está la más alejada del círculo mejor ajustado es eliminada. El proceso de ajuste puede ser entonces repetido, por lo que la lectura de radio próxima que está más lejos del mejor círculo ajustado es eliminada. Este proceso de ajuste puede ser repetido adicionalmente hasta que las lecturas de radio restantes están dentro del umbral preestablecido del mejor círculo de ajuste. El proceso de ajuste genera la ubicación x, y del centro de la tubería con respecto al conjunto de datos y radio medio para la tubería. Los valores de radio originales son entonces transformados al centro de tubería mediante una adición del vector de la ubicación x, y computada del centro de la tubería con las lecturas de radio. Debería entenderse que este proceso de ajuste se puede realizar utilizando los datos de radio interior o los datos de radio exterior.

Adicionalmente, para tuberías ovaladas o donde la planta querría computar la ovalidad de la tubería, el proceso de ajuste se puede realizar con una elipse en lugar de un círculo. Este proceso de ajuste genera un diámetro mayor, un diámetro menor, una ubicación x, y del centro de la tubería, y una orientación. Adicionalmente, el proceso de ajuste se puede extender a un cilindro donde dos o más porciones de datos se utilizan en el proceso de ajuste.

Se proporcionarán ahora varios ejemplos para describir adicionalmente el sistema de inspección del tubo de horno de la presente invención. Estos ejemplos se proporcionan meramente para ilustrar diferentes enfoques que se pueden utilizar para correlacionar los datos de inspección con la geometría física del horno y visualizar los datos de inspección en una manera que permite la detección visual de áreas problemáticas dentro del horno. Por supuesto, debería entenderse que también podrían utilizarse otros enfoques y estos ejemplos no limitan de ninguna manera el alcance de la presente invención.

Ejemplo 1

En este ejemplo, el ordenador 102 está programado para generar una visualización bidimensional de las lecturas de grosor de pared y/o de las lecturas de radio interior recogidas de un horno, que se pueden ver mediante un analista de datos con el fin de identificar las ubicaciones de los codos de horno. Entonces, basándose en la entrada del analista de datos, el ordenador 102 está programado para generar una pluralidad de marcadores de datos en la visualización para por lo tanto correlacionar las diversas lecturas con los segmentos de tubo apropiados del horno. Después de la generación de los marcadores de datos, el analista de datos puede ver la visualización con el fin de detectar visualmente áreas problemáticas dentro del horno. Este ejemplo se describirá a continuación con mayor detalle con referencia a las figuras 3 y 4.

Con referencia a la figura 3, el ordenador 102 está programado para generar un diagrama 300 de bandas en el cual todas las lecturas de grosor de pared para una pluralidad de intervalos de tiempo son trazadas a través de una pluralidad de bandas horizontales. Las lecturas de grosor de pared son trazadas de forma sucesiva el tiempo de izquierda a derecha y de abajo a arriba. Como tal, la esquina inferior a mano izquierda del diagrama se corresponde al tiempo en el que la herramienta de inspección abandona el lanzador (véase la figura 1A) y la esquina superior a mano derecha del diagrama se corresponde al tiempo en el que la herramienta de inspección alcanza al receptor (véase la figura 1C). Las lecturas de grosor de pared para cada uno de los intervalos de tiempo son trazadas verticalmente a través de la altura de las bandas horizontales. Debería apreciarse que las diversas lecturas de grosor de pared mostradas en el diagrama 300 de bandas son representadas en escala de grises de acuerdo con la leyenda 302. En este ejemplo, las lecturas de grosores de pared varían de 4 a 9 mm (0,15 pulgadas a 0,35 pulgadas).

Con referencia a la figura 4 el ordenador 102 también está programado para generar un diagrama 400 de bandas en el cual todas las lecturas de radio interior para una pluralidad de intervalos de tiempo son trazadas a través de una pluralidad de bandas horizontales. De nuevo, las lecturas de radio interior son trazadas de forma sucesiva en el tiempo de izquierda a derecha y de abajo a arriba, y las lecturas de radio interior para cada uno de los intervalos de tiempo

ES 2 760 674 T3

son trazadas verticalmente a través de la altura de las bandas horizontales. Se puede ver que las diversas lecturas de radio interior visualizadas en el diagrama 400 de bandas se representan en escala de grises de acuerdo con la leyenda 402. En este ejemplo, las lecturas de radio interior varían de cero a 12,7 cm (0,00 pulgadas a 5,00 pulgadas).

5 Debería entenderse que las leyendas 302 y 402 se pueden personalizar tal y como se desee para diferentes aplicaciones. Además, como una alternativa al uso de leyendas 302 y 402, las lecturas de grosor de pared y/o las lecturas de radio interior pueden ser codificadas por color (en oposición a las representadas en escala de grises) en diagramas de bandas con el fin de “anunciar” fácilmente diferencias entre las diversas lecturas mostradas en el diagrama de bandas.

10 En los diagramas 300 y 400 de bandas, cada banda horizontal representa un periodo de tiempo de 60 segundos. Asumiendo que la velocidad de la herramienta de inspección es de 0,6 m/s (2 pies/s) y la tasa de recogida de datos es de 38 Hz por cada transductor, se puede calcular que cada banda horizontal muestra las lecturas recogidas de 36,6m (120 pies) de horno (es decir, 0,6 m/s (2 pies/s) x 60 segundos) sobre 2280 intervalos de tiempo diferentes (es decir 38 Hz x 60 segundos). Debido al gran número de lecturas mostradas en los diagramas 300 y 400 de bandas, está prevista una función de ampliación que permite a un analista de datos examinar secciones deseadas de las
15 bandas horizontales con un mayor detalle.

En este ejemplo, un analista de datos analiza el diagrama 300 de bandas y/o el diagrama 400 de bandas con el fin de identificar las ubicaciones de los codos de horno. Tal y como se expuso anteriormente, las ubicaciones de los codos de horno se pueden identificar detectando visualmente uno o más “indicios de datos” en el diagrama de bandas. Estos “indicios de datos” pueden comprender un aumento en la variación de las lecturas de grosor de pared y/o en las
20 lecturas de radio interior dentro de un intervalo de tiempo particular (que se representará con diferentes sombras de grises a través de la altura de una banda horizontal) y/o una disminución en el número de lecturas de grosor de pared y/o de lecturas de radio interior dentro de un intervalo de tiempo particular (que se representará como espacios blancos o huecos a través de la altura de una banda horizontal).

Mientras analiza el diagrama 300 de bandas y/o el diagrama 400 de bandas, el analista de datos mueve un ratón a través de las bandas horizontales y marca la ubicación de los codos de horno haciendo clic en las posiciones apropiadas sobre diagramas de bandas. Basándose en esta entrada del analista de datos, el ordenador 102 está programado para generar los marcadores de datos y colocar un número romano (que significa el número de segmento de tubo) seguido de una “x” por encima de las posiciones marcadas por el analista de datos. Las diversas lecturas son por tanto divididas en los marcadores de datos para por lo tanto correlacionar las lecturas con segmentos de tubo apropiados del horno.
25 30

De forma preferible, el analista de datos analizará el diagrama 300 de bandas y/o el diagrama 400 de bandas en conjunción con un dibujo mecánico de la disposición física del horno para proporcionar indicaciones de dónde deberían ubicarse los codos o extremos de los elementos del tubo. Tal y como se señaló anteriormente, la geometría física de un horno no es siempre consistente de tal manera que cualquiera de, el grosor de pared o el radio interior del horno
35 puede cambiar de un segmento de tubo a otro. Por ejemplo, es evidente a partir del diagrama 300 de bandas que los segmentos de tubo 1 a 30 tienen generalmente un grosor de pared, los segmentos de tubo 31 a 37 tienen generalmente otro grosor de pared, y los segmentos de tubo 38 a 47 tienen generalmente otro grosor de pared. De forma similar, es evidente a partir del diagrama 400 de bandas que los segmentos de tubo 1 a 37 tienen generalmente un radio interior, mientras que los segmentos de tubo 38 a 47 tienen generalmente otro radio interior. Debería entenderse que las
40 longitudes conocidas de los diversos segmentos de tubo se pueden superponer en los diagramas 300 y 400 de banda para proporcionar un guiado adicional al identificar las ubicaciones de los codos o extremos de los segmentos de tubo.

Debería apreciarse que los diagramas 300 y 400 de bandas “anuncian” fácilmente áreas problemáticas dentro del horno. Por ejemplo, es evidente a partir del diagrama 300 de bandas que las lecturas de grosor de pared varían en los segmentos 33 y 34 de tubo y en menor medida en los segmentos 31, 36 y 37 de tubo (tal y como se muestra por las variaciones en el color gris a lo largo de la longitud de estos segmentos de tubo). Estas variaciones fueron inmediatamente evidentes con sólo un vistazo al diagrama 300 de bandas. Áreas problemáticas potenciales también se pueden apreciar a partir del diagrama 400 de bandas. Utilizando los diagramas 300 y 400 de bandas, el analista de datos puede determinar que uno o más de los segmentos de tubo están defectuosos y deberían repararse o reemplazarse por el personal de mantenimiento de planta.
45

Debería entenderse que los diagramas 300 y 400 de bandas son meramente ejemplos de los tipos de visualizaciones que se pueden utilizar para detectar visualmente áreas problemáticas dentro del horno. Por ejemplo, después de la generación de los marcadores de datos, las lecturas de grosor de pared y/o las lecturas de radio interior se podrían mostrar como un conjunto apilado de barras en donde cada/representa uno o más segmentos del horno. También, las lecturas de grosor de pared y/o las lecturas de radio interior se podrían mostrar en un formato tridimensional en el cual la estructura de los segmentos de tubo coincida con la geometría física real del horno. Un experto en la técnica entenderá que también se pueden utilizar otros tipos de visualizaciones de acuerdo con la presente invención.
50 55

Ejemplo 2

En este ejemplo, el ordenador 102 está programado para generar una visualización bidimensional de las lecturas de grosor de pared recogidas de la sección de convección de un horno, por lo que la visualización se puede ver por un analista de datos con el fin de detectar visualmente áreas problemáticas dentro del horno. De forma específica, el ordenador 102 está programado para generar el diagrama 410 mostrado en la figura 5, en el cual todas las lecturas de grosor de pared para una pluralidad de intervalos de tiempo son trazadas a través de una pluralidad de barras verticales. Cada barra muestra las lecturas de grosor de pared de un segmento de tubo único. Los segmentos de tubo están situados en su orientación apropiada (pero con los codos de conexión retirados).

En este ejemplo, las lecturas de espesor de pared mostradas en el diagrama 410 son representadas en escala de grises de acuerdo con una leyenda 412, en donde las lecturas varían de 3 mm a 10 mm. Debería entenderse que las lecturas de grosor de pared pueden estar de forma alternativa codificadas por color (en oposición a lo representado en escala de grises) en el diagrama 410 con el fin de "anunciar" fácilmente diferencias entre las diversas lecturas mostradas en el diagrama.

Cuando se ven todos los segmentos de tubo en su orientación apropiada, un analista de datos puede determinar que las manchas pequeñas oscuras en el diagrama 410 son provocadas por los pasadores soldados en el exterior de los segmentos de tubo (que son utilizados para aumentar el área de transferencia de calor). Estas manchas pequeñas oscuras son particularmente predominantes a lo largo de la longitud de las barras 414a-414g verticales. El analista de datos también puede determinar que manchas oscuras separadas en el diagrama 410 indican áreas de corrosión externa en los segmentos de tubo. Ejemplos de estas manchas oscuras separadas se pueden apreciar en los puntos 416a-416f. En este ejemplo la separación entre estas manchas oscuras indica que la fuente del problema es un accesorio que tiene una fuga lenta ubicada por encima de los segmentos de tubo que está goteando fluido en el horno. Por tanto, ambas áreas problemáticas del horno y su fuente se pueden determinar fácilmente a partir del diagrama 410 de la figura 5.

Ejemplo 3

En este ejemplo, el ordenador 102 está programado para generar una visualización bidimensional de las lecturas de grosor de pared recogidas de la sección de convección del otro horno, por lo que la visualización se puede ver por un analista de datos con el fin de detectar visualmente áreas problemáticas dentro del horno. De forma específica, el ordenador 102 está programado para generar el diagrama 420 mostrado en la figura 6, en el cual todas las lecturas de grosor de pared para una pluralidad de intervalos de tiempo son trazadas a través de una pluralidad de barras verticales. Al igual que en el diagrama de la figura 5, cada barra vertical muestra las lecturas de grosor de pared de un único segmento de tubo, en donde los segmentos de tubo están situados en su orientación apropiada (pero con los codos de conexión retirados).

En este ejemplo, las lecturas de grosor de pared mostradas en el diagrama 420 son representadas a escala de grises de acuerdo con una leyenda 422, en donde las lecturas varían de 5 a 11 mm (0,20 a 0,45 pulgadas). De nuevo, las lecturas de grosores de pared pueden estar de forma alternativa codificadas por color (en oposición a lo representado en la escala de grises) en el diagrama 420 con el fin de "anunciar" fácilmente diferencias entre las diversas lecturas mostradas en el diagrama.

Cuando se ven todos los segmentos de tubo en su orientación apropiada, un analista de datos puede determinar que los patrones de remolino del diagrama 420 son indicativos de un adelgazamiento de pared provocado por patrones de flujo dentro del horno. Debería señalarse que los patrones de remolino no son provocados por la rotación de la herramienta de inspección dentro del horno ya que las lecturas de radio interior (no mostradas) no indican dicha rotación. También, la herramienta de inspección está típicamente descentrada en el horno debido a la gravedad. Por tanto, si la herramienta de inspección está rotando, las lecturas del transductor ultrasónico ubicado lo más cercano a la pared interior del horno podrían cambiar (el cual no es el caso aquí). Por tanto, en este ejemplo, las áreas problemáticas provocadas por los patrones de flujo dentro del horno se anuncian fácilmente por sí mismas en el diagrama 420 de la figura 6.

Ejemplo 4

En este ejemplo, el ordenador 102 está programado para analizar datos de inspección y datos del sensor recogidos de un horno con el fin de generar automáticamente una pluralidad de marcadores de datos compuestos (que son derivados de una pluralidad de marcadores de datos individuales) para identificar las ubicaciones de los codos del horno. El ordenador 102 también está programado para dividir los datos de inspección en los marcadores de datos compuestos para por lo tanto correlacionar los datos de inspección con los segmentos de tubo apropiados del horno. El ordenador 102 está además programado para generar una visualización de los datos de inspección divididos que se puede ver por un analista de datos con el fin de detectar visualmente áreas problemáticas dentro del horno. Este ejemplo se describirá ahora a continuación con un mayor detalle con referencia las figuras 7, 8 y 9.

Con referencia a la figura 7, el ordenador 102 está programado para generar un diagrama 500 en el cual se traza una pluralidad de marcadores de datos individuales en las líneas 502, 504, 506, 508, 510 y 512 y una pluralidad de marcadores de datos compuestos son trazados en la línea 514. El ordenador 102 está programado para generar automáticamente los marcadores de datos individuales en las líneas 502, 504, 506, 508, 510 y 512 basándose en la

detección de varios “indicios de datos” en los datos de inspección en los datos del sensor. Cada una de estas líneas es descrita posteriormente:

- La línea 502 representa los marcadores de datos individuales generados por una detección de una disminución en el número de lecturas de grosor de pared dentro de un intervalo de tiempo particular.
- 5
- La línea 504 representa los marcadores de datos individuales generados por la detección de una disminución en el número de lecturas de radio interior dentro de un intervalo de tiempo particular.
 - La línea 506 representa los marcadores de datos individuales generados por la detección de una disminución en la variación de las lecturas de grosor de pared dentro de un intervalo de tiempo particular.
- 10
- La línea 508 representa los marcadores de datos individuales generados por la detección de un aumento en la variación de las lecturas de radio interior dentro de un intervalo de tiempo particular.
 - La línea 510 representa los marcadores de datos individuales generados por la detección del descentrado de la herramienta de inspección dentro de un intervalo de tiempo particular.
 - La línea 512 representa los marcadores de datos individuales generados mediante la detección de una aceleración de la herramienta de inspección dentro de un intervalo de tiempo particular.
- 15
- Se puede apreciar que la ubicación de cada uno de los marcadores de datos individuales se muestra mediante un pico en las líneas 502, 504, 506, 508, 510 y 512, en donde la longitud del pico por encima de la línea (es decir, en el lado positivo de la línea) es un indicador del grado de fiabilidad para el marcador de datos individual. En otras palabras, picos más altos tienen un grado más alto de fiabilidad que picos más bajos.
- 20
- El ordenador 102 también está programado para generar de forma automática los marcadores de datos compuestos en la línea 514 combinando los marcadores de datos individuales mostrados en las líneas 502, 504, 506, 508, 510 y 512. En este ejemplo, los marcadores de datos individuales están normalizados de manera que un marcador no domine los otros marcadores de datos dentro de un intervalo de tiempo particular. Como un ejemplo, para una matriz de $N \times M$ de cualquiera de las lecturas de grosor de pared y las lecturas de radio interior (donde N = el número de porciones tomadas a una tasa de 38 kHz y M = el número de transductores ultrasónico), cada uno de los marcadores de datos individuales se puede normalizar dividiendo el elemento de matriz por el valor encontrado en la matriz. Entonces, los marcadores de datos individuales normalizados se combinan utilizando el cálculo de media cuadrática para generar los marcadores de datos compuestos (aunque también se pueden utilizar otros tipos de cálculos o algoritmos). De nuevo, se puede apreciar que la ubicación de cada uno de los marcadores de datos compuestos se muestra mediante un pico en la línea 514, en donde la longitud del pico por encima de la línea (es decir, en el lado positivo de la línea) es un indicador del grado de fiabilidad para los marcadores de datos compuestos. Por supuesto, debería entenderse que los marcadores de datos compuestos proporcionan un grado mayor de fiabilidad que cualquiera de los marcadores de datos individuales solos.
- 25
- 30
- Debería señalarse que el diagrama 500 también incluye la línea 516, que es un trazado de la posición de la herramienta de inspección derivada del recuento integral de los decodificadores axiales. La línea 516 se puede utilizar para verificar que la herramienta de inspección no llegó a atascarse en ningún punto dentro del horno. En este ejemplo, no hay secciones planas a lo largo de la línea 516 tal y como podría ocurrir si la herramienta de inspección se llegase a atascar. En una o más secciones planas donde estén presentes, un analista de datos podría retirar manualmente los datos redundantes recogidos durante ese intervalo de tiempo particular.
- 35
- 40
- Con referencia la figura 8, el ordenador 102 también está programado para generar un diagrama 520 que representa todos los marcadores de datos compuestos en relación a un umbral predeterminado. De forma específica, todos los marcadores de datos compuestos mostrados en la línea 514 del diagrama 500 son tratados de forma sucesiva en el tiempo de izquierda a derecha y de arriba a abajo para formar la línea 522 mostrada en el diagrama 520 (es decir, la línea con los picos periódicos). Por el contrario, la línea 524 mostrada en el diagrama 520 representa un umbral predeterminado que se puede utilizar para determinar si los marcadores de datos compuestos son indicadores “válidos” de las ubicaciones de los codos de horno. En otras palabras, un marcador de datos compuestos es “válido” cuando el pico está ubicado por encima del umbral predeterminado y “no válido” cuando el pico está ubicado por debajo del umbral predeterminado.
- 45
- 50
- 55
- Como ejemplo, el umbral predeterminado puede generarse: (1) aplicando un filtro de promedio en funcionamiento de 50 puntos en ambas direcciones a través de los marcadores (C_Datos_N) de datos compuestos para generar una señal ($Base_N$) base, en donde haciendo funcionar el filtro en ambas direcciones se retira el retraso de tiempo; (2) computando una desviación estándar en funcionamiento de los marcadores (C_Datos_N) de datos compuestos con un tamaño de bloque de 1000 para crear una matriz ($STDMatriz_N$) de desviación estándar; y (3) computando una matriz ($Umbral_N$) umbral añadiendo la señal ($Base_N$) base a 2,5 veces la matriz ($STDMatriz_N$) de desviación estándar (es decir, $Umbral_N = Base_N + 2,5 * STDMatriz_N$). Un experto la técnica apreciará que un analista de datos puede analizar el diagrama 520 con el fin de modificar o “afinar” el algoritmo utilizado para generar el umbral predeterminado.

En este ejemplo, los marcadores de datos compuestos mostrados en las figuras 7 y 8 comprenden punteros operables para “apuntalar” las posiciones en la base de datos que se corresponden a las ubicaciones de los codos del horno. De forma alternativa, los marcadores de datos compuestos pueden ser embebidos directamente en la base de datos, o, pueden comprender números de fichero para los diversos datos de inspección. Además, un analista de datos puede simplemente utilizar los marcadores de datos compuestos como una guía para la división de los datos de inspección (descritos anteriormente). Por supuesto, también se pueden utilizar otros tipos de marcadores de datos compuestos para correlacionar los datos de inspección con la geometría física del horno de acuerdo con la presente invención.

Después de la generación de los marcadores de datos compuestos, el ordenador 102 está programado para dividir los datos de inspección en los marcadores de datos compuestos de manera que correlaciona los datos de inspección con los segmentos de tubo apropiados del horno. El ordenador 102 también está programado para generar una visualización de los datos de inspección divididos que se puede ver por un analista de datos con el fin de detectar visualmente áreas problemáticas dentro del horno. Esta visualización puede comprender una representación bidimensional o tridimensional de uno o más segmentos de tubo del horno, que se puede personalizar de acuerdo con los requisitos del cliente. Por ejemplo, un cliente puede requerir una visualización que muestre el grosor de pared en cinco posiciones equidistantes a lo largo de la longitud de un segmento de tubo específico, mientras que otro cliente puede requerir una visualización que muestre el grosor de pared mínimo para cada segmento de tubo del horno. Por supuesto, esta información también puede ser proporcionada al cliente en forma de un informe escrito que acompañe a la visualización.

Un ejemplo de visualización que se puede personalizar de acuerdo con los requisitos de un cliente particular es mostrado en la figura 9. Esta visualización comprende un diagrama 700 tridimensional que representa las lecturas de radio interior para cinco segmentos de tubo diferentes de interés (con los codos de conexión retirados). Los segmentos de tubo son visualizados de una manera que coincide con la geometría física real del horno, y son etiquetados de acuerdo con las designaciones del cliente para esos segmentos de tubo (es decir TUBO C4-1, TUBO C4-2, TUBO C4-3, TUBO C4-4 y TUBO C4-5). Se puede apreciar que las diversas lecturas de radio interior mostradas en el diagrama 700 son representadas en escala de grises de acuerdo con una leyenda 702. En este ejemplo, las lecturas de radio interior varían de 72 mm (2,86 pulgadas) a 77 mm (3,04 pulgadas).

Se puede apreciar que el diagrama 700 “anuncia” fácilmente áreas problemáticas dentro de los cinco segmentos de tubo de interés. Por ejemplo, es evidente a partir del diagrama 700 que las lecturas de radio interior varían en los segmentos de tubo etiquetados TUBO C4-1, TUBO C4-2, TUBO C4-3 y TUBO C4-5 (tal y como se muestra por las variaciones en el color gris dentro de estos segmentos de tubo). Estas variaciones fueron inmediatamente evidentes sólo a simple vista en el diagrama 700. Por tanto utilizando el diagrama 700, un analista de datos puede determinar que uno o más de estos segmentos de tubo están deteriorados y deberían ser reparados o reemplazados por el personal de mantenimiento de planta.

Con referencia a los diagramas de flujo de las figuras 10A y 10B, se describirá a continuación un modo de realización de ejemplo del método de la presente invención con referencia a las etapas 800-830. Primero, en la etapa 800, los datos de inspección y los datos del sensor recogidos del horno se extraen de la herramienta de inspección. A continuación, en la etapa 802, los datos de inspección y los datos del sensor extraído se convierten a unidades de ingeniería calibradas. Por ejemplo, las lecturas recogidas por un transductor ultrasónico se convierten de tiempo a distancia (por ejemplo, mm (pulgadas)), las lecturas recogidas por un codificador axial se convierten de valores de recuento a distancia (por ejemplo, mm(pulgadas)), y las lecturas recogidas por un acelerómetro se convierten de tensión a aceleración (por ejemplo, m/s² (pies/s²)). Las conversiones para otros tipos de lectura serán evidentes a un experto en la técnica. Después, en la etapa 804, los datos de inspección y los datos del sensor convertido se almacenan en una base de datos. Por supuesto, debería entenderse que las etapas 800-804 puede que no fueran necesarias para el análisis de los conjuntos de datos que han sido adquiridos y almacenados previamente en una base de datos.

A continuación, se genera una pluralidad de marcadores de datos que identifican las ubicaciones de los codos del horno con respecto a los datos de inspección almacenados en la base de datos. Los marcadores de datos se pueden generar o bien “semiautomáticamente” en las etapas 806 a 812 o “automáticamente” en las etapas 814 a 822.

Utilizando el enfoque “semiautomático”, en la etapa 806, se utiliza un ordenador para generar una visualización bidimensional o tridimensional que representa algunos o todos los datos de inspección almacenados en la base de datos (preferiblemente en una única página). En la etapa 808, un analista de datos analiza la visualización con el fin de detectar visualmente “indicios de datos” que ayuden en la identificación de las ubicaciones de los codos del horno. Después, en la etapa 810, el analista de datos introduce la información en el ordenador que define las ubicaciones de los codos del horno. Finalmente, en la etapa 812, el ordenador genera marcadores de datos basándose en la entrada del analista de datos.

Utilizando el enfoque “automático”, en la etapa 814, se utiliza un ordenador para analizar los datos de inspección y los datos de sensor almacenados en la base de datos con el fin de generar automáticamente una pluralidad de marcadores de datos. Tal y como se muestra en las etapas 816 a 820, este análisis puede comprender generar una pluralidad de marcadores de datos individuales basándose en la detección de “indicios de datos” en los datos de inspección y los datos del sensor, normalizando los marcadores de datos individuales, y después combinando los marcadores de datos

individuales para generar una pluralidad de datos marcadores compuestos. Después, en la etapa 822, el ordenador puede comparar los marcadores de datos compuestos con respecto a un umbral predeterminado para determinar si los marcadores de datos compuestos son indicadores “válidos” de las ubicaciones de los codos del horno.

5 Una vez que se han generado los marcadores de datos (o bien “semiautomáticamente” en las etapas 806 a 812 o “automáticamente” en las etapas 814 a 822), los datos de inspección se dividen en los marcadores de datos de manera que se correlacionan los datos de inspección con los segmentos de tubo apropiados del horno en la etapa 824. Después, en la etapa 826 el analista de datos introduce la información referente a la visualización de los datos inspeccionados divididos. Esta información puede incluir requisitos del cliente preferente al tipo deseado de visualización (por ejemplo, formato bidimensional o formato tridimensional), y los segmentos de tubo deseados que se van a visualizar (por ejemplo, todos los segmentos de tubo o segmentos de tubo específicos. En la etapa 828, el ordenador genera la visualización de acuerdo con los requisitos del cliente. Finalmente, en la etapa 830, el analista de datos analiza la visualización con el fin de identificar tendencias globales en los datos de inspección y/o detectar visualmente áreas problemáticas dentro del horno.

10 Aunque la presente invención ha sido descrita e ilustrada en el presente documento anteriormente con referencia a modos de realización de ejemplo, debería entenderse que se podrían hacer varias modificaciones a estos modos de realización sin alejarse del alcance de la invención. Por lo tanto, la invención no va a estar limitada a los modos de realización de ejemplo descrito se ilustrados en el presente documento anteriormente, excepto en la medida en que dichas limitaciones están incluidas en la siguiente reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un sistema para la visualización de datos de inspección recogidos de un horno con una geometría física especificada, en donde dicho horno comprende una pluralidad de segmentos (10) de tubo interconectados por una pluralidad de codos (20) de manera que permiten el apilamiento de dichos segmentos (10) de tubo, dicho sistema que comprende:
 - una herramienta (30) de inspección configurada para recoger datos de inspección que comprenden una pluralidad de lecturas de radio interior y/o de lecturas de grosor de pared y configurado para ser descargados a través del horno;
 - un dispositivo (106) de almacenamiento para almacenar dichos datos de inspección; y
 - un ordenador (102);
- 10 caracterizado por que la herramienta (30) de inspección comprende
 - una matriz de transductores ultrasónicos o
 - un único transductor con un espejo giratorio; y
 - en donde el ordenador (102) está programado para:
 - 15 generar marcadores de datos basándose en un análisis de los datos de inspección recogidos del horno, cada uno de cuyos marcadores de datos identifica una ubicación de una característica física de dicho horno;
 - dividir dichos datos de inspección en los marcadores de datos de manera que correlaciona dichos datos de inspección con dicha geometría física de dicho horno; y
 - 20 generar una visualización de dichos datos de inspección divididos dispuestos para representar dicha geometría física de una pluralidad de dichos segmentos (10) de tubo para por lo tanto permitir la detección visual de un área problemática que comprende uno o más de dichos segmentos (10) de tubo dentro de dicho horno.
2. El sistema de la reivindicación 1, en donde dicha visualización comprende una representación bidimensional de uno o más segmentos (10) de tubo de dicho horno.
3. El sistema de la reivindicación 2, en donde dicha visualización comprende una pluralidad de barras bidimensionales dispuestas una al lado de la otra, cada barra que muestra datos de inspección para un segmento de tubo único respectivo de dicha pluralidad de segmentos (10) de tubo.
- 25 4. El sistema de la reivindicación 1, en donde dicha visualización comprende una representación tridimensional de uno o más segmentos (10) de tubo de dicho horno.
5. El sistema de la reivindicación 4, en donde dicha visualización comprende una pluralidad de barras tridimensionales dispuestas una al lado de la otra, cada barra que muestra datos de inspección para un segmento de tubo único respectivo de dicha pluralidad de segmentos (10) de tubo.
- 30 6. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho ordenador (102) está programado además para generar dichos marcadores de datos basándose en una entrada de un analista de datos.
7. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde dicho ordenador (102) está además programado para analizar dichos datos de inspección y generar dichos marcadores de datos basándose en dicho análisis de dichos datos de inspección.
- 35 8. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho dispositivo (106) de almacenamiento está configurado para almacenar datos de sensor recogidos de dicho horno.
9. El sistema de la reivindicación 8, en donde dichos datos de sensor comprenden una pluralidad de lecturas recogidas por uno o más sensores auxiliares seleccionados del siguiente grupo: un decodificador axial, un acelerómetro, un decodificador de rodillo, un giróscopo, un sistema de navegación inercial, y combinaciones de los mismos.
- 40 10. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho ordenador (102) está además programado para generar dichos marcadores de datos, y en donde dichos marcadores de datos comprenden un marcador de datos compuestos derivado de una pluralidad de marcadores de datos individuales.
11. El sistema de la reivindicación 10, en donde dicho ordenador (102) está programado para: generar dichos marcadores de datos individuales; normalizar dichos marcadores de datos individuales; y generar dicho marcador de datos compuestos calculando una media cuadrática de dichos marcadores de datos individuales normalizados.
- 45 12. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde cada una de dichas características físicas de dicho horno se selecciona del siguiente grupo: un codo; una superficie elevada externa; tubos de cruzamiento; un

pozo térmico; una soldadura; una brida; un cambio de programa; un cambio de diámetro; y combinaciones de los mismos.

- 5 13. Un método informatizado para la visualización de datos de inspección recogidos por una herramienta (30) de inspección de un horno con una geometría física especificada, en donde dicho horno comprende una pluralidad de segmentos (10) de tubo interconectados por una pluralidad de codos (20) de manera que permiten el apilamiento de dichos segmentos (10) de tubo y dichos datos de inspección comprenden una pluralidad de lecturas de radio interior y/o grosor de pared, dicho método que comprende:
- generar marcadores de datos basándose en un análisis de los datos de inspección recogidos del horno, cada uno de cuyos marcadores de datos identifica una ubicación de una característica física de dicho horno;
- 10 dividir dichos datos de inspección en una pluralidad de marcadores de manera que correlaciona dichos datos de inspección con dicha geometría física de dicho horno;
- generar una visualización de dichos datos de inspección divididos dispuestos para representar dicha geometría física de una pluralidad de dichos segmentos (10) de tubo para por lo tanto permitir una detección visual de un área problemática que comprende uno o más de dichos segmentos (10) dentro de dicho horno; y
- 15 en donde dichos datos de inspección se recogen por uno o más transductores ultrasónicos.
14. El método de la reivindicación 13, en donde los datos de inspección se recogen adicionalmente mediante un perfilómetro láser.
15. El método de la reivindicación 13 o la reivindicación 14, en donde dicha visualización comprende una representación bidimensional de uno o más segmentos (10) de tubo de dicho horno.
- 20 16. El método de la reivindicación 15, en donde dicha visualización comprende una pluralidad de barras bidimensionales dispuestas una al lado de la otra, cada barra que muestra datos de inspección para un segmento de tubo único respectivo de dicha pluralidad de segmentos (10) de tubo.
17. El método de la reivindicación 13 o la reivindicación 14, en donde dicha visualización comprende una representación tridimensional de uno o más segmentos (10) de tubo de dicho horno.
- 25 18. El método de la reivindicación 17, en donde dicha visualización comprende una pluralidad de barras tridimensionales dispuestas una al lado de la otra, cada barra que muestra datos de inspección para un segmento de tubo único respectivo de dicha pluralidad de segmentos (10) de tubo.
19. El método de cualquiera de las reivindicaciones 13 a 18, que además comprende recibir una entrada de un analista de datos y generar dichos marcadores de datos basándose en dicha entrada de dicho análisis de datos.
- 30 20. El método de cualquiera de las reivindicaciones 13 a 18, que además comprende analizar dichos datos de inspección y generar dichos marcadores de datos basándose en dicho análisis de dichos datos de inspección.
21. El método de cualquiera de las reivindicaciones 13 a 20, en donde dichos datos de inspección comprenden una pluralidad de lecturas seleccionadas del siguiente grupo: lecturas de grosor de pared de dicho horno, lecturas de radio interior de dicho horno, y combinaciones de las mismas.
- 35 22. El método de las reivindicaciones 13 a 21, en donde dichos datos de inspección se recogen en intervalos de tiempo predeterminado dentro de dicho horno.
23. El método de la reivindicación 22, en donde dichos datos de inspección comprenden una pluralidad de dichas lecturas dentro de cada uno de dichos intervalos de tiempo.
- 40 24. El método de la reivindicación 23, en donde cada uno de dichos marcadores de datos se genera detectando un indicio de datos seleccionado del siguiente grupo: un aumento en la variación de dichas lecturas de grosor de pared dentro de uno de dichos intervalos de tiempo, una disminución en el número de lecturas de grosor de pared dentro de uno de dichos intervalos de tiempo, un aumento en la variación de dichas lecturas de radio interior dentro de uno de dichos intervalos de tiempo, una disminución en el número de lecturas de radio interior dentro de uno de dichos intervalos de tiempo, un cambio en el centrado de dicha herramienta (30) de inspección, y combinaciones de los mismos.
- 45 25. El método de las reivindicaciones 13 a 24, que además comprende analizar datos de sensor recogidos de dicho horno y generar dichos marcadores de datos basándose en dicho análisis de dichos datos de sensor.
- 50 26. El método de la reivindicación 25, en donde dichos datos de sensor comprenden una pluralidad de lecturas recogidas por uno o más sensores auxiliares seleccionados del siguiente grupo: un codificador axial, un acelerómetro, un codificador de rodillo, un giróscopo, un sistema de navegación inicial, y combinaciones de los mismos.

27. El método de cualquiera de las reivindicaciones 13 a 26, en donde cada uno de dichos marcadores de datos comprende un marcador de datos compuestos derivado de una pluralidad de marcadores de datos individuales.
28. El método de la reivindicación 27, que además comprende: generar dichos marcadores de datos individuales; normalizar dichos marcadores de datos individuales; y generar dicho marcador de datos compuestos calculando una media cuadrática de dichos marcadores de datos individuales normalizados.
- 5
29. El método de cualquiera de las reivindicaciones 13 a 28, en donde cada una de dichas características físicas de dicho horno es seleccionada del siguiente grupo: un codo; una superficie elevada externa; tubos de cruzamiento; un pozo térmico; una soldadura; una brida; un cambio de programa; un cambio de diámetro; y combinaciones de los mismos.
- 10
30. El método de la reivindicación 13, que además comprende la etapa de identificar dichos codos (20) de dicho horno con respecto a dichos datos de inspección; y en donde la etapa de dividir dichos datos de inspección comprende dividir dichos datos de inspección en dichos codos (20) de manera que correlacionan dichos datos de inspección con un segmento apropiado de dichos segmentos (10) de tubo de dicho horno.
- 15
31. Un medio legible por ordenador que tiene instrucciones ejecutables por ordenador, que cuando se ejecutan por un ordenador, hace que el ordenador realice un método para la visualización de datos de inspección de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13 a 30.

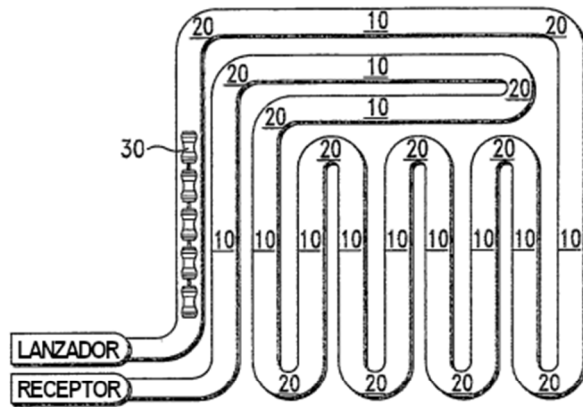


FIG. 1A

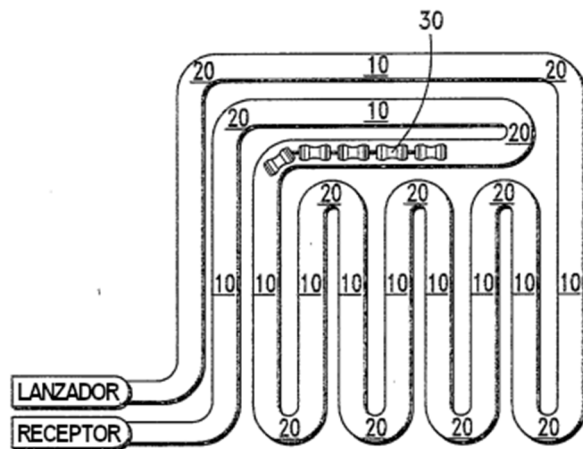


FIG. 1B

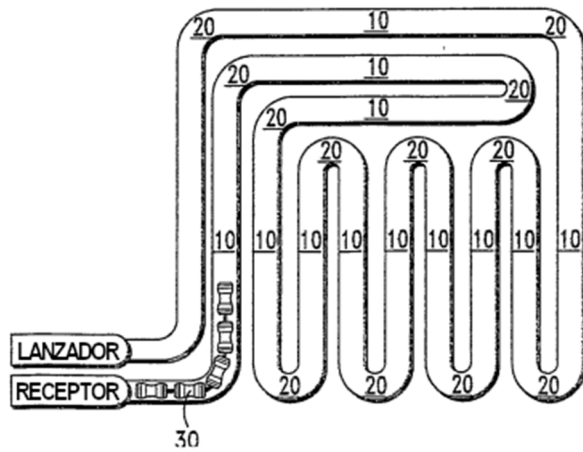


FIG. 1C

TÉCNICA ANTERIOR

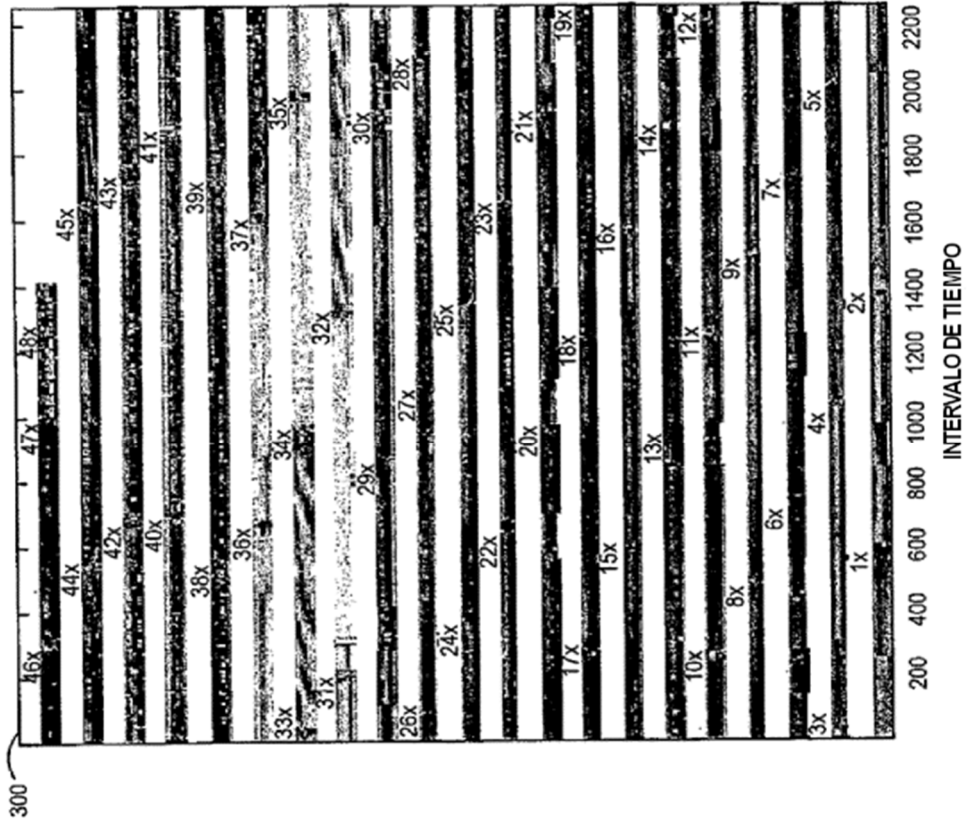
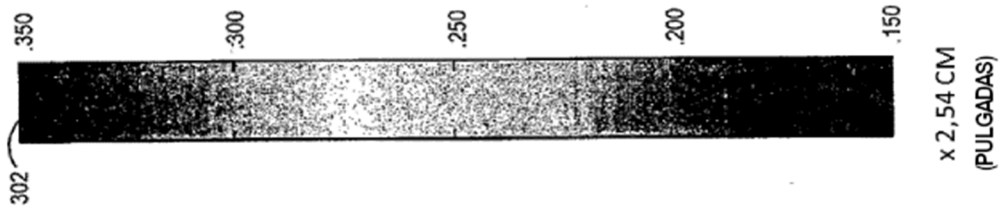


FIG. 3

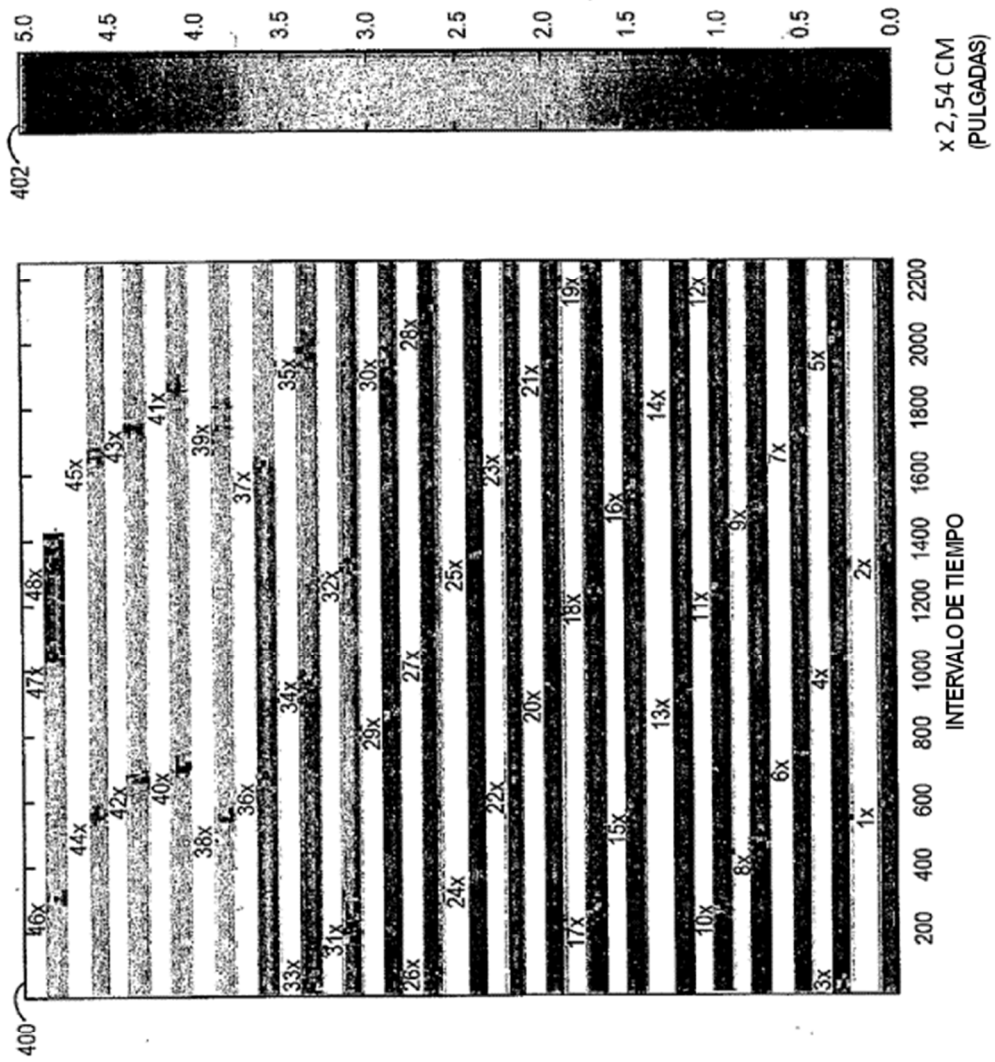


FIG. 4

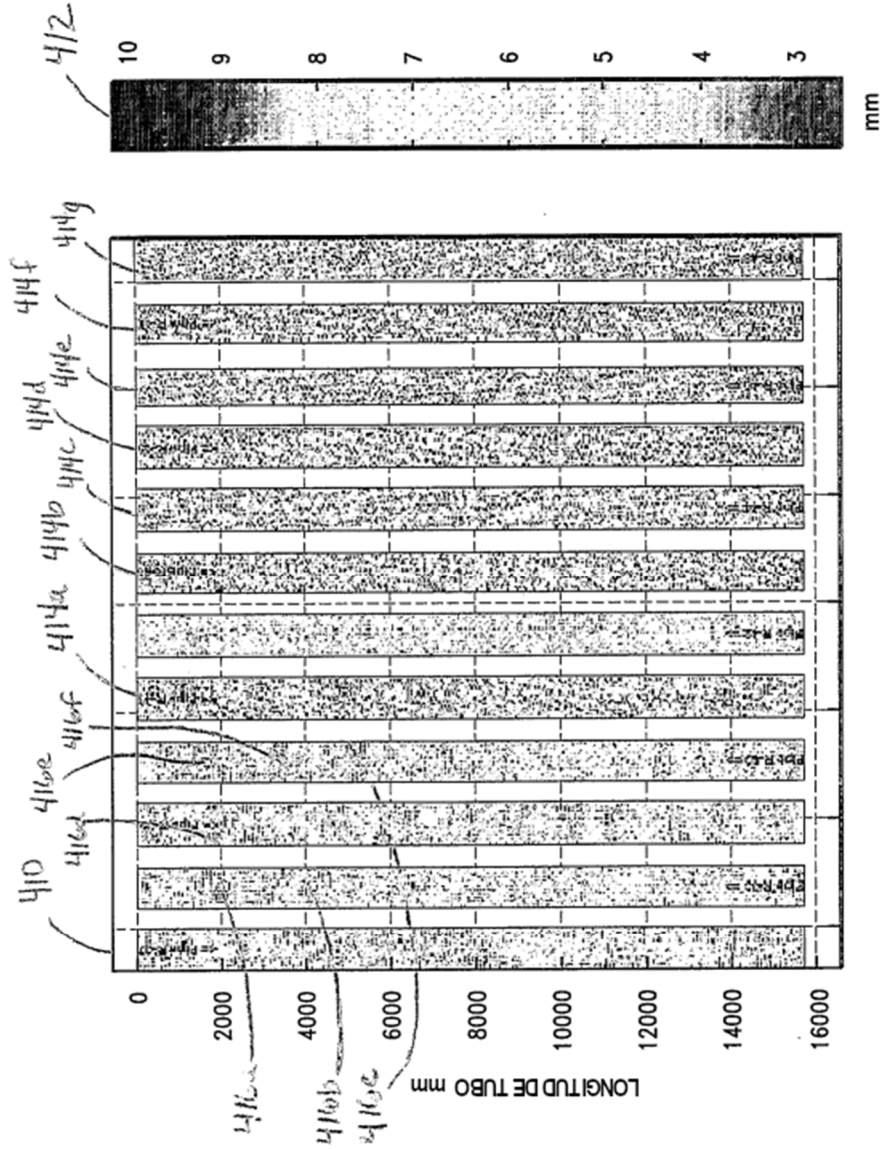


FIG. 5

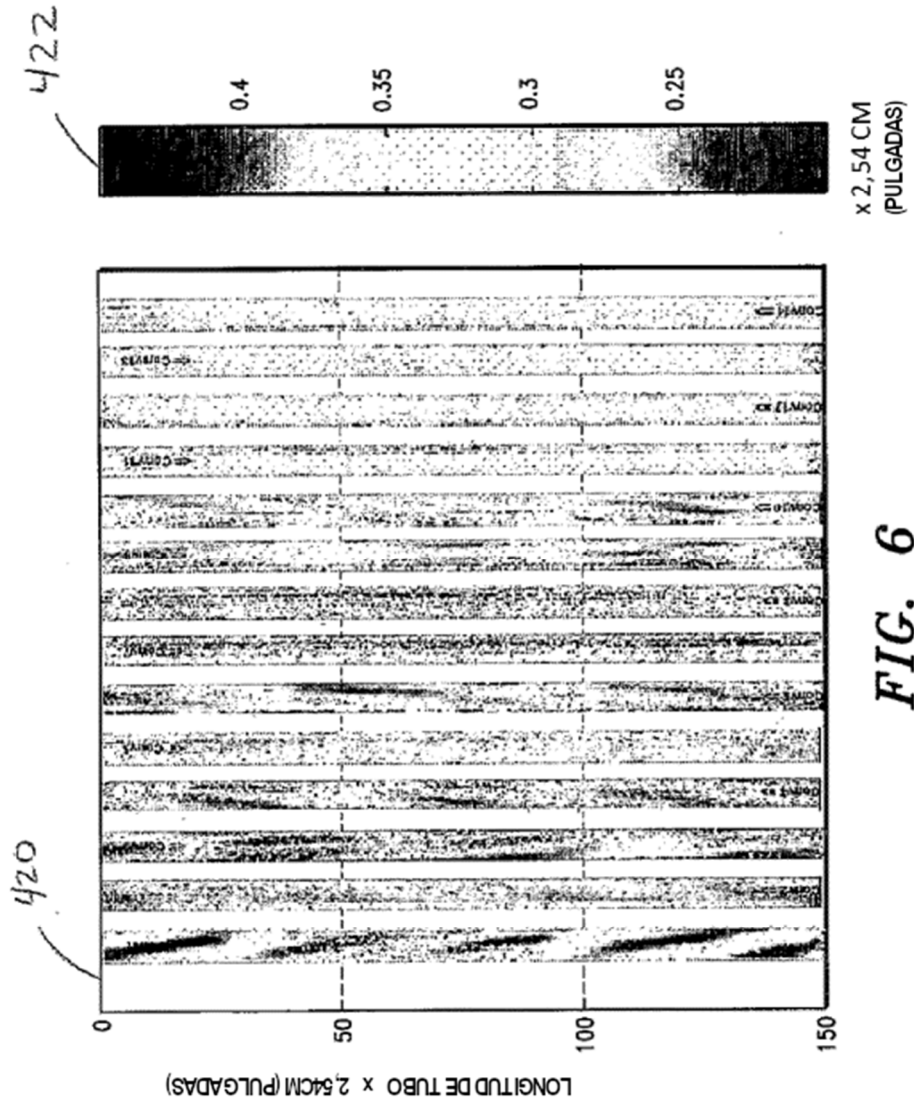


FIG. 6

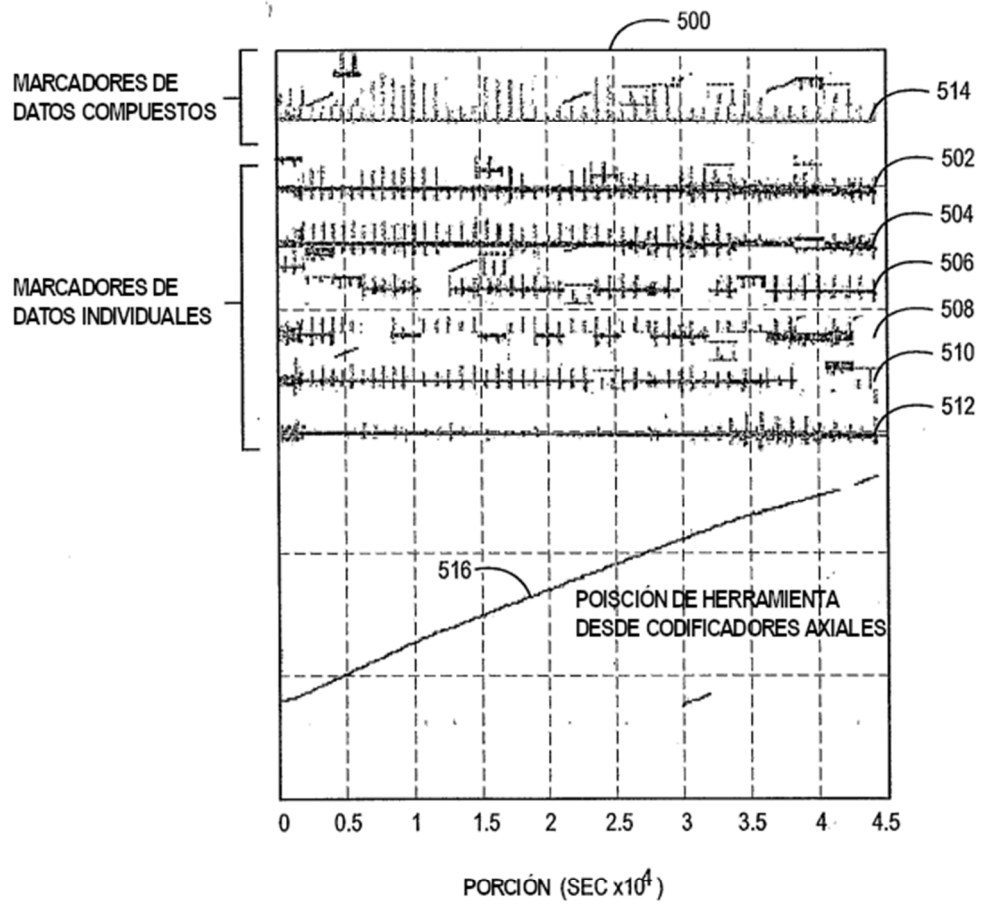


FIG. 7

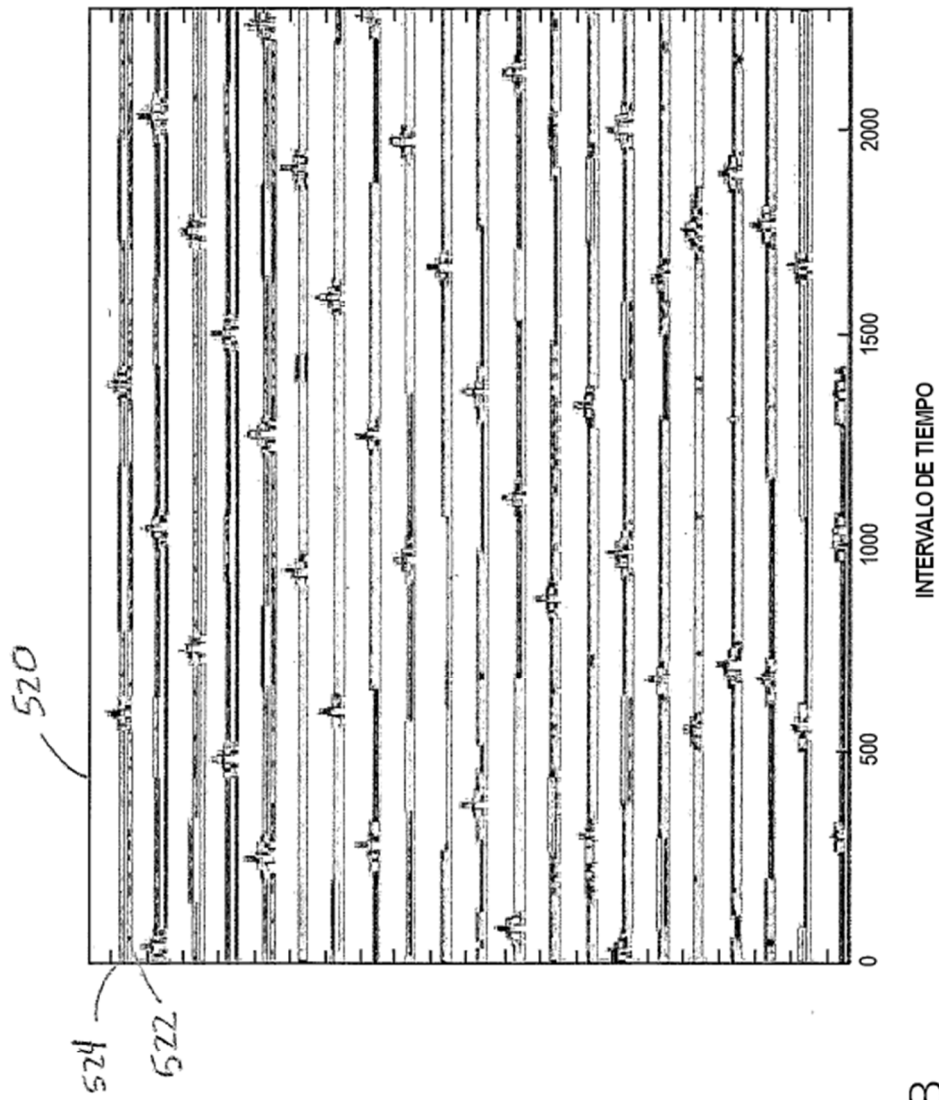


FIG. 8

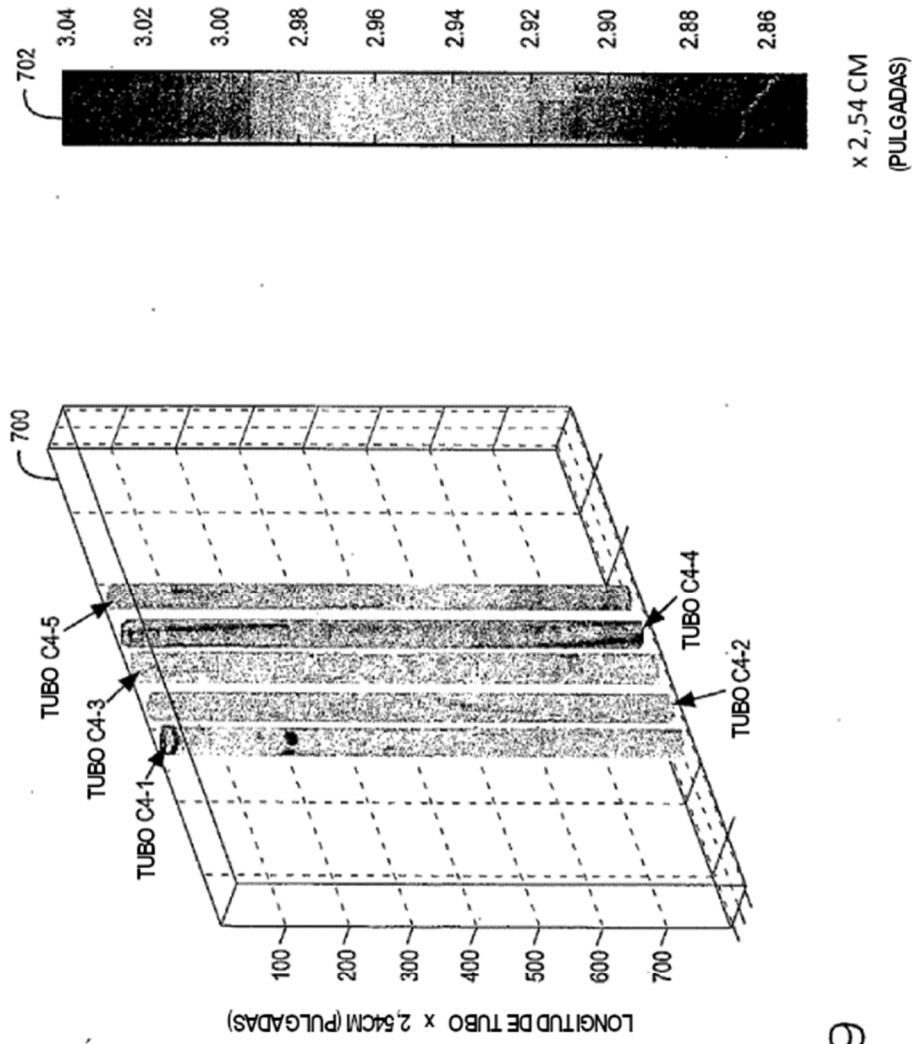


FIG. 9

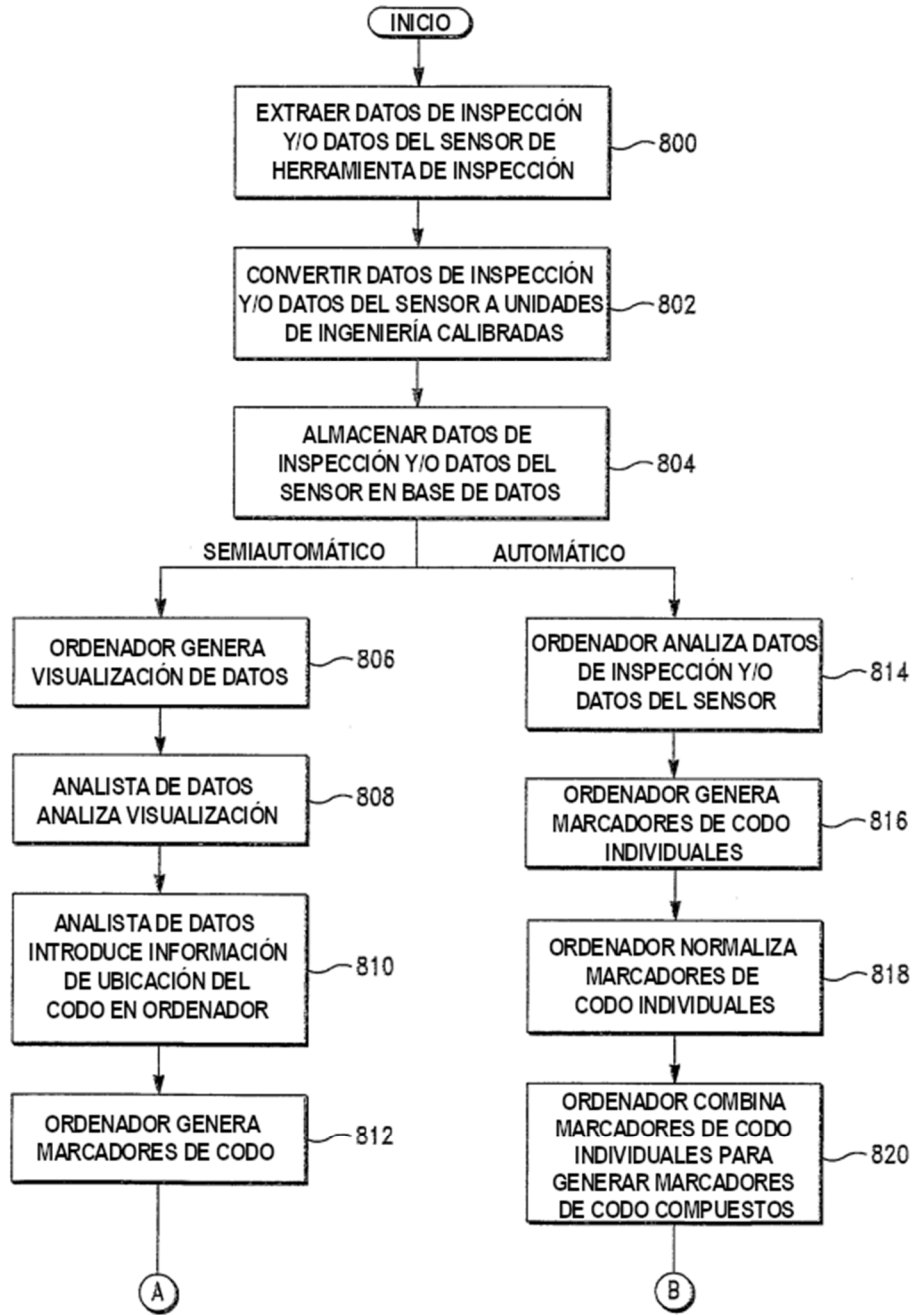


FIG. 10A

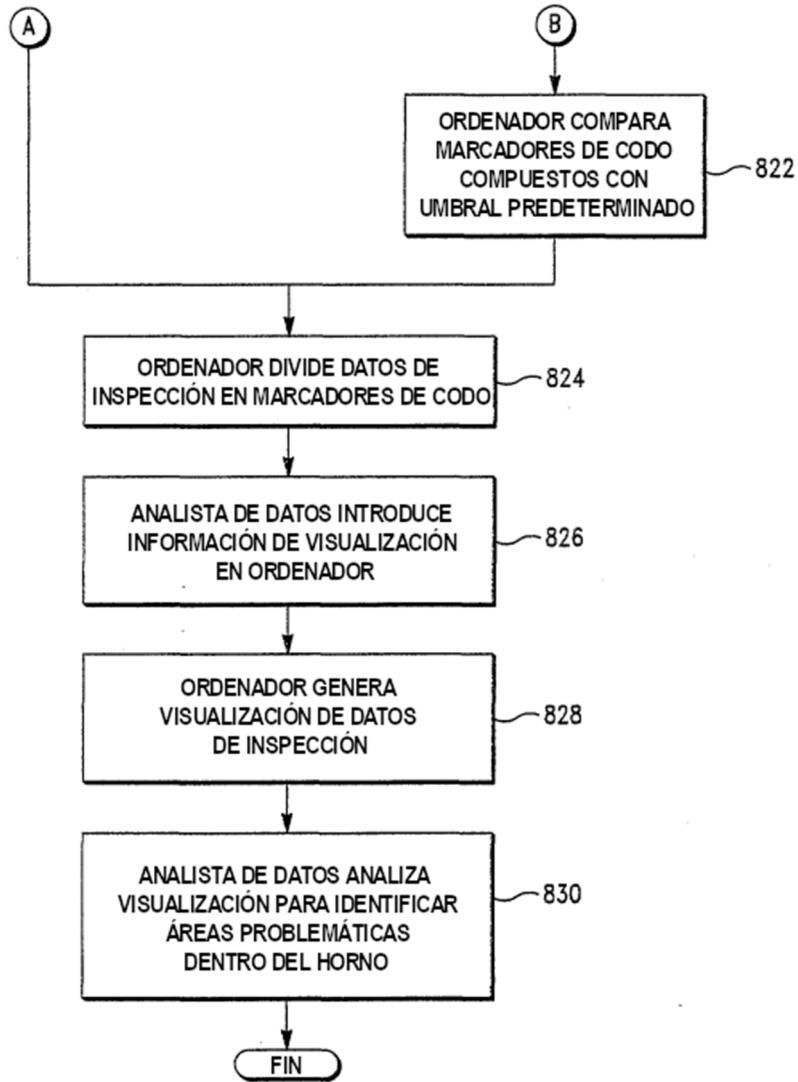


FIG. 10B