

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 472 941**

51 Int. Cl.:

G01N 23/18 (2006.01)

F16L 55/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.10.2010 E 10773135 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.03.2014 EP 2488856**

54 Título: **Aparato de inspección de rayos X para la inspección de soldaduras circunferenciales de tuberías**

30 Prioridad:

13.10.2009 GB 0917950

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

03.07.2014

73 Titular/es:

**SHAWCOR LTD. (100.0%)
25 Bethridge Road
Toronto, Ontario M9W 1M7, CA**

72 Inventor/es:

**KNIGHT, STEPHEN y
DRAKE, STEPHEN, G.**

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 472 941 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aparato de inspección de rayos X para la inspección de soldaduras circunferenciales de tuberías

5 Campo de la invención

[0001] Esta invención se refiere a un aparato de inspección de rayos X y a un procedimiento de inspección de soldaduras circunferenciales de tuberías.

10 Antecedentes de la invención

[0002] Es bien sabido en la técnica que las soldaduras circunferenciales de tuberías se inspeccionan normalmente con radiografías usando un vehículo oruga convencional dotado de rayos X junto con detectores que usan películas de rayos X o detectores radiográficos en tiempo real (RTR). Estos vehículos oruga se usan cuando el acceso puede llevarse a cabo fácilmente en un extremo abierto de una sección de tubería que está siendo soldada a otra sección de la tubería. El vehículo oruga con rayos X comprende una fuente de rayos X montada en un vehículo oruga o carretilla que puede conducirse hacia el extremo abierto de la tubería y que se desplazará a lo largo de la tubería hacia el área de la soldadura circunferencial. Un vehículo oruga de este tipo se conoce a partir del documento CN 1480 301.

20

Resumen de la invención

[0003] Realizaciones preferidas de la presente invención proporcionan una fuente de rayos X direccional, medios para introducir la fuente de rayos X direccional en una sección de tubería y para rotar la fuente de rayos X direccional 360 grados de manera sustancialmente coaxial con respecto a la sección de tubería, mediante lo cual la fuente de rayos X direccional dirige rayos X en la soldadura circunferencial de tubería desde una distancia sustancialmente constante alrededor de la soldadura, y un sistema detector RTR situado de manera externa a la soldadura de tubería.

[0004] El uso de una disposición de este tipo permite reducir el tiempo de ciclo de los sistemas de inspección de soldaduras RTR, particularmente en grandes tuberías con un diámetro de, por ejemplo, 60,96 cm (24 pulgadas) o más, ya que la fuente de rayos X está más cerca del detector RTR. La radiografía de tuberías con un diámetro más pequeño también puede beneficiarse con esta invención.

[0005] Usando esta técnica, los niveles de intensidad de rayos X en el sistema de detección RTR aumentan significativamente en comparación con una fuente de rayos X panorámica utilizada de manera convencional (por ejemplo, diez veces en una tubería con un diámetro de 1,22 m (48 pulgadas)), eliminándose los efectos de la inversa de los cuadrados o de la reducción de flujo en diámetros de tubería más grandes. La velocidad de exploración del detector RTR con un grosor de pared constante solo está relacionada con la circunferencia de la tubería. Esto permite inspeccionar rápidamente soldaduras circunferenciales de tuberías de gran diámetro con un único detector RTR que explora una soldadura en sincronización con una fuente de rayos X montada en un vehículo oruga adecuado dotado de rayos X.

Breve descripción de los dibujos

45

[0006] A continuación se describirá en detalle, a modo de ejemplo, una realización preferida de la invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

50 La figura 1 muestra una vista en sección transversal a través de una tubería en la que un aparato que representa la presente invención está posicionado con un sistema de detección de rayos X montado de manera externa a la tubería.

La figura 2 muestra una vista en perspectiva de la misma tubería.

55 La figura 3 muestra una vista de extremo dentro de la tubería con el cabezal del vehículo oruga en diferentes posiciones.

La figura 4 muestra la invención en una fábrica de tuberías o un depósito de tuberías, donde dos o tres longitudes de tubería se unen normalmente entre sí antes de transportarse a la tubería en construcción.

Descripción detallada de una realización preferida

- [0007]** El aparato comprende un chasis de vehículo oruga convencional (1), como se muestra en las figuras 1 y 2, del tipo usado en sistemas de la técnica anterior. Consiste en un cuerpo de chasis principal, accionamientos por motor/caja de engranajes 22 y ruedas motrices en la parte delantera y en la parte trasera, una caja de batería 24 para alimentar la fuente de rayos X y los motores. El vehículo oruga es controlado mediante un panel de control eléctrico que contiene un controlador de rayos X, un controlador de lógica programable (PLC), accionamientos por motor e interfaces.
- 10 **[0008]** La parte delantera del chasis difiere de los diseños convencionales en que incluye un punto de montaje robusto para un mecanismo giratorio desalineado. Este mecanismo, a modo de ejemplo, comprende un motor de engranajes giratorio (2) soportado en un bastidor robusto (3) fijado firmemente al chasis del vehículo oruga. El árbol del motor de engranajes está fijado a un elemento giratorio o disco (4).
- 15 **[0009]** El elemento giratorio (4) presenta una base de soporte montada de manera desalineada (30) que porta una fuente de rayos X (5). Esta base de soporte también porta un inclinómetro (6) y un detector de rayos gamma (7). Un dispositivo de ajuste de altura incorporado en el bastidor (3) permite mover la posición del elemento giratorio con respecto al eje de rotación del motor 2, alrededor del cual gira, moviendo de este modo la base de soporte 30 radialmente hacia dentro y hacia fuera en la tubería para permitir el ajuste de la posición de la fuente de rayos X con respecto a la pared interior de la tubería para diferentes diámetros de tubería y diferentes separadores de pared interna de tubería necesarios para conseguir los criterios deseados de prestaciones radiográficas.
- 20 **[0010]** El ciclo de inspección propuesto es el siguiente.
- 25 **[0011]** El vehículo oruga dotado de rayos X recibe la indicación de que avance a lo largo del interior de una tubería mediante un dispositivo de señalización gamma convencional (9), manejado de manera externa a la tubería o mediante otros medios tales como, pero sin estar limitados a, radio, ondas magnéticas o ultrasonidos.
- 30 **[0012]** Durante el avance del vehículo oruga hacia una soldadura que va a inspeccionarse, un inclinómetro (6) ajusta continuamente la orientación radial del tubo de rayos X, de manera que su ventana de salida de haz esté siempre orientada en la misma dirección. Por ejemplo, esto podría realizarse hacia la parte superior de la posición de la tubería. Esta técnica garantiza además que el detector de rayos gamma (7) esté en una posición adecuada, por ejemplo para que pueda detectar al dispositivo externo de señalización gamma (9).
- 35 **[0013]** A modo de ejemplo, la figura 1 muestra el dispositivo de señalización gamma (9) encima de la tubería. A medida que el vehículo oruga dotado de rayos X se aproxima al dispositivo de señalización gamma (9), el detector de rayos gamma (7) identifica las señales de pico de dos dispositivos de detección individuales y separados colocados en el interior del detector de rayos gamma 7 en la parte delantera y en la parte trasera de un alojamiento. Un controlador de lógica programable (PLC) usa estas señales para posicionar el vehículo oruga lenta y correctamente moviendo las ruedas motrices tanto en el sentido de avance como de retroceso para colocar ambos detectores de rayos gamma directamente bajo del haz emitido desde el dispositivo externo de señalización gamma (9). Esta posición se consigue cuando las señales en cada dispositivo de detección son idénticas. La posición del dispositivo de señalización gamma (9) seleccionada de esta manera sitúa el centro del haz de rayos X direccional en una posición que permite su penetración en la pared de la tubería en el centro de la soldadura cuando los detectores de rayos gamma está colocados de esta manera. Esto se produce debido a que los rayos gamma que atraviesan el material de la tubería, que debería ser sustancialmente estable en la transmisión de rayos gamma, y, por lo tanto, la intensidad de los rayos se desviarán de manera homogénea a cada lado del dispositivo 9, y el desplazamiento lateral del dispositivo de señalización gamma en relación con la fuente y el detector de rayos X será sustancialmente idéntico a su desplazamiento en relación con la soldadura que va a inspeccionarse.
- 40 **[0014]** Usando un procedimiento similar al usado en la inspección convencional de tuberías, el operario retira de la tubería el dispositivo de señalización gamma y activa una secuencia de generación de rayos X. El operario se aleja de la tubería hasta alcanzar una distancia de seguridad. Sin embargo, a diferencia de la inspección convencional, ahora tiene lugar la siguiente secuencia: la fuente de rayos X direccional (5) emite rayos X a una tensión, corriente y dirección de tiempo prefijadas después de un periodo de seguridad de preaviso. Cuando se detecta el flujo de rayos X, el sistema de detección RTR (10), que, por ejemplo, está montado en una banda de acero (11), se mueve alrededor de la tubería mediante un sistema de cremallera (12). Entra en un 'modo de búsqueda de centro de haz' para posicionar el detector directamente en la posición de un flujo máximo de rayos X moviéndose tanto en el sentido de las agujas del reloj como en el sentido contrario a las agujas del reloj alrededor de
- 45
- 50
- 55

la circunferencia de la tubería y muestreando la intensidad de los rayos X detectados. Una vez que las posiciones de borde de haz han sido detectadas cuando el flujo de rayos X detectado está por debajo de un nivel umbral, el detector se desplaza hacia una posición de rotación sustancialmente a medio camino entre estos puntos. Debido al alto flujo de rayos X proporcionado por la fuente de rayos X direccional, esta operación solo tarda algunos segundos en completarse. Después de un tiempo prefijado desde el inicio de la generación de rayos X, tanto la fuente de rayos X (5) como el detector de rayos X en tiempo real (10) empiezan a girar conjuntamente a una velocidad de rotación fija predeterminada alrededor de la tubería. El detector muestrea los rayos X detectados en un pluralidad de puntos de muestreo alrededor de la soldadura. Éste es un diseño variable y depende de la fuente de rayos X, del dispositivo RTR y del diámetro de la tubería. Las figuras 3 a), b), c) y d) muestran el vehículo oruga con la fuente de rayos X en 10 diferentes posiciones de rotación.

[0015] Los datos muestreados a partir de la detección RTR pueden solaparse y, por lo tanto, pueden acumularse para reducir los efectos de ruido. Como alternativa, pueden no solaparse. Independientemente de lo que se elija, el resultado final es un perfil lineal de la penetración del flujo de rayos X a través de la soldadura con 15 posiciones alrededor de la soldadura.

[0016] La combinación del inclinómetro (6) para el posicionamiento giratorio del tubo de rayos X, la metodología de detección de rayos gamma (7 y 8) y el modo de búsqueda de haces de detector RTR garantiza que tanto la fuente de rayos X como el detector RTR estén alineados de manera precisa para iniciar de manera 20 sincronizada la órbita de la soldadura de tubería.

[0017] Esta operación continúa hasta que la fuente de rayos X y el detector de rayos X hayan orbitado 360° alrededor de la soldadura de la tubería, más un pequeño solapamiento. Después, los rayos X dejan de emitirse automáticamente cuando se alcanza el tiempo de exposición prefijado. Después, el operario indica al vehículo oruga 25 (1), usando el dispositivo de señalización gamma (9), que se desplace hacia la siguiente soldadura de tubería usando el dispositivo de señalización gamma. En este punto, el detector RTR y el mecanismo de accionamiento pueden retirarse de la tubería. El proceso de inspección se repite en las siguientes soldaduras adicionales según sea necesario. Preferiblemente, la velocidad de rotación es proporcional al diámetro de la tubería.

[0018] Preferiblemente, el detector de rayos X puede basarse en una versión altamente personalizada de un producto existente usado en odontología y diseñado específicamente para rayos X panorámicos de alta velocidad y 30 baja dosis. Este producto comercial explora la mandíbula de un paciente a alta velocidad usando un dispositivo de carga acoplada (CCD) de múltiples líneas que puede convertir directa o indirectamente rayos X de baja energía en una señal electrónica.

[0019] A modo de ejemplo, un sistema disponible comercialmente está formado por un dispositivo CCD de 3072 x 128 elementos que cubre un ancho de 150 mm. La velocidad de exploración del mecanismo que orbita la mandíbula del paciente está relacionada con la tasa de transferencia de carga de línea a línea en el CCD, dando como resultado una única fila de señales de salida con una amplitud 128 mayor que la de una sola fila de detectores. 40 Este tipo de detector se denomina habitualmente dispositivo de 'integración por división de tiempo'.

[0020] Durante el uso, el CCD se desplaza alrededor de su arco de exploración en una dirección perpendicular a sus 128 filas de elementos CCD. Cada elemento tiene, por ejemplo, un diámetro de 50 micrones. La carga de los elementos en cada fila se lee en una primera exploración y se almacena en registros respectivos de 45 una pluralidad de registros, un registro por cada fila, incluyendo cada registro un elemento de almacenamiento para cada elemento CCD.

[0021] Después, el CCD avanza y una segunda exploración se realiza cuando ha avanzado una distancia sustancialmente idéntica a una fila de elementos CCD (en este caso, 50 micrones). La carga de los elementos en cada fila es leída en la segunda exploración. La carga se añade a la carga ya almacenada para la posición de fila respectiva en relación con el artículo que está explorándose. Es decir, en la primera exploración, la primera fila de elementos CCD tendrá su carga almacenada en un primer registro, la segunda fila en un segundo registro y así sucesivamente. En la segunda exploración, la primera fila de elementos CCD tendrá su carga almacenada en un nuevo registro. La segunda fila de elementos CCD tendrá su carga añadida a la carga del primer registro ya que está 50 detectándose ahora en la misma posición en la que estaba el primer registro en la primera exploración. Este proceso de recorrer los registros y añadir la carga en cada uno de ellos cada vez que los elementos CCD se desplazan una fila para una exploración adicional continúa hasta que la carga de la fila final de elementos CCD se haya escrito en el primer registro. Cuando esto se produce, los datos del primer registro pueden enviarse a un digitalizador y a un convertidor de comunicación serie. 55

[0022] Después de la siguiente exploración, el registro correspondiente a la segunda posición de la primera fila de los elementos CCD habrá terminado de acumular carga, pudiendo enviarse datos al digitalizador. Este proceso continúa para todo el objeto que está explorándose. Por tanto, para cada posición de la exploración, la carga de las 128 filas de elementos CCD se acumula en un único registro, para cada posición de la exploración, 5 produciéndose de este modo una señal en la que solamente las variaciones importantes estarán enmascaradas con ruido.

[0023] El sistema global usado por el detector descrito en esta realización usa los mismos principios que el producto dental comercial descrito anteriormente, pero ha sido adaptado para usarse en la inspección de 10 soldaduras. Sin embargo, otros sistemas de detección pueden usarse con realizaciones de la invención, como le resultará evidente a los expertos en la técnica.

[0024] El sistema propuesto presenta dos características novedosas adicionales para aumentar la seguridad de radiación y reducir las distancias requeridas de barreras de exclusión de personal. En primer lugar, el haz emitido 15 por la fuente de rayos X (5) es un haz en abanico altamente colimado 32 que cubre la ventana de entrada del detector RTR con un pequeño solapamiento. En segundo lugar, una pantalla de absorción de radiación (14) se acopla a la ventana del detector RTR para atenuar todo el haz primario procedente de la fuente de rayos X (5), de manera que solo los rayos X presentes en la superficie externa de la tubería presentan una radiación dispersada de menor nivel.

20 **[0025]** A modo de ejemplo, la figura 4 muestra otra aplicación de la invención en su uso en fábricas de tuberías que unen dos o tres tuberías entre sí, lo que se denomina habitualmente 'doble unión' y 'triple unión', respectivamente. La inspección radiográfica de estas soldaduras circunferenciales puede llevarse a cabo usando la invención en su totalidad o montando la sección giratoria de la invención, o una configuración similar, en un brazo de 25 soporte u otro dispositivo de soporte de carga, como se muestra en la figura 4. Este soporte o brazo (35) que porta las secciones giratorias puede introducirse entonces en una tubería y colocarse correctamente para la rotación de la fuente de rayos X a una distancia fija desde la superficie interna de la tubería usando, por ejemplo, una cruceta de soporte (33) y ruedas de soporte (34), y un sistema detector de rayos X similar situado externamente. El brazo de soporte u otro dispositivo de soporte de carga puede posicionarse manualmente o usando un sistema motorizado.

30

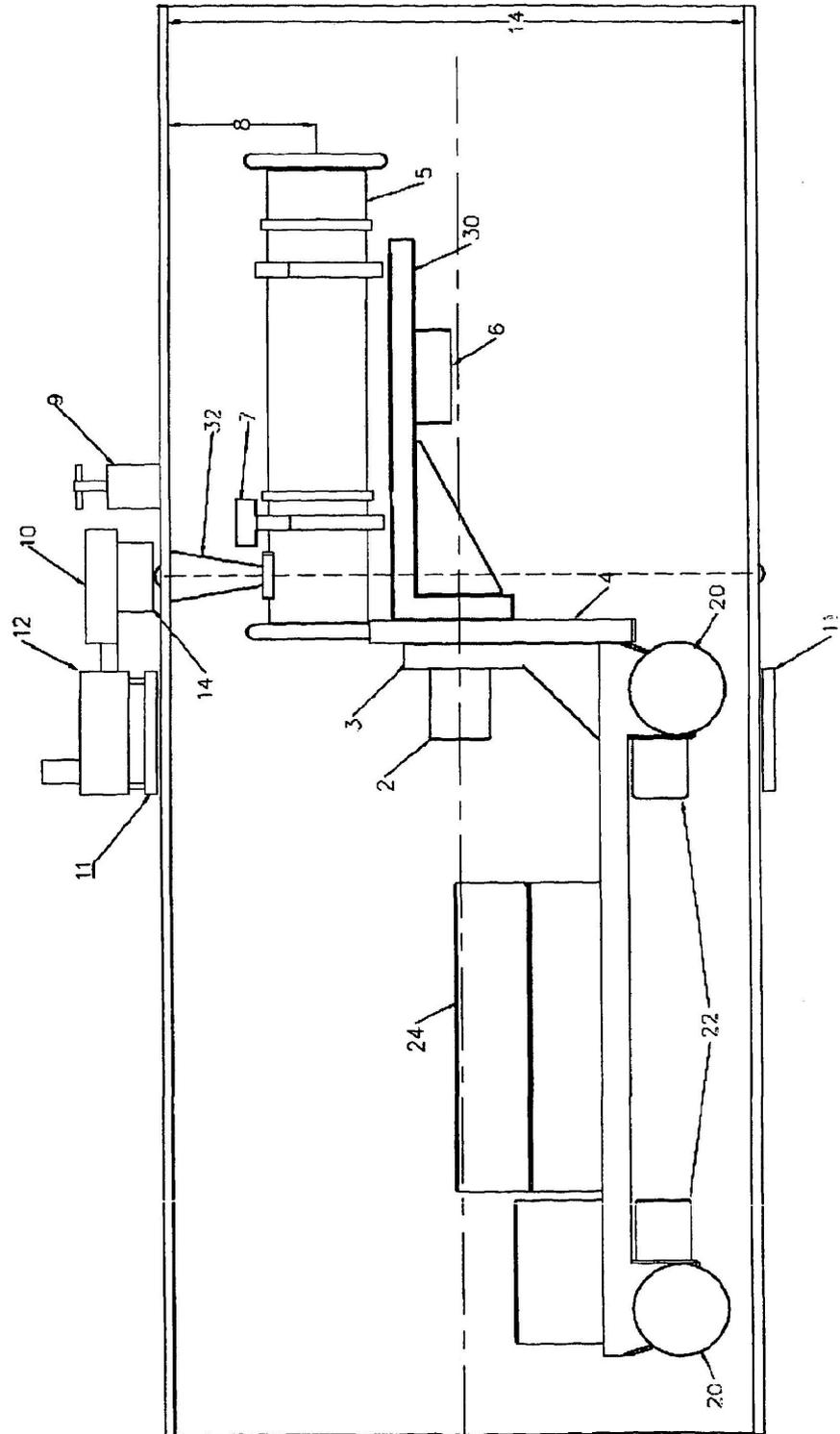
REIVINDICACIONES

1. Un aparato de inspección de rayos X para inspeccionar soldaduras circunferenciales de tubería en una tubería que presenta una pared de tubería y que comprende una primera sección de tubería y una segunda sección de tubería, donde la primera sección de tubería presenta un extremo abierto y está soldada a la segunda sección de tubería mediante una de dichas soldaduras circunferenciales de tubería, comprendiendo el aparato:
- a) una fuente de rayos X direccional (5), donde la fuente de rayos X direccional puede moverse radialmente dentro de la tubería hasta una distancia deseada desde la pared de tubería,
 - 10 b) medios para introducir (1) la fuente de rayos X direccional en el extremo abierto de la primera sección de tubería,
 - c) medios para alinear (6) una dirección de rotación de la fuente de rayos X (5),
 - d) medios para alinear la fuente de rayos X direccional con un detector externo de rayos X (10),
 - 15 e) medios para rotar la fuente de rayos X direccional (2, 4) y el detector externo de rayos X (11, 12) 360° de manera sustancialmente coaxial con respecto a la sección de tubería dentro de la cual la fuente de rayos X está posicionada y sustancialmente de manera sincronizada entre sí,
 - f) medios para muestrear (10) datos detectados por el detector de rayos X.
2. Un aparato de inspección de rayos X según la reivindicación 1, en el que la fuente de rayos X direccional puede rotar a dicha distancia deseada desde la pared de tubería.
3. Un aparato de inspección de rayos X según la reivindicación 1 ó 2, en el que los medios que alinean la fuente de rayos X con el detector de rayos X comprenden una fuente de rayos gamma (9) montada de manera externa a la tubería y un detector de rayos gamma (7) montado en la fuente de rayos X direccional.
- 25 4. Un aparato de inspección de rayos X según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que los medios que alinean la fuente de rayos X direccional (5) con el detector externo de rayos X (10) comprenden medios para rotar la fuente de rayos X direccional en el sentido de las agujas del reloj y en el sentido contrario a las agujas del reloj, medios para determinar cuándo la intensidad de los rayos X detectados por el detector de rayos X atraviesan un umbral en cada dirección, de manera que la posición de rotación de la fuente de rayos X puede posicionarse de manera sustancialmente equidistante a los dos umbrales.
- 30 5. Un aparato de inspección de rayos X según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que los medios para introducir la fuente de rayos X direccional en el extremo abierto de la primera sección de tubería comprenden un vehículo oruga (1) que se desplaza a lo largo del interior de la sección de tubería.
- 35 6. Un aparato de inspección de rayos X según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que los medios para introducir la fuente de rayos X en la sección de tubería comprenden un brazo de soporte de carga que puede introducirse en la sección de tubería.
- 40 7. Un aparato de inspección de rayos X según la reivindicación 6, en el que el brazo de soporte de carga está montado en una cruceta de soporte que se mueve dentro de la tubería sobre ruedas de soporte.
8. Un aparato de inspección de rayos X según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende además un elemento giratorio que presenta una base de soporte montada de manera desalineada (30), en el que la base de soporte puede moverse radialmente y en el que la fuente de rayos X direccional (5) está dispuesta sobre la base de soporte.
- 45 9. Un aparato de inspección de rayos X según la reivindicación 8, que comprende además un motor de engranajes giratorio (2) con un árbol de motor de engranajes, estando fijado el árbol de motor de engranajes al elemento giratorio (4).
- 50 10. Un aparato de inspección de rayos X según la reivindicación 5, en el que el vehículo oruga comprende un chasis (1) en el que está montado un mecanismo giratorio desalineado.
- 55 11. Un aparato de inspección de rayos X según la reivindicación 10, en el que el mecanismo giratorio desalineado comprende:
- (a) un motor de engranajes giratorio (2) que presenta un árbol de motor de engranajes;

- (b) un bastidor (3) fijado al chasis (2), donde el motor de engranajes giratorio está soportado en el bastidor;
- (c) un elemento giratorio (4) al que está fijado el árbol de motor de engranajes.

12. Un aparato de inspección de rayos X según la reivindicación 11, en el que el elemento giratorio
5 presenta una base de soporte montada de manera desalineada (3) sobre la que está soportada la fuente de rayos X.
13. Un aparato de inspección de rayos X según la reivindicación 12, en el que una posición del elemento
giratorio puede moverse con respecto a un eje de rotación del motor de engranajes giratorio para mover la base de
soporte montada de manera desalineada hacia dentro y hacia fuera.
- 10 14. Un aparato de inspección de rayos X según la reivindicación 13, que comprende además un
dispositivo de ajuste de altura para mover el elemento giratorio.
15. Un aparato de inspección de rayos X según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en el que
15 dichos medios que alinean la dirección de rotación de la fuente de rayos X comprenden un inclinómetro (6).
16. Un aparato de inspección de rayos X según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, en el que
dichos medios que alinean la dirección de rotación de la fuente de rayos X comprenden un inclinómetro (6), y en el
que el inclinómetro es portado por la base de soporte (3).
- 20 17. Un aparato de inspección de rayos X según la reivindicación 3, en el que la fuente de rayos gamma
está montada en una superficie externa de la pared de tubería, en el que el detector de rayos gamma (7) presenta
un alojamiento con una parte delantera y una parte trasera que están separadas axialmente entre sí, y en el que el
detector de rayos gamma comprende dos dispositivos de detección individuales y separados ubicados dentro del
25 detector de rayos gamma (7) en la parte delantera y la parte trasera del alojamiento.
18. Un aparato de inspección de rayos X según la reivindicación 17, en el que el detector de rayos gamma
está adaptado para identificar señales de pico procedentes de los dos dispositivos de detección.
- 30 19. Un aparato de inspección de rayos X según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, en el que
los medios para rotar el detector de rayos X externo comprenden una banda de acero (11) sobre una superficie
externa de la pared de tubería, y un sistema de cremallera (12) para accionar el detector de rayos X externo
alrededor de la superficie externa de la pared de tubería.
- 35 20. Un aparato de inspección de rayos X según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, en el que el
detector externo de rayos X comprende un dispositivo de carga acoplada (CCD) de múltiples líneas.
21. Un aparato de inspección de rayos X según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 20, en el que la
fuente de rayos X direccional está adaptada para emitir un haz en abanico colimado (32) y el detector externo de
40 rayos X presenta una ventana de entrada para recibir el haz en abanico colimado.
22. Un aparato de inspección de rayos X según la reivindicación 21, en el que una pantalla de absorción
de radiación (14) está acoplada a la ventana de entrada del detector externo de rayos X.

FIGURA 1



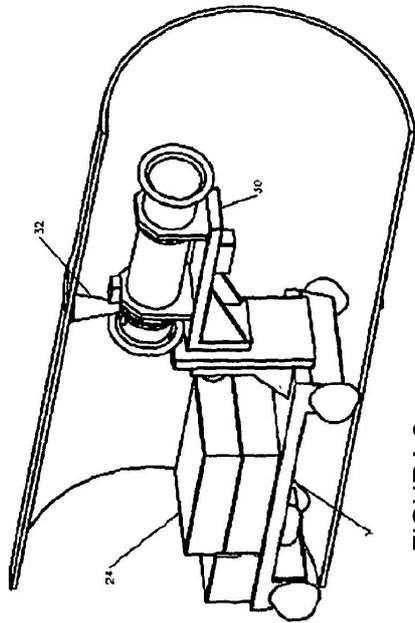
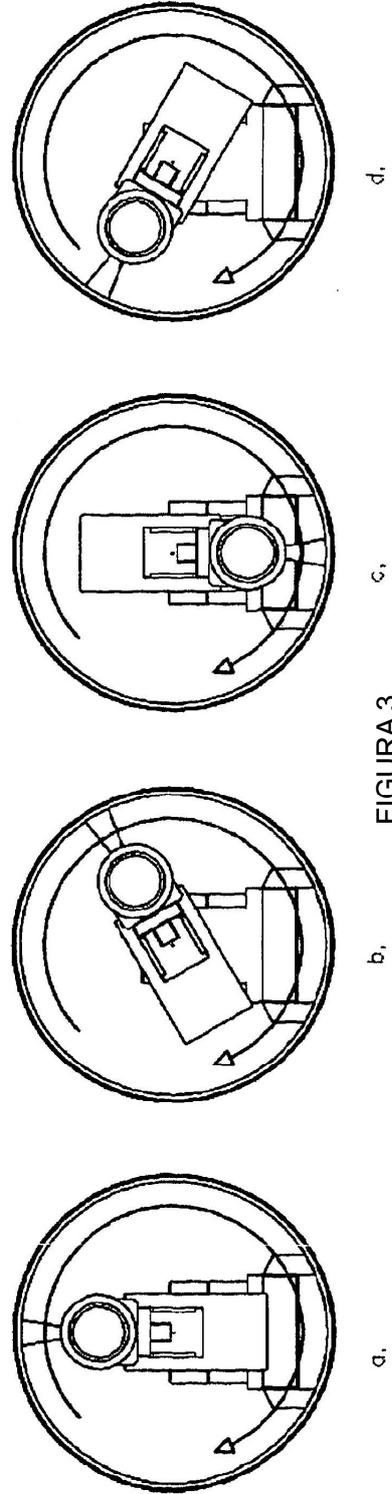


FIGURA 2



d,

c,

b,

a,

FIGURA 3

FIGURA 4

