

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 686 469**

51 Int. Cl.:

**A61N 5/10** (2006.01)

**A61B 90/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.12.2015** **E 15199304 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018** **EP 3031494**

54 Título: **Sistema de verificación de posición de braquiterapia**

30 Prioridad:

**10.12.2014 US 201414565807**

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

**18.10.2018**

73 Titular/es:

**NUCLETRON OPERATIONS B.V. (100.0%)  
Waardgelder 1  
3905 TH Veenendaal, NL**

72 Inventor/es:

**DE VRIES, FRITS y  
VAN APPELDOORN, ADRIAAN**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

**ES 2 686 469 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 de verificación de posición de braquiterapia

Campo técnico

5 Realizaciones de la presente divulgación se refieren a sistemas de verificación de posición, y más particularmente, a sistemas de braquiterapia para verificar el posicionamiento de un conducto que se configura para recibir una fuente de radioterapia una vez que el conducto está dentro de un paciente.

Información antecedente

10 La braquiterapia es un método para tratar el cáncer al colocar una o más fuentes de radioterapia en o por un área de tejido que requiere tratamiento. La administración directa y precisa de radiación en el área de tratamiento objetivo puede permitir que un clínico administre dosis más altas de radiación a la vez que disminuye el impacto sobre el tejido sano circundante

15 En un método de tratamiento de braquiterapia típico, antes de la administración del tratamiento, uno o más conductos, por ejemplo, un aplicador de braquiterapia, una aguja, un tubo o un catéter, se coloca dentro de un área de tratamiento objetivo. El conducto se conecta a una fuente de tratamiento y se suministra una fuente de radioterapia desde la fuente de tratamiento y a través del conducto al área de tratamiento. Los conductos se colocan dentro del paciente para administrar la fuente de radioterapia a ubicaciones de tratamiento predeterminadas y adecuadas. La fuente de tratamiento puede ser un dispositivo mecatrónico o computarizado (por ejemplo, un cargador posterior), o el tratamiento se puede administrar manualmente, y la fuente de radioterapia puede ser un pequeño dispositivo generador de rayos X, una fuente radiactiva de alta tasa de dosis, o una fuente radiactiva de baja tasa de dosis para uso con tiempos de permanencia más largos, más cortos o incluso permanentes dentro del paciente.

25 Para aumentar la efectividad de la braquiterapia, los clínicos intentan administrar una dosis óptima de fuente de radioterapia al tejido objetivo. Después del diagnóstico, el tratamiento de braquiterapia puede incluir múltiples etapas. Las imágenes de la anatomía del paciente y la anatomía de la enfermedad (por ejemplo, ubicación del tumor, tamaño, forma, densidad, orientación) se pueden analizar para determinar las regiones apropiadas para administrar el tratamiento. Durante una etapa de preparación y/o planificación del tratamiento, se puede determinar entonces la colocación, el posicionamiento y la orientación deseados de uno o más conductos para administrar el tratamiento a estas regiones de tratamiento objetivo. Adicionalmente, se pueden mapear una o más posiciones de permanencia (es decir, ubicaciones donde la fuente de radioterapia permanecerá durante un período de tiempo) dentro de cada conducto para lograr una distribución de dosis deseada. Durante estas etapas, los conductos, que pueden tomar la forma de un aplicador (por ejemplo, que tiene uno o más canales de conducto individuales), agujas, tubos o catéteres, se pueden insertar en un paciente, y las imágenes se pueden usar para confirmar la posición de los conductos. A continuación, durante una etapa de administración del tratamiento, se pueden suministrar una o más fuentes de radioterapia a los conductos, y el paciente se puede someter a un tratamiento de radiación.

35 El movimiento o la desalineación de uno o más conductos puede afectar la cantidad de tratamiento de radiación que se administra al tejido objetivo. La desalineación podría causar la administración del tratamiento en el área incorrecta o la administración de la dosis de tratamiento incorrecta en el área objetivo. Sin embargo, no existe a menudo una forma conveniente de verificar el posicionamiento de los conductos después de la etapa de preparación/planificación del tratamiento para confirmar que el tratamiento se administrará según lo planificado.

40 Por ejemplo, se puede insertar un aplicador en un paciente para la planificación del tratamiento, y se pueden usar imágenes médicas para evaluar el posicionamiento de los conductos. Con base en esta información, un proveedor de servicios de salud puede determinar la ubicación de las posiciones de permanencia. Los dispositivos de imagen y/o seguimiento y/o el software de procesamiento se pueden usar para ayudar con la planificación del tratamiento en función de la ubicación del aplicador dentro del cuerpo. Una vez que se completa la preparación y planificación del tratamiento, se puede trasladar al paciente a una sala diferente para la administración del tratamiento o de lo contrario se puede preparar para la administración del tratamiento. La sala de administración del tratamiento puede incluir blindaje para acomodar el uso de materiales radiactivos y puede no ser compatible con los dispositivos de imagen y seguimiento que se usan durante la planificación del tratamiento. Por consiguiente, el sistema de administración de tratamiento (por ejemplo, cargador posterior) puede determinar el posicionamiento de la fuente de radioterapia que se basa en mediciones indirectas, tales como las posiciones de permanencia predeterminadas, datos de imágenes guardadas, la longitud de los conductos, la distancia que la fuente se ha insertado en los conductos, y la conexión de tubos de transferencia a los conductos. Sin embargo, pueden ocurrir imprecisiones cuando se depende de mediciones secundarias. Por ejemplo, cualquier serpenteo, agrupamiento u holgura que se pueda crear cuando se alimenta al conducto un cable con una fuente o sensor, puede dar como resultado determinaciones imprecisas de qué tan lejos se ha insertado la fuente o el sensor y en qué parte del conducto se encuentra. Por lo tanto, después de la inserción

del conducto en el cuerpo para fines de planificación del tratamiento, el conducto se puede desplazar dentro del cuerpo, y los sistemas actuales pueden no ser capaces de determinar directamente el posicionamiento espacial del conducto. En consecuencia, los sistemas actuales pueden ser incapaces de verificar directa o exactamente la ubicación definitiva de la fuente de radioterapia cuando se administran al conducto. El desplazamiento del conducto después de la imagen durante la planificación o preparación del tratamiento puede pasar inadvertido, lo que da como resultado un tratamiento de radiación impreciso para el paciente.

Adicionalmente, puede ser difícil o imposible sincronizar los datos de posicionamiento en los diversos sistemas, lo que da como resultado posibles discrepancias o ineficiencias inadvertidas. Por ejemplo, los sistemas de administración de tratamiento, como los cargadores posteriores, pueden usar datos unidimensionales, como posiciones de permanencia, el número de conductos y/o la longitud de los conductos, para determinar el posicionamiento. El software de procesamiento/planificación de imagen puede usar datos de imagen para crear sus propias definiciones de posición. Los sistemas de seguimiento tridimensionales, como el seguimiento electromagnético, el seguimiento óptico y otros sistemas sensores de grados múltiples de libertad, pueden usar referencias y pueden determinar el posicionamiento en función de las medidas relativas y/o la calibración. Debido a que cada sistema mide la información de posición de manera diferente, puede ser difícil, si no imposible, fusionar o sincronizar estos datos.

Además, los métodos actuales de verificación de posición, incluidas las imágenes médicas (por ejemplo, radiografía, rayos X, IRM, ultrasonido), seguimiento electromagnético, detección de forma óptica o dosimetría in vivo pueden ser costosas, complejas, poco manejables, pueden perturbar el flujo de trabajo, o pueden causar daño o incomodidad al paciente. Además, estos dispositivos pueden no integrarse en el sistema de administración del tratamiento y, en consecuencia, su retroalimentación no se puede usar de manera fácil o segura para interrumpir o ajustar la administración del tratamiento si se detecta una inconsistencia a medida que se produce el tratamiento.

Adicionalmente, se pueden insertar múltiples catéteres o agujas en un paciente o un aplicador puede incluir múltiples canales de conducto. Cada conducto puede tener formas, longitudes, tamaños, etc. únicos, y cada conducto puede requerir que se conecte a un cargador posterior en una orientación específica para administrar la fuente de radioterapia a la ubicación de tratamiento objetivo de acuerdo con la planificación del tratamiento. El cambio involuntario de uno o más tubos de transferencia cuando se conectan los conductos al cargador posterior para la administración del tratamiento puede, por lo tanto, dar como resultado una administración errónea o imprecisa de radiación al paciente.

Por lo tanto, existe una necesidad de sistemas y métodos de verificación de posición de braquiterapia mejorados capaces de confirmar la colocación de conductos dentro del paciente, para detectar errores humanos en la conexión del tubo de transferencia, y/o para promover un posicionamiento de fuente de radioterapia preciso. También existe la necesidad de un sistema y método de verificación de posición útil y amigable para el paciente que sea eficaz, asequible, integrado en el flujo de trabajo y/o capaz de sincronizar datos entre una o más de los diversos planificación de tratamiento, administración de tratamiento, formación de imágenes, y/o dispositivos de seguimiento.

El documento US 2013/0072753 se refiere a la prevención de la actuación inadvertida de un dispositivo médico mientras todavía está dentro de un lumen de un dispositivo endoscópico. El dispositivo médico tiene un sistema de detección que ayuda a los operadores a determinar si el extremo distal del dispositivo médico se encuentra dentro del lumen o si se extiende fuera del mismo. El dispositivo médico es una fibra láser, litotriptor, efector terminal de cauterización u otro dispositivo energizado que se puede dañar a sí mismo o al dispositivo endoscópico si se activa en el momento equivocado.

El documento WO 2014/049477 se refiere a un dispositivo de tratamiento para colocar un dispositivo terapéutico en una parte del cuerpo de un ser vivo. El dispositivo de tratamiento comprende un cuerpo alargado, que comprende un canal y un elemento sensor de impedancia. El elemento sensor de impedancia es para detectar la presencia del dispositivo terapéutico en una posición específica dentro del canal.

#### Resumen

De acuerdo con la invención, se proporciona un sistema de verificación para su uso con un sistema de administración de tratamiento de braquiterapia como dice la reivindicación 1.

Realizaciones de la presente divulgación se dirigen a un sistema de verificación de posición.

De acuerdo con una realización, un sistema de verificación de localización de tratamiento para confirmar la posición de un conducto que se inserta dentro de un paciente puede incluir un elemento de control alargado que se dimensiona para su inserción dentro del conducto. El elemento de control tiene un extremo proximal y un extremo distal, y un elemento de verificación que se acopla a una región distal. El elemento de verificación se puede configurar para detectar la presencia de un marcador de referencia que se asocia con el conducto y transmitir una señal indicativa de la posición del marcador de referencia con respecto al elemento de verificación. El sistema puede incluir también un dispositivo de accionamiento que se acopla a una región proximal del elemento de control para controlar el movimiento

del elemento de control a través del conducto, un controlador que se configura para recibir y procesar la señal que se transmite mediante el elemento de verificación y un conductor de señal para transmitir la señal del elemento de verificación al controlador.

5 Varias realizaciones del sistema de verificación de la ubicación del tratamiento pueden incluir una o más de las siguientes características: se pueden incluir al menos uno del dispositivo de accionamiento y el controlador dentro de un cargador posterior; el elemento de verificación se puede configurar además para emitir una señal con el fin de detectar la presencia del marcador de referencia que se asocia con el conducto; el elemento de control puede incluir un cordón o un cable; el conductor de señal se puede configurar además para transmitir una señal desde el controlador al elemento de verificación; el dispositivo de accionamiento puede incluir un tambor alrededor del cual se envuelve al menos una porción del elemento de control; el sistema de verificación de posición puede incluir un transmisor electromagnético, y el elemento de verificación puede incluir al menos uno de una bobina, un diodo, un elemento óptico o un componente semiconductor; el conductor de señal se puede comunicar de forma inalámbrica con el elemento de verificación y el controlador; y el conductor de señal puede incluir una fibra óptica, y el elemento de verificación puede incluir al menos uno de un fotodetector, una cámara, un guía de ondas óptico, un desplazador de longitud de onda, un centelleador o una superficie reflectante.

De acuerdo con una realización adicional, un sistema de verificación para confirmar la posición de un conducto que se inserta dentro de un paciente comprende: un elemento de control alargado que se dimensiona para inserción dentro del conducto, en el que el elemento de control tiene un extremo proximal y un extremo distal; un elemento de verificación que se acopla a una región distal del elemento de control, en el que el elemento de verificación se configura para detectar la presencia de un marcador de referencia que se asocia con el conducto y comunicar una señal indicativa de la posición del marcador de referencia con respecto al elemento de verificación, y en el que el elemento de control se configura para maniobrar el elemento de verificación a lo largo de una longitud del conducto; un dispositivo de accionamiento que se acopla a una región proximal del elemento de control para controlar el movimiento del elemento de control a través del conducto; un controlador que se asocia con el elemento de verificación, en el que el controlador se configura para comunicarse con el elemento de verificación; y un conductor de señal para conducir la señal entre el elemento de verificación y el controlador.

El marcador de referencia se puede detectar además mediante al menos uno de un sistema de formación de imágenes, un sistema de administración de tratamiento o un sistema de seguimiento cuando el marcador de referencia se inserta dentro del paciente. El sistema de seguimiento puede ser un sistema de seguimiento electromagnético u óptico. El sistema de imágenes puede incluir al menos una de una radiografía, una radiografía, una resonancia magnética o un sistema de ultrasonido.

Se puede incluir el elemento de control como parte de un sistema de administración de tratamiento de braquiterapia. Se pueden incluir al menos uno de los dispositivos de accionamiento y el controlador dentro de un cargador posterior. El elemento de control puede incluir un cordón o un cable. El dispositivo de accionamiento puede incluir un tambor alrededor del cual se envuelve al menos una porción del elemento de control.

El elemento de verificación se puede configurar además para emitir una señal con el fin de detectar la presencia del marcador de referencia que se asocia con el conducto. El conductor de señal se puede configurar además para transmitir una señal desde el controlador al elemento de verificación. El conductor de señal puede ser una conexión inalámbrica entre el elemento de verificación y el controlador. El conductor de señal puede incluir una fibra óptica para conducir luz entre el elemento de verificación y el controlador y el elemento de verificación puede incluir al menos uno de un fotodetector, una cámara, una guía de onda óptica, un variador de longitud de onda, un centelleador o una superficie reflectante.

El sistema de verificación puede comprender además un transmisor electromagnético para generar un campo electromagnético, en el que el elemento de verificación incluye una bobina, y en el que el elemento de verificación se configura para detectar un cambio en el campo electromagnético generado que se correlaciona con la posición del marcador de referencia relativo al elemento de verificación. Alternativamente o además, el elemento de verificación puede incluir un diodo emisor de luz, el marcador de referencia puede incluir un material que tiene una propiedad reflectante diferente a una propiedad reflectante del conducto, y el elemento de verificación se puede configurar para detectar un cambio en el indicativo de propiedad reflectante del marcador de referencia.

En una realización de la presente divulgación, un sistema de verificación de posición de braquiterapia para confirmar la posición de un conducto que se inserta dentro de un paciente puede incluir un elemento de control alargado que tiene un extremo proximal y un extremo distal y que se dimensiona para la inserción dentro del conducto, y un elemento de verificación que se acopla a una región distal del elemento de control. El elemento de verificación se puede configurar para detectar la presencia de un marcador de referencia que se asocia con el conducto y transmitir una señal indicativa de la posición del marcador de referencia con respecto al elemento de verificación. El elemento de control se puede configurar para maniobrar el elemento de verificación a lo largo de una longitud del conducto. El sistema puede incluir también un cargador posterior para administrar un tratamiento radiactivo al conducto. El cargador posterior puede incluir un dispositivo de accionamiento para controlar el movimiento del elemento de control a través

del conducto y un controlador que se configura para comunicarse con la señal que se transmite mediante el elemento de verificación. El sistema puede incluir además un conductor de señal para transmitir la señal desde el elemento de verificación al controlador.

5 Varias realizaciones del sistema de verificación de posición de braquiterapia pueden incluir una o más de las siguientes características: se puede configurar el controlador para comunicarse con uno o más de un sistema de formación de imágenes, un sistema de planificación de tratamiento, un sistema de administración de tratamiento y un sistema de seguimiento; se puede configurar el controlador para integrar la señal que se transmite mediante el elemento de verificación con al menos uno de datos de formación de imágenes y datos de seguimiento electromagnéticos; el elemento de verificación puede incluir al menos uno de un componente semiconductor, un diodo, una bobina o un elemento óptico; se puede configurar el controlador para recibir la señal del elemento de verificación; se puede configurar el controlador para transmitir una señal al elemento de verificación; y el cargador posterior puede medir la distancia en la que el elemento de verificación se inserta en el conducto.

15 De acuerdo con una realización adicional, un sistema de verificación de braquiterapia para confirmar la posición de un conducto que se inserta dentro de un paciente comprende: un elemento de control alargado que se dimensiona para su inserción dentro del conducto, en el que el elemento de control tiene un extremo proximal y un extremo distal; un elemento de verificación que se acopla a una región distal del elemento de control, en el que el elemento de verificación se configura para detectar la presencia de un marcador de referencia que se asocia con el conducto y transmitir una señal indicativa de la posición del marcador de referencia con respecto al elemento de verificación, y en el que el elemento de control se configura para maniobrar el elemento de verificación a lo largo de una longitud del conducto; un cargador posterior para transferir una fuente de radioterapia dentro del conducto, en el que el cargador posterior incluye un dispositivo de accionamiento para controlar el movimiento del elemento de control a través del conducto, y un controlador que se configura para comunicarse con el elemento de verificación; y un conductor de señal para conducir la señal entre el elemento de verificación y el controlador.

25 Se puede configurar el controlador para comunicarse con uno o más de un sistema de imágenes, un sistema de planificación de tratamiento, un sistema de administración de tratamiento y un sistema de seguimiento. Se puede configurar el controlador para integrar la señal que se transmite mediante el elemento de verificación con al menos uno de los datos de formación de imágenes y datos de seguimiento electromagnéticos.

30 El elemento de verificación puede incluir un elemento óptico, en el que el marcador de referencia tiene una propiedad óptica que es diferente de una propiedad óptica del conducto, y se puede configurar el elemento de verificación para detectar la propiedad óptica del marcador de referencia para que el sistema pueda determinar la proximidad del elemento de verificación al marcador de referencia. Alternativamente o además, el elemento de verificación puede incluir un elemento electrónico o una bobina, y el elemento de verificación se puede configurar para detectar un cambio en una propiedad electromagnética del marcador de referencia para que el sistema determine la proximidad del elemento de verificación al marcador de referencia.

35 En otra realización de la presente divulgación, un método para confirmar la posición de un conducto que se inserta previamente en un paciente puede incluir insertar un elemento de verificación dentro del conducto, mover el elemento de verificación distalmente a lo largo de un conducto y detectar una señal usando el elemento de verificación, en el que la señal es indicativa de la presencia de un marcador de referencia que se asocia con el conducto. El método puede incluir además transmitir la señal desde el elemento de verificación a un controlador y procesar la señal para determinar una posición del marcador de referencia con respecto al elemento de verificación. El conducto se inserta previamente en el paciente, de modo que la inserción del conducto en el paciente no forma parte del método.

45 Varias realizaciones del método pueden incluir una o más de las siguientes características: el método puede incluir además transmitir datos con respecto a la posición del marcador de referencia a al menos uno de un sistema de formación de imágenes, un sistema de planificación de tratamiento, un sistema de administración de tratamiento y un sistema de seguimiento; el procesamiento de la señal puede incluir la sincronización de al menos uno de los datos de formación de imágenes y datos de seguimiento electromagnéticos con la señal que se transmite mediante el elemento de verificación; la detección, la transmisión y el procesamiento se pueden repetir a medida que el elemento de verificación se mueve distalmente a lo largo de la longitud del conducto; procesar la señal puede incluir determinar si la posición del marcador de referencia con respecto al elemento de verificación está dentro de un umbral de distancia predeterminado que se espera; el método puede incluir además generar una señal de error si la posición del marcador de referencia con respecto al elemento de verificación está fuera del umbral de distancia predeterminado que se espera; y el método puede incluir además ajustar automáticamente la administración de un tratamiento si la posición del marcador de referencia con respecto al elemento de verificación está fuera del umbral de distancia predeterminado que se espera.

55 Objetos y ventajas adicionales de las realizaciones se expondrán en parte en la descripción que sigue, y en parte serán obvios a partir de la descripción, o se pueden aprender mediante la práctica de las realizaciones. Los objetos y las ventajas de las realizaciones se realizarán y se alcanzarán por medio de los elementos y combinaciones que se señalan particularmente en las reivindicaciones adjuntas.

Se debe entender que tanto la descripción general anterior como la siguiente descripción detallada son de ejemplo y explicativas solamente y no son restrictivas de las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

- 5 Los dibujos adjuntos, que se incorporan y constituyen una parte de esta especificación, ilustran las realizaciones que se divulgan, y junto con la descripción, sirven para explicar los principios de las realizaciones que se divulgan. En los dibujos:
- La Figura 1 ilustra un flujo de trabajo de tratamiento de ejemplo, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
- 10 La Figura 2 ilustra una vista en perspectiva de marcadores de referencia de ejemplo, de acuerdo con las realizaciones de la presente divulgación;
- La Figura 3A ilustra una vista en perspectiva de un aplicador de braquiterapia de ejemplo, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
- La Figura 3B representa una vista en sección transversal del aplicador de braquiterapia de ejemplo de la Figura 3A, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
- 15 La Figura 4 representa una vista esquemática del posicionamiento de ejemplo de conducto, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
- La Figura 5A representa una vista esquemática de componentes de ejemplo de un sistema de verificación de posición, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
- 20 La Figura 5B ilustra una vista esquemática de componentes de ejemplo adicionales del sistema de verificación de posición de la Figura 5A, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
- La Figura 6 ilustra una vista esquemática de los componentes de un sistema de verificación de posición que se integra en el cargador posterior, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
- La Figura 7A representa una vista esquemática del posicionamiento de conductos y marcadores de referencia, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
- 25 La Figura 7B representa gráficamente las señales que se detectan con base en las ubicaciones del marcador de referencia que se representan en la Figura 7A, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
- La Figura 8 representa una vista esquemática de un sistema de verificación de posición óptica de ejemplo de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
- 30 La Figura 9A ilustra una vista esquemática de un sistema de verificación de posición electromagnética, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
- La Figura 9B ilustra una vista esquemática de un sistema de verificación de posición electromagnética con un elemento de verificación activo, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
- La Figura 9C ilustra una vista esquemática de un sistema de verificación de posición electromagnética con un elemento de verificación pasivo, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
- 35 La Figura 10 representa una vista esquemática de un sistema de verificación de posición electromagnética, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
- La Figura 11A representa una vista esquemática del posicionamiento de los conductos con respecto a un área de tratamiento objetivo, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
- 40 La Figura 11B representa gráficamente las señales que se detectan con base en la ubicación del área de tratamiento objetivo que se representa en la Figura 11A, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
- La Figura 12A representa una vista esquemática de los conductos de posicionamiento con respecto a un marcador que se ubica en un área de tratamiento objetivo, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
- La Figura 12B representa gráficamente señales que se detectan con base en la ubicación del marcador que se representa en la Figura 12A, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
- 45 La Figura 13 representa un diagrama de bloques que muestra una interfaz de ejemplo de flujo de trabajo, de acuerdo con una realización adicional de la presente divulgación;

La Figura 14 representa un diagrama de bloques que muestra una interfaz de ejemplo de flujo de trabajo, de acuerdo con una realización adicional de la presente divulgación; y

La Figura 15 representa un diagrama de bloques que muestra una interfaz de ejemplo de flujo de trabajo, de acuerdo con una realización adicional de la presente divulgación.

## 5 Descripción detallada

Se hará ahora referencia en detalle a las realizaciones de ejemplo de la presente divulgación que se describe a continuación y se ilustra en los dibujos adjuntos. Siempre que sea posible, se usarán los mismos números de referencia en todos los dibujos para referirse a partes iguales o similares. Para los fines de esta divulgación, "proximal" se refiere a un extremo más cercano a la fuente de tratamiento (por ejemplo, cargador posterior), y "distal" se refiere a un extremo adicional de la fuente de tratamiento. "Fuente de radioterapia" se refiere a una fuente radiactiva o de rayos X y abarca ambas fuentes que se usan con fines terapéuticos y no terapéuticos. "Comunicación" se puede referir a recibir señales, transmitir señales, o recibir y transmitir señales. Además, el término "conducto" se puede referir a un catéter, aguja, tubo, aplicador, canal de aplicación o cualquier vía de administración adecuada para una fuente de radioterapia.

Si bien la presente divulgación que se describe en este documento con referencia a realizaciones ilustrativas para aplicaciones particulares, tales como sistemas de verificación de posición de braquiterapia para su uso con un cargador posterior, se debe entender que las realizaciones que se describen en este documento no se limitan a esto. Aquellos con habilidades ordinarias en la técnica y el acceso a las enseñanzas que se proporcionan en este documento reconocerán modificaciones, aplicaciones, realizaciones y sustitución de equivalentes adicionales que caigan dentro del alcance de las realizaciones que se divulgan. Por ejemplo, se pueden usar los principios que se describen en este documento con cualquier conducto adecuado (por ejemplo, para su uso con agujas de inyección, agujas de biopsia, catéteres, aplicadores) para cualquier tratamiento o propósito de diagnóstico adecuado (por ejemplo, braquiterapia, biopsias o administración de fármacos), para cualquier parte adecuada de la anatomía humana (por ejemplo, cavidades internas del cuerpo o regiones superficiales), y con administración manual o automática (por ejemplo, con o sin la asistencia de un dispositivo mecatrónico como un cargador posterior). Por consiguiente, las realizaciones que se divulgan no se deben considerar limitadas por las descripciones anteriores o siguientes.

Antes de proporcionar una descripción detallada, se proporciona el siguiente resumen para describir en general las realizaciones contempladas. En una realización, un sistema de verificación de posición puede incluir un conducto que tiene uno o más marcadores de referencia que se sitúan a lo largo de la longitud del conducto. Los conductos de ejemplo incluyen un tubo de transferencia, un catéter, una aguja, un tubo o un aplicador, o un canal, catéter, tubo o aguja dentro de un aplicador. Como se muestra en la Figura 1, el tratamiento de braquiterapia puede incluir la preparación, control y ejecución del tratamiento (por ejemplo, una o más de inserción del aplicador con o sin formación de imágenes, planificación del tratamiento, administración del tratamiento, con o sin verificación del tratamiento). Durante la preparación del tratamiento, se puede colocar el conducto dentro de un paciente, y se pueden detectar los marcadores de referencia que se asocian con el conducto mediante un sistema de imágenes médicas, como la resonancia magnética (MRI), la tomografía (computarizada) (CT), radiografía (computarizada) (CR), rayos X, elastografía, termografía, fotoacústica, tomografía, angiografía, medicina nuclear y/o ecografía óptica, de espectroscopia por infrarrojo cercano, electromagnética. Los datos de detección del marcador de referencia se pueden transmitir a un procesador para su uso con el software de tratamiento de planificación y/o el software de administración de tratamiento. El software de tratamiento analiza estos datos de detección y determina la posición bidimensional o tridimensional del marcador de referencia (y, por lo tanto, del conducto) dentro del paciente.

Se puede realizar la planificación del tratamiento durante la etapa de control del tratamiento, y se pueden trazar la distribución precisa de la dosis y el posicionamiento de permanencia, con base en el posicionamiento de los conductos con respecto a la anatomía del paciente. Durante la ejecución del tratamiento, se puede administrar el tratamiento a través de los conductos, y la verificación del tratamiento puede ocurrir antes, durante y/o después de la administración del tratamiento. Aunque la realización de la Figura 1 muestra una división clara y lineal, se pueden reordenar o repetir los pasos como se desee; por ejemplo, el control y/o la ejecución del tratamiento pueden incluir también imágenes, y el control y/o la preparación del tratamiento pueden incluir también la verificación del tratamiento.

Una vez en su lugar, el elemento de verificación se pasa luego a uno o más conductos, por ejemplo, durante la etapa de control del tratamiento y/o ejecución del tratamiento. Se puede configurar el elemento de verificación para detectar los marcadores de referencia para determinar si el posicionamiento del conducto es correcto. La ruta del elemento de verificación a través del conducto puede simular la ruta que la fuente de radioterapia tomará a través del conducto, por lo que el uso del elemento de verificación para determinar el posicionamiento relativo a un marcador de referencia puede permitir que un proveedor de atención médica determine si la fuente de radioterapia se colocará correctamente. Las realizaciones de ejemplo de este sistema se describen con mayor detalle a continuación.

Como se muestra en la Figura 2, los conductos 1a-1g pueden incluir uno o más marcadores 2a-2g de referencia a lo largo de la longitud del conducto. Se pueden ubicar los marcadores 2a-2g de referencia en cualquier posición adecuada, por ejemplo, dentro de las paredes del conducto, en una superficie externa del conducto, en una superficie

interna del conducto, se pueden extender desde una superficie interna a una superficie externa del conducto, o cualquier combinación de los mismos. Se pueden ubicar los marcadores 2a-2g de referencia en cualquier ubicación del conducto, a lo largo de una pared lateral del conducto, o se pueden ubicar múltiples marcadores de referencia en una combinación de ubicaciones. Los marcadores de referencia pueden ser de cualquier tamaño, forma o combinación de tamaños y/o formas adecuados. Por ejemplo, un marcador de referencia se puede extender parcial o completamente alrededor de la circunferencia del conducto, ya sea continuamente (2a, 2d, 2g), o en un patrón discreto (2c, 2e). Múltiples marcadores de referencia se pueden espaciar irregularmente a lo largo de la longitud del conducto (2e), o se pueden espaciar regularmente, o se pueden ubicar en paredes laterales opuestas del conducto (2b, 2f) o a distancias que se establecen entre sí. Además, los marcadores de referencia se pueden incrustar dentro de, alinearse con, sobresalir de, o ahuecarse dentro de una pared lateral del conducto, o cualquier combinación de los mismos.

Los marcadores de referencia pueden incluir, por ejemplo, anillos, bobinas, imanes, marcadores biodegradables (por ejemplo, marcadores de polilactida detectables usando fluorescencia), patrones impresos, elementos de identificación por radiofrecuencia (RFID), aberturas en el conducto y/o áreas locales del conducto que tiene una configuración física diferente al resto del conducto (por ejemplo, un material local, geometría o rugosidad diferentes), o cualquier combinación de los mismos. Los marcadores de referencia de ejemplo pueden incluir, por ejemplo, un código impreso, tal como un código (2c', 2g) de barras, un anillo o bobina (2a) metálica, un patrón (2e) impreso radiopaco, o cualquier combinación adecuada de los mismos. Los marcadores de referencia se pueden formar de un material adecuado o combinación de materiales, que incluyen, por ejemplo, metal (por ejemplo, un metal conductor, magnético o ferromagnético), líquido, tinta, plástico, cerámica o vidrio. En realizaciones en las que el conducto se incluye en un aplicador, como se muestra en las Figuras 3A y 3B, porciones de un aplicador 4 pueden incluir uno o más marcadores 5 de referencia. Adicionalmente, uno o más conductos 6 de canal individuales dentro del aplicador 4 pueden incluir también uno o más marcadores 5' de referencia.

Se pueden ubicar uno o más marcadores de referencia en una ubicación predeterminada a lo largo del conducto. Por ejemplo, se puede alinear el posicionamiento de los marcadores de referencia con las posiciones de permanencia previstas de una fuente de radioterapia que se alimenta a través del conducto, o puede marcar incrementos de distancia a lo largo del conducto u otras ubicaciones predeterminadas del conducto, o puede servir simplemente como un punto de referencia. Por ejemplo, se puede alinear el marcador de referencia más grande en 2f con un área de interés, y se puede alinear el marcador de referencia más pequeño en 2f con una posición de permanencia prevista a lo largo de esa área objetivo. Los diferentes tamaños o disposiciones de marcadores de referencia pueden transmitir diferentes tipos de información y pueden funcionar mejor con diferentes tipos de elementos de verificación.

Además, los marcadores de referencia se pueden detectar mediante uno o más de un sistema de administración de tratamiento, sistema de planificación de tratamiento, sistema de seguimiento y/o sistema de formación de imágenes. Por ejemplo, un sistema de formación de imágenes puede detectar un anillo metálico, que se puede detectar también por medio de una bobina dentro del elemento de verificación de posición y usando un dispositivo de seguimiento electromagnético, así como componentes electrónicos que se incorporan en un sistema de administración de tratamiento. Por lo tanto, la detección de los marcadores de referencia en sus respectivas ubicaciones puede proporcionar una manera de sincronizar los diferentes datos de posicionamiento y puede facilitar la comunicación entre los diversos sistemas. Los sistemas pueden determinar, evaluar y/o ajustar también mediciones indirectas del posicionamiento del marcador de referencia y el conducto que se asocia dentro del paciente. Dicha coordinación y sincronización puede promover la precisión de la administración del tratamiento y/o la planificación del tratamiento.

Como se muestra en la Figura 4, múltiples conductos se pueden espaciar entre sí en ubicaciones conocidas. Uno o más conductos pueden incluir marcadores de referencia que se alinean o se colocan cerca de posibles posiciones de permanencia, mientras que uno o más conductos pueden incluir marcadores de referencia que actúan como referencia para la verificación de posicionamiento de conducto o de permanencia. En la realización de la Figura 4, los conductos 1b y 1c incluyen marcadores 2b y 2c de referencia de posición, respectivamente. El conducto 1a incluye el marcador 2a de referencia, que actúa como un punto de referencia para determinar el posicionamiento relativo de los marcadores 2b y 2c de referencia. Durante la inserción del conducto, los conductos 1a, 1b y 1c se colocan en o cerca de un área objetivo y se pueden colocar en ubicaciones predeterminadas entre sí. Se pueden detectar los marcadores de referencia de cada conducto mediante sistemas de administración, formación de imágenes y/o seguimiento del tratamiento. Por lo tanto, el sistema de imágenes puede determinar la posición mutua de los puntos de referencia, un cargador posterior puede colocar un cable y/o elemento de verificación relativo al punto de referencia para medir el posicionamiento, y un sistema de seguimiento (por ejemplo, seguimiento electromagnético) puede verificar la posición mutua de los conductos. Cualquier desviación de las distancias y/o datos relativos, ya sea dentro o entre cada sistema, puede indicar desplazamiento o movimiento de uno o más conductos. La detección de los marcadores de referencia puede proporcionar un punto de referencia constante con el que sincronizar los datos en todos los sistemas. Los sistemas se pueden separar entre sí, se pueden comunicar entre sí, o se pueden incorporar dentro de un único sistema, por ejemplo, un sistema de braquiterapia con capacidades de procesamiento.

En realizaciones en las que se usan múltiples conductos en el proceso de tratamiento, cada conducto puede tener tipos y/o posiciones de marcadores de referencia sustancialmente uniformes, o cada conducto puede tener diferentes tipos de marcadores de referencia y/o diferentes disposiciones de marcadores de referencia. Las diferencias en los

tipos y/o posiciones de marcadores de referencia pueden indicar información diferente, por ejemplo, diferentes posiciones de permanencia previstas y/o pueden ayudar a confirmar la identidad de cada conducto para promover la conexión adecuada de los conductos al sistema de braquiterapia. Por ejemplo, la posición o tipo de un primer marcador de referencia en un conducto puede identificar el conducto, mientras que la posición o el tipo de un segundo marcador de referencia se pueden usar para determinar la información de posición. Por ejemplo, un código de barras, anillos espaciados en un cierto patrón, o un marcador de referencia RFID puede identificar el conducto, mientras que un tipo diferente de marcador de referencia o diferente cantidad de espacio puede proporcionar información de posición. En el conducto 1c de la Figura 2, el código 2c' de barras puede identificar el conducto, y los marcadores 2c de referencia pueden proporcionar información de posición. En algunas realizaciones, cada conducto puede incluir un tipo de marcador de referencia que es diferente al tipo que se usa en otros conductos, y el tipo de marcador de referencia puede identificar el conducto, mientras que la ubicación del marcador de referencia se puede usar para proporcionar información de posicionamiento.

Se puede formar el conducto de cualquier material adecuado, incluyendo, por ejemplo, vidrio, plástico (con o sin cargas, por ejemplo, caucho de silicona líquida, polieteretercetona, polifenilsulfona, tereftalato de polietileno, policarbonato, polimida y/o polioximetileno), cerámica, metal (por ejemplo, acero inoxidable, titanio, nitinol, tungsteno) o aleaciones metálicas, material que se compone de fibras (por ejemplo, epoxi, carbono, polibenzoxazol), o cualquier combinación adecuada de materiales. Estos materiales pueden ser biocompatibles. El conducto puede ser rígido o flexible, o puede tener porciones rígidas y flexibles. Además, el conducto puede tener cualquier forma y tamaño de sección transversal adecuados, por ejemplo, forma de sección transversal circular, rectangular u ovalada, y puede variar en tamaño (por ejemplo, longitud o anchura) dependiendo de la cantidad que se desea, y/o velocidad de la dosificación para administrarse en un sitio de tratamiento. Además, una o más porciones del conducto pueden incluir un material de protección adecuado para reducir la exposición de tejidos u órganos sanos a la radiación. Por ejemplo, se puede incluir acero inoxidable, titanio o tungsteno, o aleaciones de los mismos, en porciones del conducto para mejorar el blindaje.

El conducto incluye una porción interna hueca que se dimensiona para recibir una fuente de radioterapia o un elemento de verificación. Después de que el conducto se coloca dentro de un paciente, el elemento de verificación se puede pasar a través de la porción interna hueca del conducto desde un extremo proximal a una región distal. Esto puede ocurrir durante, antes o después de la etapa de planificación del tratamiento, la etapa de administración del tratamiento, etc., o cualquier combinación de los mismos. Para guiar la inserción y la extracción, el elemento de verificación se puede integrar o acoplar a una región distal de un elemento de control alargado, por ejemplo, un cable, una fibra, una lámina, un tubo o un cordón, que se puede tirar y/o empujar proximalmente y distalmente para maniobrar el elemento de verificación dentro del conducto.

El elemento de verificación se puede configurar para detectar un marcador de referencia (o viceversa) y/o se puede configurar para transmitir una señal (por ejemplo, pulsos ópticos o de ultrasonido) a un sistema receptor, que luego puede determinar la posición del elemento de verificación. El elemento de verificación puede detectar o transmitir, por ejemplo, una señal óptica (por ejemplo, ultravioleta, infrarroja) eléctrica, electromagnética, magnética, de radiofrecuencia (RF), inductiva, conductora o capacitiva. El elemento de verificación puede ser pasivo (es decir, recibir señales) o activo (es decir, transmitir señales o transmitir y recibir señales). En algunas realizaciones en las que el elemento de verificación es pasivo, el marcador de referencia puede estar activo y puede incluir, por ejemplo, un diodo u otra señal activa. Por lo tanto, el elemento de verificación puede detectar un marcador de referencia a medida que se acerca a la ubicación del marcador de referencia, o se puede usar el elemento de verificación para transmitir una señal que se puede detectar por medio de un sistema receptor que se ubica dentro o fuera del paciente o dentro del aplicador. El elemento de verificación puede detectar proximidad al marcador de referencia y/o cuando el elemento de verificación ha alcanzado la ubicación del marcador de referencia.

Los elementos de verificación de ejemplo pueden incluir una o más cámaras, dispositivos RFID, bobinas, antenas, diodos, fibras ópticas, imanes, condensadores, sensores de pasillo, elementos piézo, fotodetectores (por ejemplo, fotodiodo, fotomultiplicador, dispositivo de carga acoplada), diodos emisores de luz, láseres, superficie reflectante, microelectrónica pequeña, sistema microelectromecánico (por ejemplo, dispositivo MEMS), componente semiconductor, pequeño circuito integrado electrónico (IC), o pequeño circuito integrado fotónico (PIC), o cualquier combinación adecuada de los mismos. Además, los elementos de verificación activa y/o los marcadores de referencia pueden incluir una fuente de electricidad, por ejemplo, una batería o una conexión por cable a una fuente eléctrica.

En la realización de la Figura 5A, un elemento 8 de verificación se ubica en una región distal de un cable 10. El elemento 8 de verificación se acopla eléctricamente a través de un conductor 12 de señal que se extiende a través del cable 10 a un sistema 14 de control que se acopla a un extremo proximal del cable 10. Como se muestra en la Figura 5B, el elemento 8 de verificación y el cable 10 se insertan en el conducto 1. Cuando el elemento 8 de verificación pasa un marcador 2 de referencia, el elemento 8 de verificación detecta la presencia del marcador 2 de referencia. El elemento 8 de verificación envía una señal dependiendo del marcador de referencia para controlar el sistema 14 a través del conductor 12 de señal. El conductor 12 de señal puede retransmitir también señales al elemento 8 de verificación. Además, el elemento 8 de verificación puede recibir energía del sistema 14 de control a través del conductor 12 de señal y/o el cable 10. Por ejemplo, un elemento 8 de verificación activo puede recibir energía del

- 5 sistema 14 de control para suministrar energía al elemento 8 de verificación y/o transmitir una señal, que se puede ver reflejada o alterada mediante el marcador 2 de referencia, y el elemento 8 de verificación puede detectar esta señal y transmitir la señal al sistema 14 de control. En algunas realizaciones, el elemento de verificación puede recibir energía y/o una señal del sistema 14 de control que luego le permite transmitir una señal que se puede detectar mediante un sistema separado. El sistema separado puede detectar y procesar entonces la señal del elemento de verificación para determinar la ubicación del elemento de verificación. Además, el sistema separado puede detectar una alteración en la señal que se causa mediante el marcador 2 de referencia, de modo que el sistema separado puede detectar la ubicación del marcador 2 de referencia y el elemento 8 de verificación.
- 10 Se pueden transmitir las señales entre el elemento 8 de verificación y el sistema 14 de control de forma continua, temporal o intermitente. Si las señales se transmiten de forma intermitente o temporal, la temporización se puede espaciar a intervalos regulares, o pueden ser irregulares, por ejemplo, aumentar en frecuencia a medida que el elemento de verificación se acerca al marcador 2 de referencia. En algunas realizaciones, el elemento 8 de verificación se puede acoplar eléctricamente al sistema 14 de control mediante una pluralidad de conductores 12 de señal. En otras realizaciones, el elemento 8 de verificación puede no conectarse a ningún conductor de señal y, en su lugar, puede transmitir información inalámbricamente al sistema 14 de control, o a un sistema separado. Ejemplos de realizaciones inalámbricas pueden incluir, por ejemplo, radiofrecuencia (RF), telemetría (por ejemplo, radiofrecuencia de campo lejano o telemetría inductiva), comunicación de campo cercano, campo magnético, Bluetooth, Zigbee y/o tecnología de infrarrojos (IR).
- 15 El sistema 14 de control puede incluir un procesador 25 que interpreta señales que se reciben y transmiten mediante el elemento 8 de verificación. Al usar al menos las señales, el procesador 25 puede determinar el posicionamiento espacial del elemento 8 de verificación con respecto al marcador 2 de referencia. De esta forma, el procesador 25 puede determinar si la posición del elemento 8 de verificación, el marcador 2 de referencia y/o el conducto 1 es correcta o no y, por lo tanto, si la ubicación final de la fuente de radioterapia es correcta. Este procesador puede ser también parte o se puede comunicar con los sistemas de imágenes, planificación, seguimiento y/o administración del tratamiento para compartir, modificar, fusionar y/o comparar esta información.
- 20 El sistema 14 de control puede incluir también un sistema de accionamiento y/o electrónica acompañante para controlar el movimiento del cable 10 y el elemento 8 de verificación a través del conducto 1, que se puede acoplar también operativamente al procesador 25. El sistema 14 de control 14 puede incluir y/o comunicarse con un sistema que se equipa con un panel de visualización o interfaz gráfica de usuario para mostrar información sobre la señal que se detecta, incluida la información de posición, a un usuario. El sistema 14 de control puede incluir también y/o comunicarse con un sistema que se equipa con un panel de control para permitir que un usuario ingrese información, controle la información que se procesa o muestra, controle la comunicación con otros sistemas o cambie la administración de tratamiento, por ejemplo.
- 25 Adicionalmente, el sistema 14 de control puede ser parte de un sistema de braquiterapia (por ejemplo, cargador posterior) o se puede separar de un sistema de braquiterapia. La inclusión dentro de un cargador posterior puede facilitar el uso del elemento 8 de verificación justo antes, durante o después de la administración del tratamiento. El sistema 14 de control puede incluir una fuente de energía, por ejemplo, una batería reemplazable o recargable y/o se puede configurar para conectarse a una fuente de energía.
- 30 Por ejemplo, como se muestra en la realización de la Figura 6, el sistema 15 de accionamiento puede incluir un tambor/rueda alrededor del cual se enrolla el cable 10. El desenrollado del tambor se puede controlar mediante el sistema de control o se puede controlar manualmente. El tambor se puede acoplar operativamente a un motor, manivela y/o cualquier mecanismo automático o manual adecuado para enrollar y/o desenrollar el tambor. El sistema 15 de accionamiento puede ser parte de un cargador 16 posterior, que puede controlar el movimiento del elemento 8 de verificación, además de la administración de una o más fuentes de radioterapia.
- 35 Los sistemas se pueden comunicar entre sí a través de estándares de comunicación, como DICOM-RT y/o software y hardware especializados. Por ejemplo, en operación, los datos del marcador de referencia que se detectan mediante el elemento de verificación se pueden comparar con información de formación de imágenes, que incluye imágenes del conducto que se capturan previamente o en tiempo real y marcadores de referencia dentro del paciente. Las imágenes que se almacenan en uno o más de los programas se pueden comunicar y compartir. Las imágenes de ubicaciones de marcador de referencia que se detectan se pueden comparar con las ubicaciones de marcador de referencia que se detectan mediante el elemento de verificación. En consecuencia, en algunas realizaciones, el elemento de verificación se puede usar junto con uno o más dispositivos de formación de imágenes externos.
- 40 En algunas realizaciones, el elemento de verificación se puede usar por separado de los dispositivos de formación de imágenes, lo que puede permitir la verificación de la posición en entornos en los que generalmente no se pueden usar dispositivos de formación de imágenes. Esto puede incluir habitaciones que se protegen especialmente, en las que el paciente se somete a un tratamiento de radiación. En algunas realizaciones, los datos del elemento de verificación se pueden comparar con datos de medición que se recogen mediante el cargador posterior, por ejemplo, mediciones con respecto a la distancia en la que el cable o elemento de verificación se han insertado en el conducto.
- 45
- 50
- 55

En la Figura 7A, se representan tres conductos (A, B, C), cada uno con su propio patrón de marcadores 2 de referencia. Aunque se representan tres conductos en la Figura 7A, se puede usar cualquier cantidad adecuada de conductos (por ejemplo, uno o una pluralidad). El número de conductos que se usan en una realización dada se puede determinar al menos en parte con base en la ubicación del área objetivo, el tamaño del área objetivo, la anatomía del paciente o el estado de la enfermedad, por ejemplo. Los conductos con marcadores 2 de referencia se pueden detectar usando un sistema de formación de imágenes médicas, como se representa en la Figura 7A. Se puede pasar un elemento de verificación a través de cada uno de los tres conductos de uno en uno, o se pueden pasar múltiples elementos de verificación a través de los tres conductos al mismo tiempo, con un elemento de verificación por conducto. Uno o más elementos de verificación se pueden acoplar a o integrar en uno o más cables (por ejemplo, en o sobre un cable de comprobación, un cable de sensor adicional y/o un cable que también contiene la fuente de radioterapia). A medida que el elemento de verificación pasa a través de cada conducto y pasa la ubicación de un marcador 2 de referencia, el elemento de verificación detecta un valor de medición indicativo de la presencia del marcador de referencia. Estas señales de valores de medición se pueden comunicar al procesador del sistema de control. Los ejemplos de valores de salida de señal indicativos de la presencia de marcadores de referencia se representan gráficamente en la Figura 7B. Los cambios (por ejemplo, picos y caídas) en los valores de señal a medida que el elemento de verificación pasa a través de los conductos se pueden correlacionar con la posición de los marcadores de referencia. Por lo tanto, los cambios en los valores de medición que se detectan mediante el elemento de verificación y se transmiten al procesador del sistema de control se correlacionan con la presencia de un marcador de referencia. El posicionamiento de los marcadores de referencia, los conductos y eventualmente las fuentes de radioterapia dentro de los conductos se puede verificar de esta manera.

El sistema de verificación de posición puede medir directamente las posiciones de ubicación del marcador de referencia y/o la vía de administración del conducto con el elemento de verificación y puede verificar si los valores de la Figura 7B coinciden con la imagen de la Figura 7A. En consecuencia, el sistema de verificación de posición puede ser capaz de sincronizar la ubicación de las posiciones del marcador de referencia que se muestra en la Figura 7A con los datos del elemento de verificación que se muestran en la Figura 7B. El sistema de verificación de posición puede sincronizar también datos de posición y/o de imagen de uno o más de los sistemas de diagnóstico, planificación, tratamiento, seguimiento y/o administración. Por ejemplo, el posicionamiento se puede sincronizar además con los valores que se miden de un cargador posterior, como la longitud del cable del elemento de verificación que se ha insertado en el conducto.

Si el sistema de verificación de posición detecta una falta de coincidencia entre el posicionamiento que se detecta mediante el elemento de verificación y la ubicación de posicionamiento prevista, el procesador puede enviar una señal que indique al proveedor de servicios de salud que algo anda mal. Esta señal puede ser en forma de una señal visual y/o audible, por ejemplo. La generación de dicha señal puede promover la precisión de la administración del tratamiento al notificar a un proveedor de atención médica sobre una posible discrepancia antes o durante la administración del tratamiento.

En algunas realizaciones, cuando se detecta una desviación, el sistema puede no realizar ningún cambio o generar ninguna señal, por ejemplo, si la desviación está dentro de un cierto umbral predeterminado de tolerancia. En este caso, si se realiza la verificación de posición durante la administración del tratamiento, la administración puede continuar, o si la verificación de posición se realiza antes de la administración del tratamiento, la administración puede ocurrir como se planeó.

Si se detecta una desviación que está fuera de un nivel umbral de tolerancia, entonces el sistema puede prevenir o detener la administración del tratamiento de radioterapia hasta que se corrija la discrepancia. El sistema se puede configurar para corregir automáticamente la desviación (por ejemplo, ajustando u omitiendo las posiciones de permanencia, o los tiempos de permanencia, o la dosificación), o el error puede requerir una fijación manual. En algunas realizaciones, la detección de una desviación puede dar como resultado un retorno a la etapa de planificación del tratamiento para adaptar el plan a la situación actual, o se pueden tomar imágenes adicionales para evaluar visiblemente la desviación y, si es necesario, adaptar el plan de tratamiento. En lugar de, o además de, ajustar el plan, los conductos se pueden reubicar. Si no se detectan desviaciones, o si no se detectan desviaciones por encima de un nivel umbral de tolerancia predeterminado, se puede administrar el tratamiento y/o continuar la administración del tratamiento. Si se detecta una desviación durante la verificación posterior al tratamiento, los planes o fracciones de tratamiento futuros se pueden ver alterados. De esta forma, el sistema de verificación puede promover una administración de tratamiento más segura y precisa y puede proporcionar un método más conveniente y preciso para verificar si la fuente de radioterapia se colocará en el conducto correcto y en la posición correcta en el conducto con respecto al área objetivo.

En algunas realizaciones, el sistema de verificación de posición puede ser capaz también de detectar una desviación entre la identidad del conducto que se espera y la identidad real del conducto en el que se despliega el elemento de verificación. Si se detecta una desviación, el sistema puede enviar una señal que indique al proveedor de servicios de salud que algo anda mal. Esto puede proteger contra errores humanos, por ejemplo, al mezclar las conexiones del tubo de transferencia. En algunas realizaciones, si el sistema detecta que algo está mal, el sistema puede evitar la administración de la fuente de radioterapia al conducto hasta que se corrija la discrepancia, y esta corrección puede

ocurrir manual o automáticamente. El sistema puede incluir uno o más componentes y uno o más procesadores en comunicación con los componentes y/o los otros procesadores. Por ejemplo, se puede incluir un procesador dentro o en comunicación con un ordenador, un detector, un cargador posterior o cualquier otro componente adecuado de un sistema de braquiterapia. Las realizaciones de ejemplo de los sistemas de verificación de posición se explican con más detalle a continuación.

5 En algunas realizaciones, el elemento de verificación puede ser capaz de enviar una señal, que el marcador de referencia puede reflejar, y esta señal que se refleja se puede detectar mediante el elemento de verificación. En algunas realizaciones, el marcador de referencia puede ser capaz de enviar una señal, que el elemento de verificación puede reflejar, y esta señal que se refleja se puede detectar mediante el marcador de referencia. Todavía en otras formas de realización, el elemento de verificación puede enviar una señal, que puede recibir el marcador de referencia. El marcador de referencia puede enviar a un controlador información con respecto a la señal que se recibe. Y, en otras realizaciones, el marcador de referencia puede enviar una señal, que el elemento de verificación puede recibir. El elemento de verificación puede enviar entonces a un controlador información con respecto a la señal que se recibe, por ejemplo, a través del conductor de señal.

15 En una realización óptica de ejemplo, el elemento de verificación se puede configurar para detectar una diferencia comparativa en una propiedad óptica entre el conducto y el marcador de referencia, o viceversa. Por ejemplo, la amplitud, fase/retardo, frecuencia/longitud de onda, refracción, interferencia u otra propiedad de señal o combinación de propiedades se podría detectar mediante el elemento de verificación o el marcador de referencia. En la realización de la Figura 8, el elemento 8 de verificación óptica puede detectar un cambio en la reflexión de la luz cuando se acerca, alcanza o pasa el marcador 2 de referencia del conducto 1. El elemento 8 de verificación óptica puede incluir, por ejemplo, uno o más fotodetectores (por ejemplo, fotodiodo, fotomultiplicador, dispositivo de carga acoplada), una cámara, un láser, una fibra óptica, una guía de onda óptica, una superficie reflectante, una lente, un prisma, un filtro, un divisor de haz, un polarizador, una rejilla o cualquier combinación adecuada de los mismos. Marcadores de referencia adecuados para su uso con un elemento de verificación óptica pueden incluir, por ejemplo, un marcador radiopaco (por ejemplo, un marcador radiopaco y/o una tinta impresa), un material localmente diferente (por ejemplo, un material menos denso localmente más oscuro o más claro y/o más), o un material localmente más o menos reflectante (por ejemplo, una superficie metálica y/o pulida). En una realización de ejemplo, se puede imprimir una tinta radiopaca en una superficie de un conducto de plástico. Además, si el elemento 8 de verificación es pasivo, el marcador 2 de referencia puede emitir luz y puede incluir, por ejemplo, material de fluorescencia o fibras o diodos emisores de luz.

20 En realizaciones ópticas, un conductor de señal puede incluir, por ejemplo, uno o más cables eléctricos o cordones, o una o más fibras ópticas, o una combinación de los mismos. El conductor de señal puede alimentar el marcador de referencia o el elemento de verificación o se puede usar para transmitir señales. En algunas realizaciones, el marcador de referencia puede ser capaz de usar la energía de señal (por ejemplo, energía luminosa o electromagnética) del elemento de verificación para alimentar. El conductor de señal puede conectar el elemento de verificación y/o el marcador de referencia con el sistema 14 de control y se puede ubicar dentro de las paredes del conducto, externo al conducto o dentro del conducto. En algunas realizaciones, las señales se pueden transmitir de forma inalámbrica entre el elemento 8 de verificación y el sistema 14 de control u otro sistema 26.

25 En la realización de la Figura 8, una fibra óptica puede transmitir luz desde el sistema 14 de control al elemento 8 de verificación, y una superficie 17 reflectante (por ejemplo, un espejo y/u otros elementos ópticos) puede dirigir, ampliar y/o enfocar el luz sobre una superficie (por ejemplo, pared) del conducto 1. La pared del conducto 1 puede reflejar luz hacia la superficie 17 reflectante y el cable 10 puede transmitir los datos que se reflejan a través de la fibra óptica al sistema 14 de control, que puede contener cableado, elementos electrónicos y de carga inalámbrica o con batería y elementos ópticos para emitir y detectar luz (por ejemplo, una o más lámparas, LED, láser, fotodetectores, diodos, fotomultiplicadores, lentes, filtros) y el procesador 25 asociado. El sistema puede determinar una característica de la luz que se refleja, por ejemplo, la frecuencia, intensidad, ángulo de incidencia o espectro. Cuando el elemento 8 de verificación se acerca, alcanza o pasa el marcador 2 de referencia, la característica de la luz que se refleja cambia, y el procesador 25 puede calcular el posicionamiento del elemento 8 de verificación con respecto al marcador 2 de referencia con base en al menos en parte en este cambio.

30 En las realizaciones de las Figuras 9A-9C, se representan sistemas de verificación de posición electromagnética. El elemento 8 de verificación puede ser activo o pasivo. En una realización activa, como se muestra en la Figura 9B, el elemento 8 de verificación puede generar un campo 18 electromagnético y detectar una desviación en la señal que es indicativa de un marcador 2 de referencia a medida que se acerca, alcanza o pasa el marcador 2 de referencia. En una realización de ejemplo activa, un marcador de referencia conductor puede formar un anillo alrededor de la circunferencia del conducto, o una pluralidad de marcadores de referencia se pueden situar uno frente al otro en las paredes opuestas del conducto. El elemento 8 de verificación activa puede generar un campo 18 electromagnético y detectar un cambio de señal que se causa mediante los marcadores de referencia conductores a medida que se acerca, alcanza o pasa a través de los marcadores de referencia. Un elemento de verificación pasivo puede no generar un campo electromagnético y, en su lugar, solo puede detectar una señal. En la realización de la Figura 9C, un transmisor 20 electromagnético separado puede generar un campo electromagnético, y el elemento 8 de verificación

puede detectar un cambio en una o más características de señal a medida que se acerca, alcanza o pasa por un marcador 2 de referencia. En algunas realizaciones, el elemento de verificación puede cambiar entre un modo activo y un modo pasivo.

5 El sistema de verificación de posición de la Figura 10 incluye un transmisor 20 electromagnético para generar un campo electromagnético que se detectará mediante el elemento 8 de verificación. La señal que se detecta mediante el elemento 8 de verificación se puede transferir mediante un conductor 12 de señal a un procesador y/o electrónica de accionamiento. Un sistema de seguimiento electromagnético de ejemplo es el Sistema de Medición Electromagnética Aurora® de NDI. El elemento 8 de verificación puede incluir una o más bobinas, por ejemplo, bobinas de inducción, y el campo magnético de conmutación puede inducir corrientes cambiantes en la bobina que permiten  
10 detectar la posición 3D de la bobina. Estas señales que se reciben mediante el elemento 8 de verificación se pueden transmitir al sistema de control de forma inalámbrica o mediante un conductor 12 de señal y se pueden interpretar mediante el procesador del sistema de control. Por ejemplo, un marcador de referencia metálico, por ejemplo, un marcador de referencia ferromagnético o conductor, puede causar una perturbación local en el campo electromagnético, y esta perturbación se puede detectar a medida que el elemento 8 de verificación se acerca, alcanza  
15 y/o pasa mediante este marcador de referencia.

El sistema de control puede incluir electrónica (de accionamiento) con una unidad 21 de conmutación. En una primera posición, que se representa en la Figura 10, la unidad 21 de conmutación puede conectar el elemento 8 de verificación con la electrónica del sistema de seguimiento electromagnético para determinar la posición 3D del elemento de verificación (es decir, completando el circuito entre el punto X y el punto Y). En una segunda posición, el elemento 8 de verificación se puede conectar con la electrónica de detección de marcador de referencia cuando la unidad 21 de conmutación completa el circuito entre el punto X y el punto Z. La unidad de conmutación puede conmutar entre las dos o más posiciones, conectando opcionalmente el elemento de verificación sea con el sistema de seguimiento electromagnético o la electrónica de detección de marcador de referencia. La conmutación puede ocurrir a cualquier velocidad adecuada, y la velocidad de conmutación puede ser regular o irregular. Además, la velocidad de conmutación se puede controlar manualmente mediante un usuario o se puede controlar automáticamente mediante el sistema 14 de control. Esta configuración de conmutación puede integrar un sistema de seguimiento electromagnético con el sistema de verificación de posición y permitir que los marcadores de referencia, los datos de seguimiento electromagnéticos y las posiciones de permanencia del elemento de verificación se combinen y/o sincronicen en una base de datos de posicionamiento espacial única bidimensional o tridimensional. Cuando las ubicaciones del marcador de referencia se conocen también en las imágenes (imágenes en tiempo real o almacenadas), estas imágenes se pueden fusionar/sincronizar también con las mismas coordenadas bidimensionales o tridimensionales. Para combinar datos tridimensionales, se requieren al menos tres puntos de referencia, mientras que el seguimiento bidimensional puede requerir menos coordenadas. El sistema de seguimiento electromagnético puede incluir un sensor con múltiples grados de libertad, por ejemplo, 3DOF o más, y los sistemas de ejemplo pueden  
20 usar dos, tres o más puntos de referencia.  
25  
30  
35

En algunas realizaciones, la función del elemento de verificación y los marcadores de referencia se pueden invertir. Por ejemplo, el elemento de verificación puede emitir/transmitir señales, y los marcadores de referencia que se incluyen en el conducto pueden recibir esas señales. Los marcadores de referencia se pueden comunicar con el sistema de control (bien sea de forma inalámbrica o mediante uno o más conductores de señal) y pueden transmitir información sobre la señal que se recibe. Por lo tanto, los marcadores de referencia pueden detectar la aproximación de una señal que se emite, en lugar de viceversa, y el posicionamiento del marcador de referencia se puede verificar de esta manera.  
40

Además, en algunas realizaciones, un único cable de elemento de verificación puede incluir múltiples elementos de verificación. Esta configuración puede proporcionar redundancia, lo que puede promover una verificación más precisa.  
45 En algunas realizaciones, diferentes sensores en un único cable pueden responder a diferentes tipos de marcadores de referencia que se incluyen en el conducto. Por ejemplo, si un único conducto incluye una pluralidad de marcadores de referencia diferentes (por ejemplo, código de barras, codificación o marcador de identificación de conducto RFID y marcador de referencia posicional separado), un único cable con múltiples elementos de verificación puede detectar información de ambos tipos de marcadores de referencia. En tales realizaciones, cada elemento de verificación se puede conectar a su propio conductor de señal, cada elemento de verificación puede compartir un conductor de señal, cada sensor puede ser inalámbrico, o cualquier combinación adecuada de los mismos.  
50

En algunas realizaciones, el propio tejido del paciente se puede usar como un marcador de referencia, y un elemento de verificación y un conducto se pueden configurar para detectar directamente este tejido. El tejido sano o enfermo se puede usar como referencia. Por ejemplo, una porción enferma del tejido puede tener diferentes propiedades de reflexión, se puede sentar en una ubicación relativa específica, o puede estar en un plano diferente. Del mismo modo, una porción diferente de tejido sano puede tener diferentes propiedades de reflexión, se puede sentar en una ubicación relativa específica o puede estar en un plano diferente.  
55

En la realización de las Figuras 11A y 11B, un conducto 1 transparente se puede insertar en el cuerpo de un paciente en o cerca de un área 23 de tejido. (por ejemplo, Volumen Objetivo). Como se muestra en la Figura 11A, un elemento

8 de verificación óptica se puede insertar en un conducto 1. El elemento 8 de verificación se puede configurar para emitir y/o detectar luz. El área 23 de tejido puede reflejar luz de manera diferente que el área circundante y/o tejido, y cuando el elemento 8 de verificación se acerca, alcanza y/o pasa por el área 23 de tejido (o tratamiento objetivo) en el conducto 1 transparente, el elemento 8 de verificación puede detectar un cambio en la luz que se refleja, que es indicativa de área 23 de tejido.

La Figura 11B muestra una representación gráfica de ejemplo de los datos ópticos que se detectan. A medida que el elemento 8 de verificación se aproxima a una región del conducto 1 adyacente al área 23 de tejido (que se designa con el símbolo "'\*"), una propiedad de la luz reflejada que se detecta mediante el elemento 8 de verificación puede cambiar, como se muestra en la Figura 11B. Este cambio puede permanecer constante, puede disminuir o puede aumentar cuando el elemento 8 de verificación pasa al área 23 de tejido hasta que el elemento 8 de verificación comienza a moverse pasando el área 23 de tejido. Cuando el elemento 8 de verificación se mueve fuera del rango del área 23 de tejido (que se designa con el símbolo '#'), la propiedad de la luz que se refleja puede regresar a las mediciones de referencia. Este cambio en la propiedad de luz que se detecta puede ser gradual (como se muestra en la Figura 11B), o puede ocurrir más abruptamente, por ejemplo, dependiendo de la propiedad de la luz que se mide, la sensibilidad del elemento 8 de verificación, la transparencia del conducto 1, la anatomía del paciente, y/o las propiedades locales alrededor del conducto.

Es posible también usar el elemento de verificación para detectar el tejido alrededor del conducto antes, durante y/o después de la administración del tratamiento para verificar cualquier desviación (por ejemplo, cambios de conductos que se relacionan con las respuestas de tejido y/o tejido que se causan mediante el tratamiento de radiación).

En algunas realizaciones, uno o más marcadores 2 de referencia se pueden colocar directamente en o alrededor de un área de tejido objetivo (por ejemplo, en o cerca de un órgano en riesgo, en una cavidad corporal, en la piel del paciente o dentro de/en un tejido o soporte corporal como una mesa de paciente), en lugar de asociarse con un conducto, como se muestra en las Figuras 12A y 12B. El tejido del paciente se puede marcar aplicando o incrustando sustancias con propiedades físicas diferentes a las del entorno circundante. Por ejemplo, se pueden inyectar o pintar sobre el tejido uno o más líquidos o soluciones, o se pueden implantar uno o más marcadores sólidos permanentes o temporales en o sobre el tejido. Los marcadores de ejemplo pueden incluir fluorosensores, colorantes fluorescentes tales como verde de indocianina, marcadores biodegradables y/o trazadores (bio)médicos que se unen a tejido canceroso o reaccionan a la radiación (gamma) que se aplica durante la administración o verificación del tratamiento.

Similar al proceso que se describe anteriormente en referencia a las Figuras 11A y 11B, en las Figuras 12A y 12B, un conducto 1 se puede insertar en el cuerpo de un paciente en o cerca de un área 23 de tejido (por ejemplo, Volumen Objetivo) que se ha marcado con marcador 2 de referencia. Un elemento 8 de verificación óptica se puede insertar en el conducto 1. El conducto puede ser ópticamente transparente (por ejemplo, si se usa una señal óptica) y/o se puede formar de un material que permita que una señal pase a través del conducto con el fin pasar entre el elemento 8 de verificación y el marcador 2 de referencia. El elemento 8 de verificación se puede configurar para emitir y/o detectar luz, y el marcador 2 de tejido puede reflejar luz de manera diferente que el área circundante y/o el tejido. Cuando el elemento 8 de verificación se acerca, alcanza y/o pasa por el área del marcador 2 de referencia que se asocia con el tejido, el elemento de verificación puede detectar un cambio en la luz reflejada que es indicativo del marcador 2 de tejido.

La Figura 12B muestra una representación gráfica de ejemplo del marcador 2 de referencia detectado que se asocia con el tejido. Cuando el elemento 8 de verificación se aproxima a un marcador 2 de referencia adyacente de región del conducto 1 que se asocia con el área 23 de tejido (que se designa con el símbolo "'\*"), una propiedad de la luz reflejada que se detecta mediante el elemento 8 de verificación puede cambiar, como se muestra en la Figura 12B. Este cambio puede permanecer constante, puede disminuir o puede aumentar a medida que el elemento 8 de verificación pasa el marcador 2 de referencia que se asocia al área 23 de tejido hasta que el elemento 8 de verificación comienza a moverse más allá del marcador 2 de referencia. Cuando el elemento 8 de verificación se mueve fuera del rango del marcador 2 de referencia (que se designa con el símbolo '#'), la propiedad de la luz que se refleja puede regresar a las mediciones de referencia. Este cambio en la propiedad de luz que se detecta puede ser gradual (como se muestra en la Figura 12B), o puede ocurrir más abruptamente, por ejemplo, dependiendo de la propiedad de luz que se mide, la sensibilidad del elemento 8 de verificación, la transparencia del conducto 1, la anatomía del paciente, y/o las propiedades locales alrededor del conducto. Como reconocerá un experto en la materia, los cambios de propiedad de otros tipos de señal no óptica se pueden usar también para detectar el marcador 2 de referencia.

Aunque las realizaciones ópticas se describen en los ejemplos anteriores, se pueden usar cualesquiera señales, marcadores de referencia y elementos de verificación adecuados, siempre que el tipo de señal sea compatible con el tipo de marcador de tejido implantado. Por ejemplo, se pueden usar señales electromagnéticas o de ultrasonidos, y los marcadores de referencia pueden interactuar con las señales para causar un cambio detectable. En una realización ultrasónica de ejemplo, el elemento 8 de verificación puede emitir ondas de sonido, y el marcador 2 de referencia puede provocar cambios en las ondas de sonido que se pueden detectar luego, por ejemplo, mediante el elemento 8 de verificación o un sistema separado.

Las Figuras 13, 14 y 15 proporcionan un resumen de sistemas de braquiterapia de ejemplo que usan un elemento de verificación para detectar la ubicación de los conductos que se usarán para administrar el tratamiento con el fin de promover una administración de dosis más precisa. En la realización de la Figura 13, el elemento de verificación se comunica con un cargador posterior con respecto a la posición que se detecta de uno o más marcadores de referencia, que se pueden usar para determinar la ubicación de uno o más conductos. Un sistema de seguimiento se puede comunicar también con el elemento de verificación para determinar la ubicación de los marcadores de referencia. Con base en esta información, el sistema 27 puede determinar si los conductos se ubican en la ubicación prevista o, si hay una desviación de la ubicación prevista, si la ubicación real se encuentra dentro de un umbral de desviación aceptable. Para ayudar en esta determinación, el controlador se puede comunicar con una fuente de datos de formación de imágenes para comparar la ubicación que se detecta de los conductos con una imagen de los conductos dentro del cuerpo o para comparar la ubicación que se detecta de los conductos con una imagen de las estructuras corporales circundantes. La imagen se puede haber tomado en una etapa anterior, por ejemplo, durante la preparación o planificación del tratamiento, o se puede tomar durante el procedimiento de verificación. Un controlador puede actuar como la interfaz entre los diversos componentes del sistema 27, controlando las comunicaciones entre los componentes y/o controlando las acciones de un componente basándose en señales que se reciben de ese componente, otro componente, o con base en datos que se reciben de múltiples componentes.

Como se muestra en la Figura 14, un sistema 28 puede incluir una unidad de accionamiento y un elemento electrónico de verificación para controlar el movimiento del elemento de verificación con respecto a los conductos y/o marcadores de referencia. Estos componentes pueden ser independientes de un dispositivo de carga posterior, o se pueden incluir en un dispositivo de carga posterior, y pueden funcionar con un sistema de seguimiento para determinar la ubicación del elemento de verificación con respecto a los marcadores de referencia. Los tres componentes pueden estar en comunicación con el elemento de verificación, y el controlador puede ajustar la unidad de accionamiento o la electrónica con base en la información que se obtiene del elemento de verificación, el sistema de seguimiento, la unidad de accionamiento o la electrónica del elemento de verificación. Con base en esta información, el sistema 28 puede determinar si los conductos se ubican en la ubicación prevista o, si hay una desviación de la ubicación prevista, si la ubicación real se encuentra dentro de un umbral de desviación aceptable. Para ayudar en esta determinación, el controlador se puede comunicar con una fuente de datos de imágenes, como se describe en el sistema 27 de la Figura 13. Además, el controlador se puede comunicar con un sistema de planificación para determinar si la distribución de dosis que se desea se logrará dentro de un umbral aceptable con base en la ubicación real de los marcadores y conductos de referencia que detecta el elemento de verificación. Además, como se muestra en el sistema 29 de la Figura 15, el controlador se puede comunicar también con un sistema de administración para ajustar la administración real del tratamiento, si se desea, con base en la información de ubicación real que se detecta.

Aunque se muestra una relación jerárquica en las figuras de ejemplo, cualquier componente puede interactuar directamente con cualquier otro componente, o, como se muestra, uno o más de los componentes se pueden enrutar a través de un controlador. Además, uno o más componentes se pueden alojar dentro de la misma estructura, por ejemplo, un cargador posterior, o los componentes se pueden ubicar separados unos de otros o incluso a distancia uno del otro, y los componentes se pueden conectar entre sí de forma inalámbrica, a través conexiones de cableado duros, o una combinación de los dos. Por ejemplo, una base de datos de ordenador remoto se puede comunicar de forma inalámbrica con los otros componentes o controlarlos, o el controlador se puede incluir dentro de un dispositivo de carga posterior. Además, el control de los componentes puede ser automático, con base en la entrada que se programa previamente y la retroalimentación de los componentes, o el control de los componentes puede ser manual, por ejemplo, a través de la entrada del usuario. Incluso si los componentes se controlan automáticamente, un usuario puede modificar o anular los ajustes automáticos.

Las numerosas características y ventajas de la presente divulgación son evidentes a partir de la especificación detallada, y por lo tanto, se pretende que las reivindicaciones adjuntas cubran todas las características y ventajas de la presente divulgación, que caen dentro del alcance de la presente divulgación. Además, dado que los expertos en la materia podrán realizar fácilmente numerosas modificaciones y variaciones, no se desea limitar la presente divulgación a la construcción y operación exactas que se ilustran y describen, y por consiguiente, se puede recurrir a todas las modificaciones y equivalentes adecuados, cayendo dentro del alcance de la presente divulgación. La invención se define en las reivindicaciones, otras realizaciones son meramente de ejemplo.

**REIVINDICACIONES**

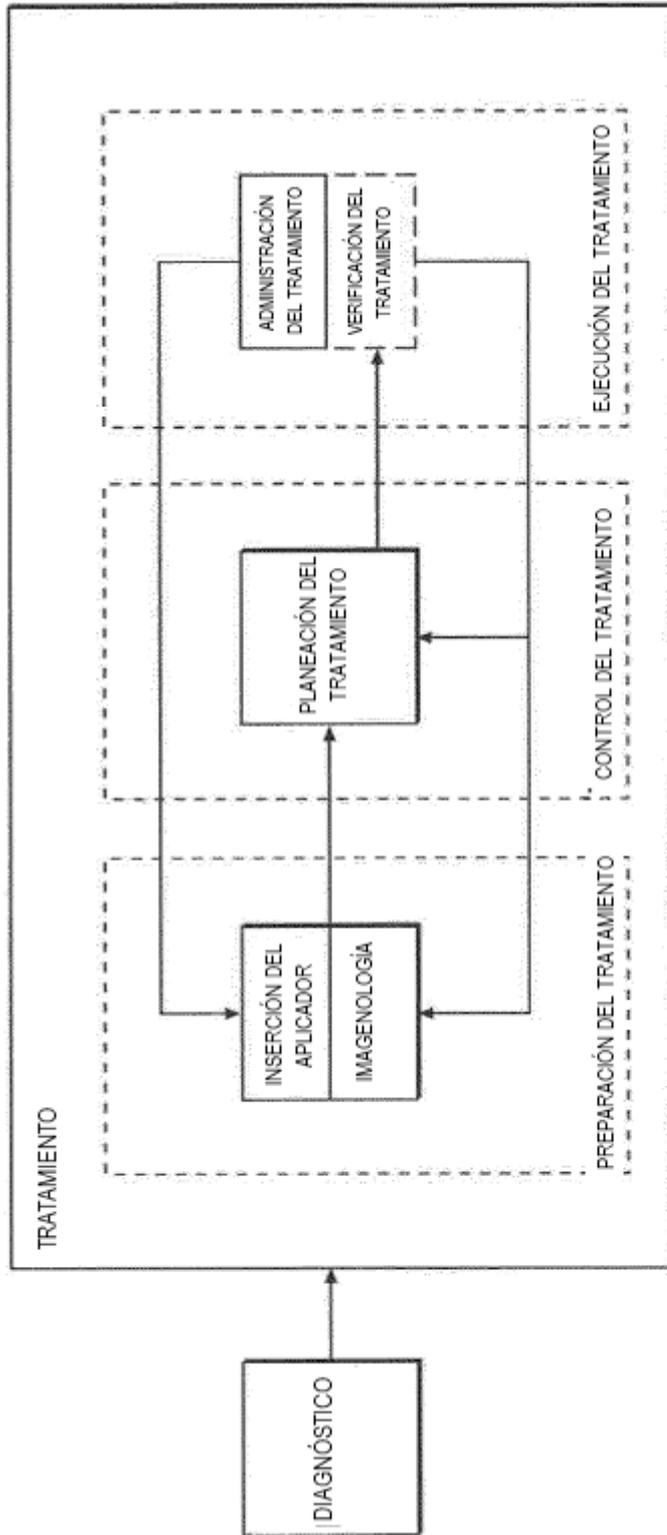
1. Un sistema de verificación para su uso con un sistema de administración de tratamiento de braquiterapia y para confirmar la posición de un conducto que se inserta dentro de un paciente, que comprende:
- 5 un elemento (10) de control alargado dimensionado para inserción dentro del conducto (1), en el que el elemento de control tiene un extremo proximal y un extremo distal, y en el que el elemento de control está incluido como parte del sistema de administración de tratamiento de braquiterapia; y
- un dispositivo (15) de accionamiento acoplado a una región proximal del elemento (10) de control para controlar el movimiento del elemento de control a través del conducto (1),
- caracterizado porque el sistema de verificación comprende además:
- 10 un elemento (8) de verificación acoplado a una región distal del elemento (10) de control, en el que el elemento de verificación está configurado para detectar la presencia de un marcador (2) de referencia asociado con el conducto (1) y comunicar una señal indicativa de la posición del marcador de referencia con respecto al elemento de verificación, y en el que el elemento de control está configurado para maniobrar el elemento de verificación a lo largo de una longitud del conducto; un controlador (14) asociado con el elemento (8) de verificación, en el que el controlador está
- 15 configurado para comunicarse con el elemento de verificación; y
- un conductor (12) de señal para conducir la señal entre el elemento (8) de verificación y el controlador (14).
2. El sistema de verificación de la reivindicación 1, en el que el marcador (2) de referencia es detectable además mediante al menos uno de un sistema de formación de imágenes, un sistema de administración de tratamiento o un sistema de seguimiento cuando el marcador de referencia se inserta dentro del paciente.
- 20 3. El sistema de verificación, en el que el sistema de administración de tratamiento de braquiterapia comprende múltiples conductos (1a, 1b, 1c), en el que uno o más de los conductos comprende un marcador (2a, 2b, 2c) de referencia capaz de detectarse mediante un sistema de formación de imágenes.
4. El sistema de verificación de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que:
- 25 al menos uno del dispositivo (15) de accionamiento y el controlador (14) está incluido dentro de un cargador posterior; y/o
- el elemento (10) de control incluye un cordón o un cable; y/o
- el dispositivo (15) de accionamiento incluye un tambor alrededor del cual está envuelta al menos una parte del elemento (10) de control.
- 30 5. El sistema de verificación de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el elemento (8) de verificación está configurado además para emitir una señal con el fin de detectar la presencia del marcador (2) de referencia asociado con el conducto (1).
6. El sistema de verificación de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el conductor (12) de señal está configurado además para transmitir una señal desde el controlador (14) al elemento (8) de verificación.
- 35 7. El sistema de verificación de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además un transmisor (20) electromagnético para generar un campo electromagnético, en el que el elemento (8) de verificación incluye una bobina, y en el que el elemento de verificación está configurado para detectar un cambio en el campo electromagnético generado que se correlaciona con la posición del marcador (2) de referencia con respecto al elemento de verificación.
8. El sistema de verificación de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el conductor (12) de señal es una conexión inalámbrica entre el elemento (8) de verificación y el controlador (14).
- 40 9. El sistema de verificación de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el conductor (12) de señal incluye una fibra óptica para conducir luz entre el elemento (8) de verificación y el controlador (14) y en el que el elemento de verificación incluye al menos uno de un fotodetector, una cámara, una guía de onda óptica, un variador de longitud de onda, un centelleador o una superficie reflectante.
- 45 10. El sistema de verificación de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el elemento (8) de verificación incluye un elemento óptico, en el que el marcador (2) de referencia tiene una propiedad óptica que es diferente de una propiedad óptica del conducto (1), y en el que el elemento de verificación está configurado para

detectar la diferencia en la propiedad óptica para que el sistema determine la proximidad del elemento de verificación con el marcador de referencia.

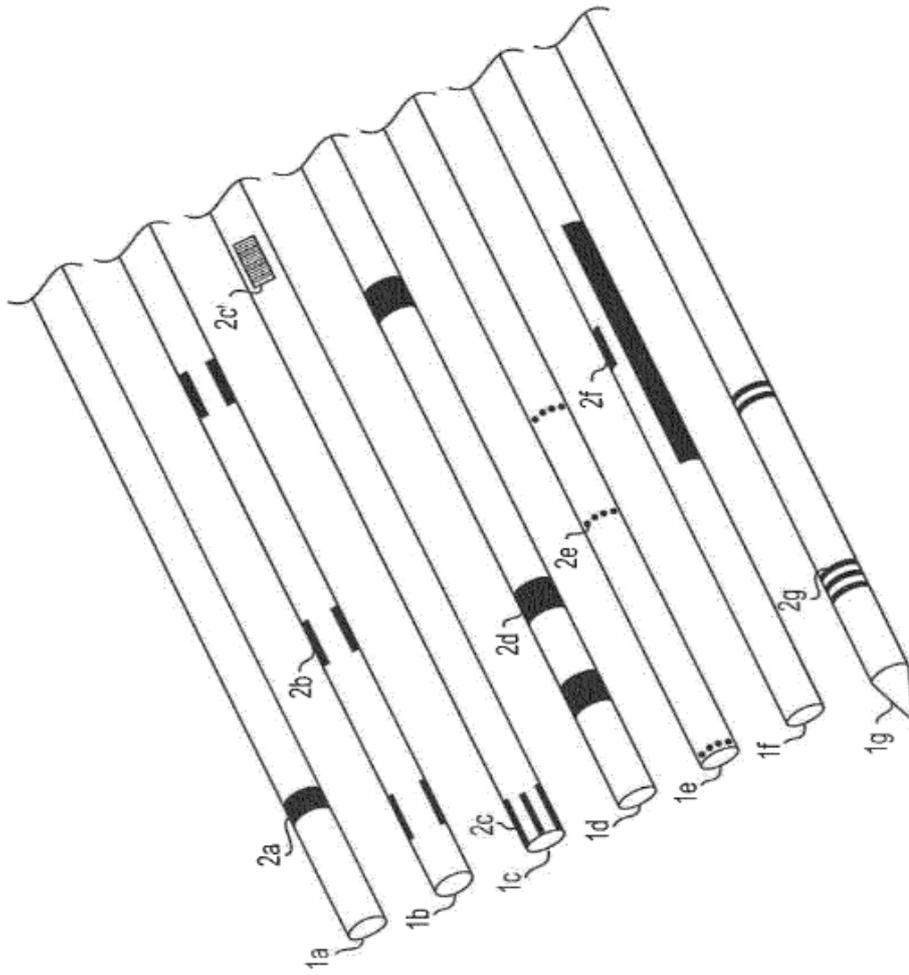
11. El sistema de verificación de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el controlador (14) está configurado para:

5 comunicarse con uno o más de un sistema de imágenes, un sistema de planificación de tratamiento, un sistema de administración de tratamiento y un sistema de seguimiento; y/o

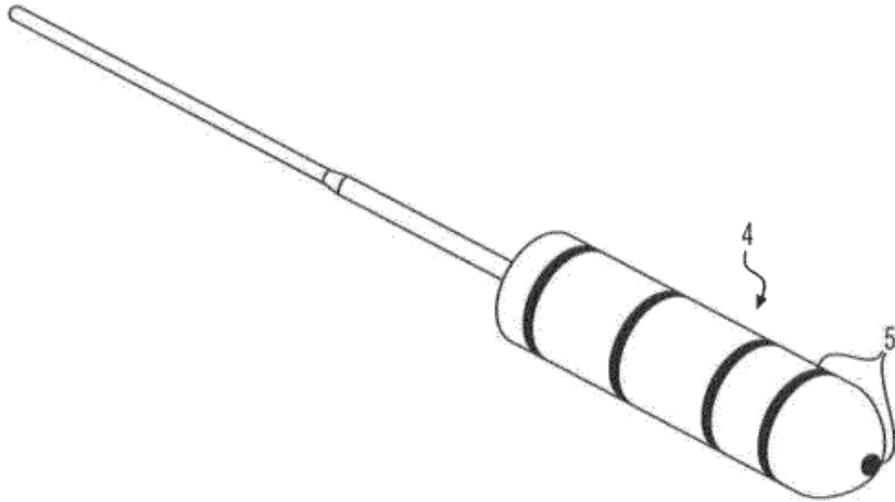
integrar la señal transmitida mediante el elemento (8) de verificación con al menos uno de los datos de formación de imágenes y datos de seguimiento electromagnéticos.



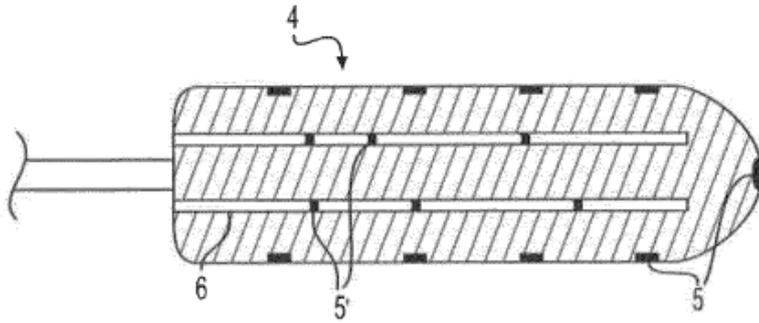
**FIG. 1**



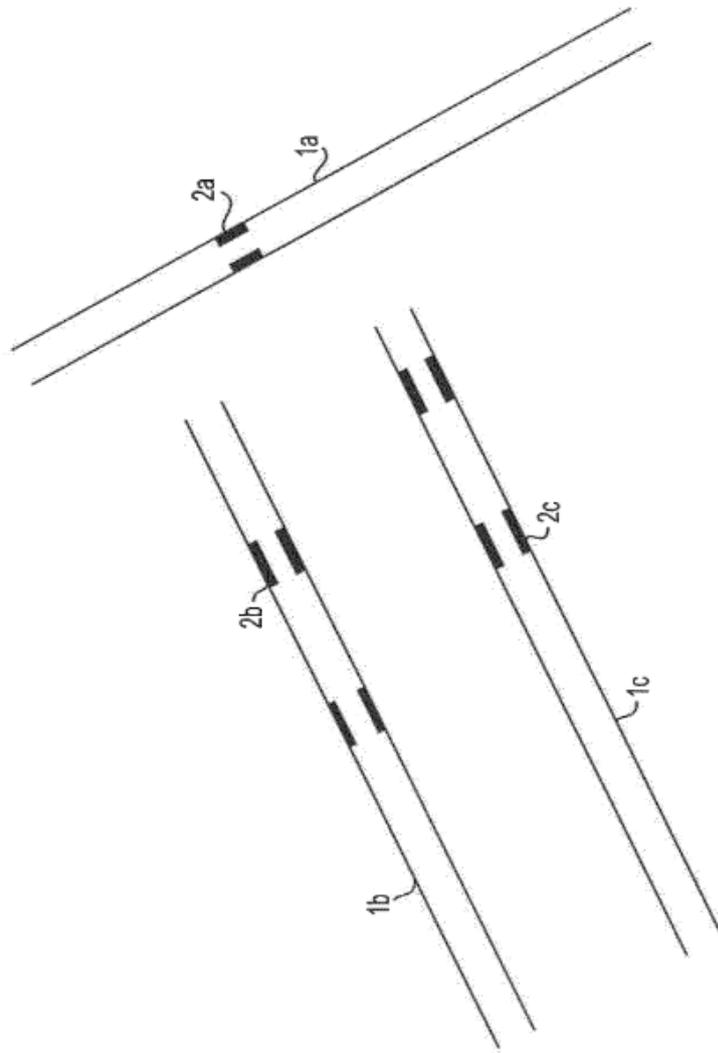
**FIG. 2**



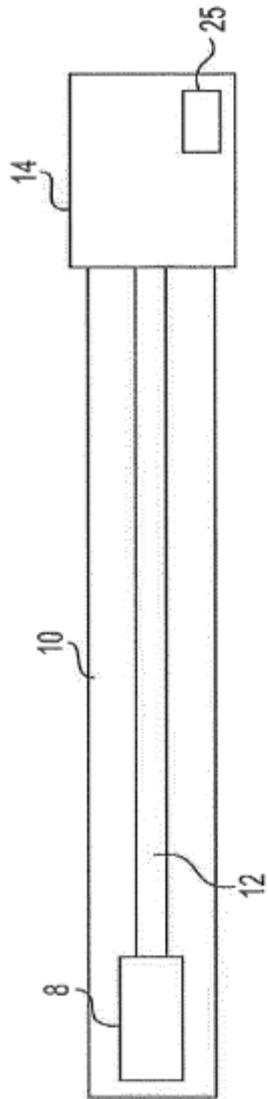
**FIG. 3A**



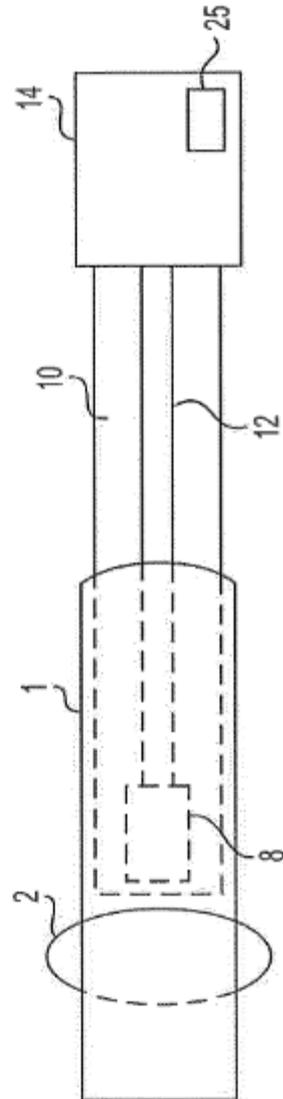
**FIG. 3B**



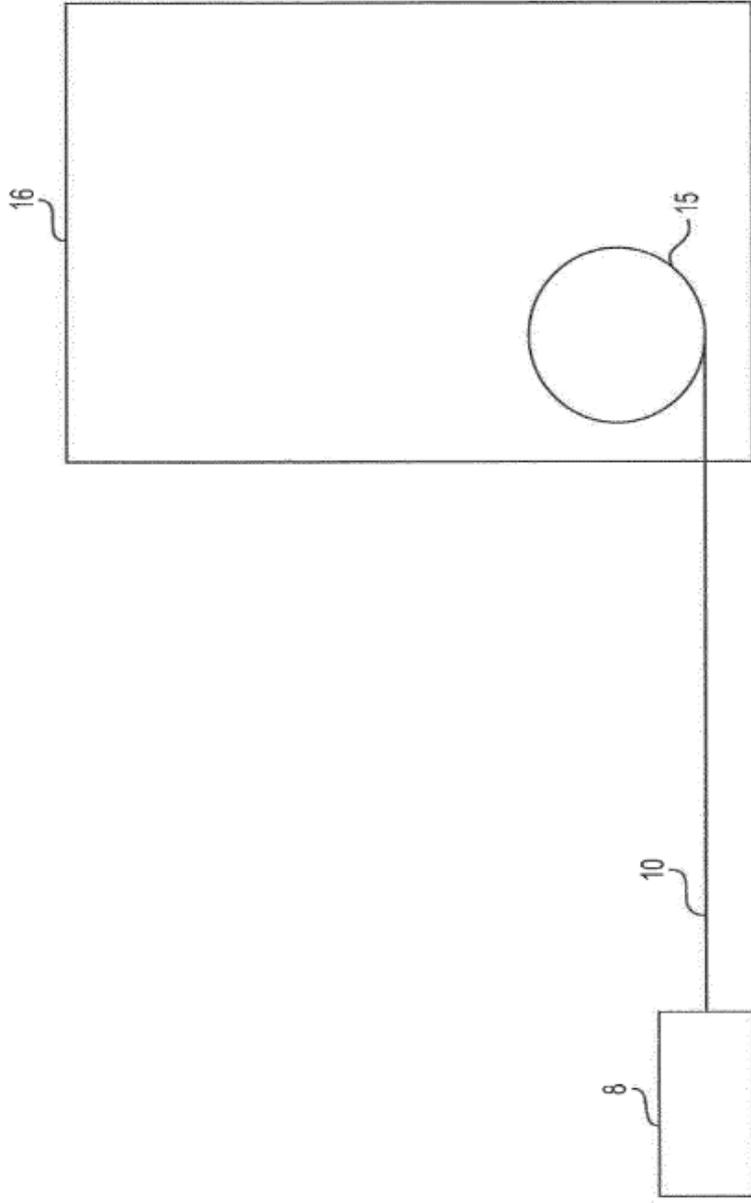
**FIG. 4**



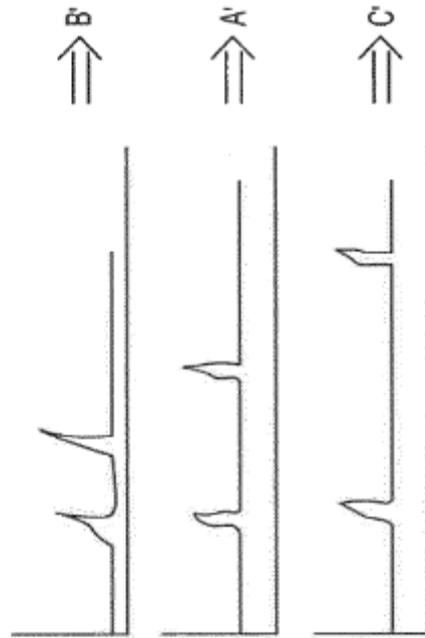
**FIG. 5A**



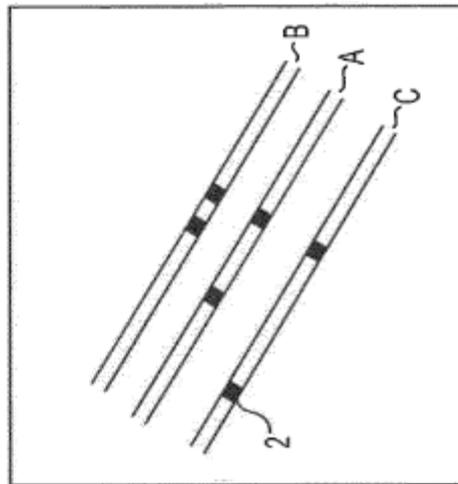
**FIG. 5B**



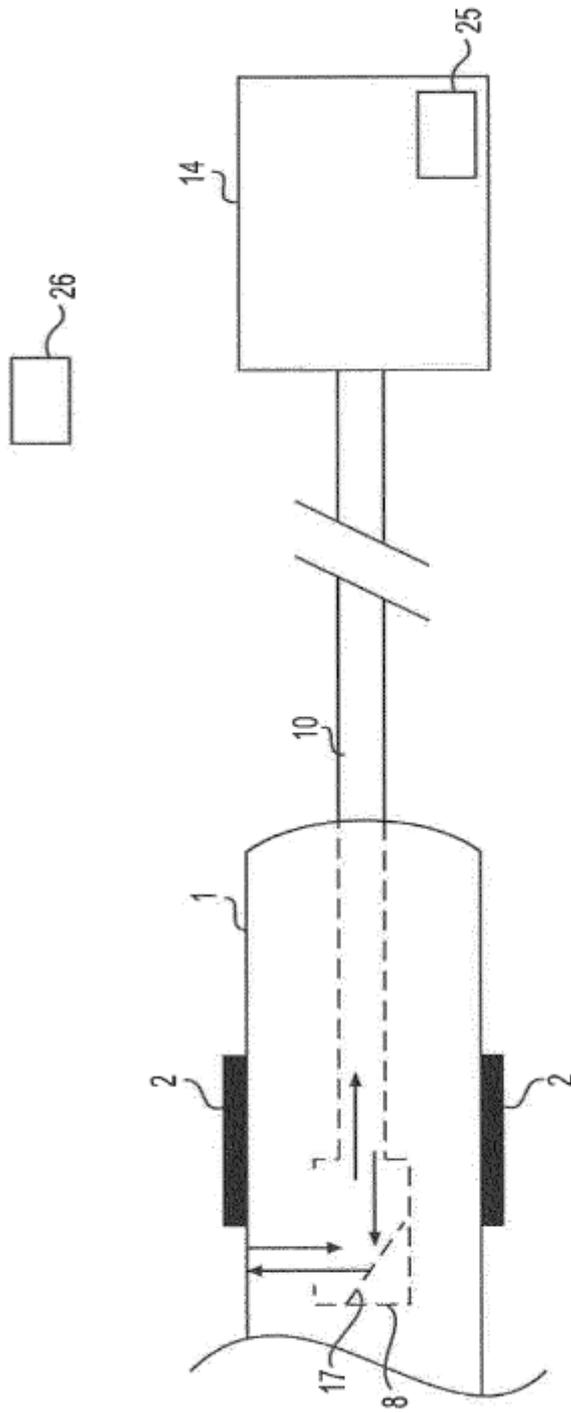
**FIG. 6**



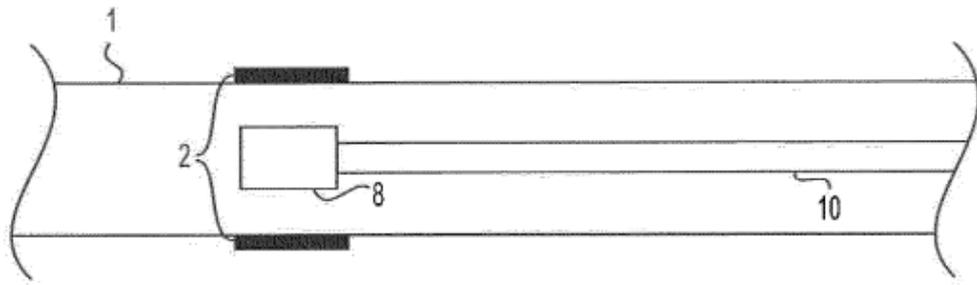
**FIG. 7B**



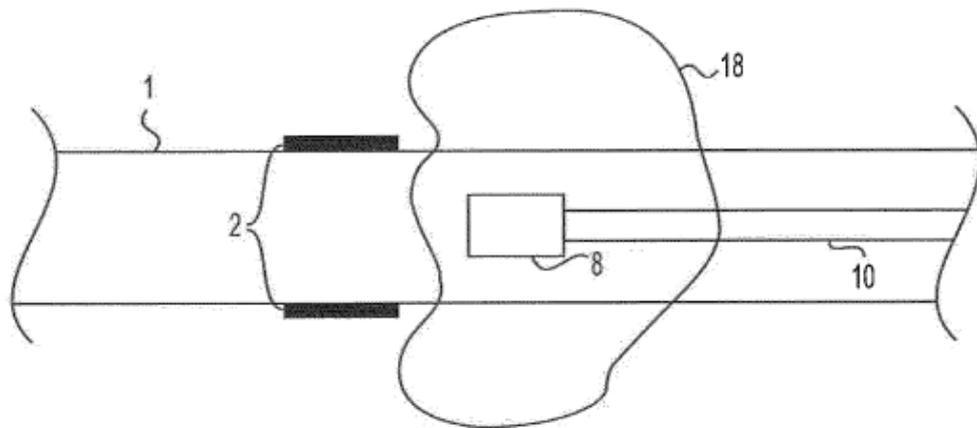
**FIG. 7A**



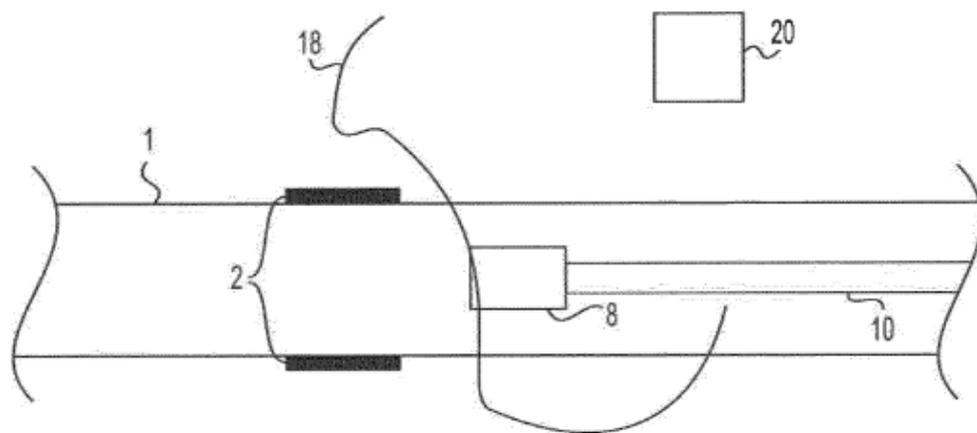
**FIG. 8**



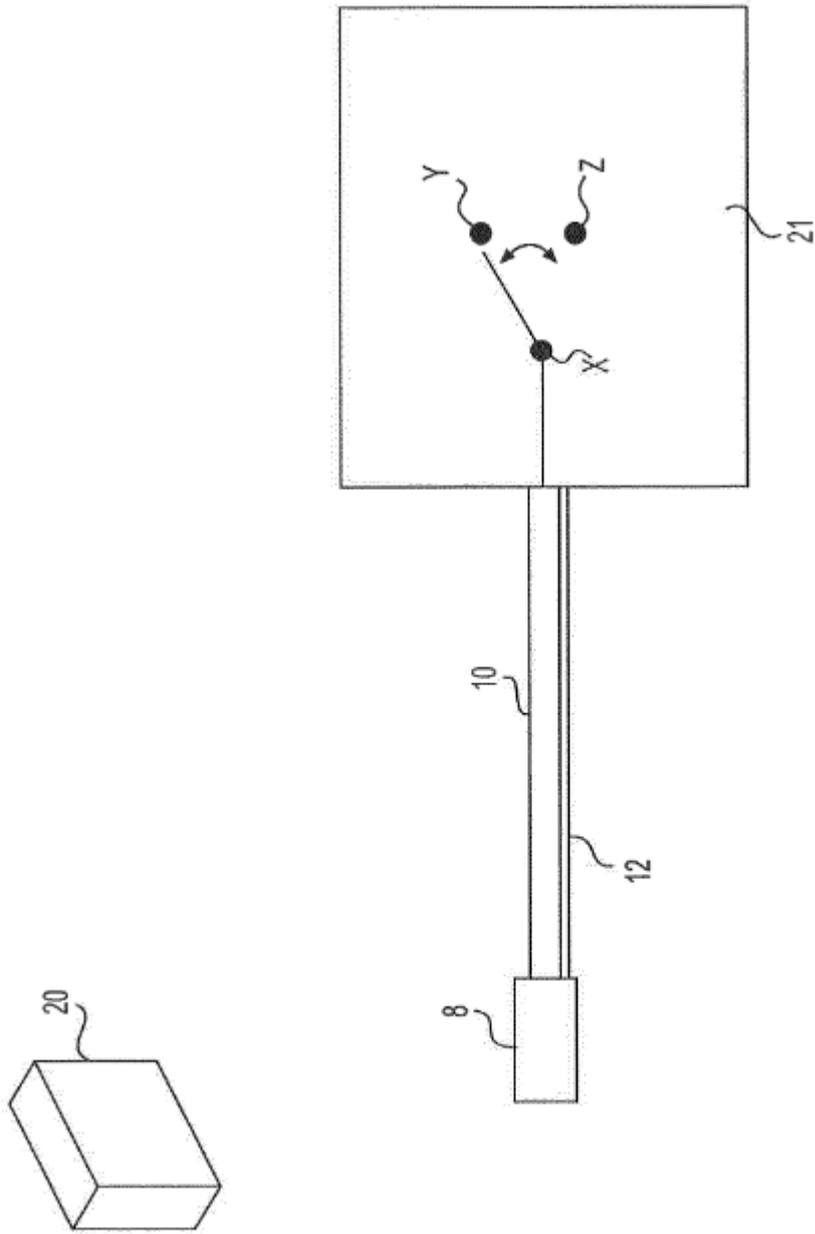
**FIG. 9A**



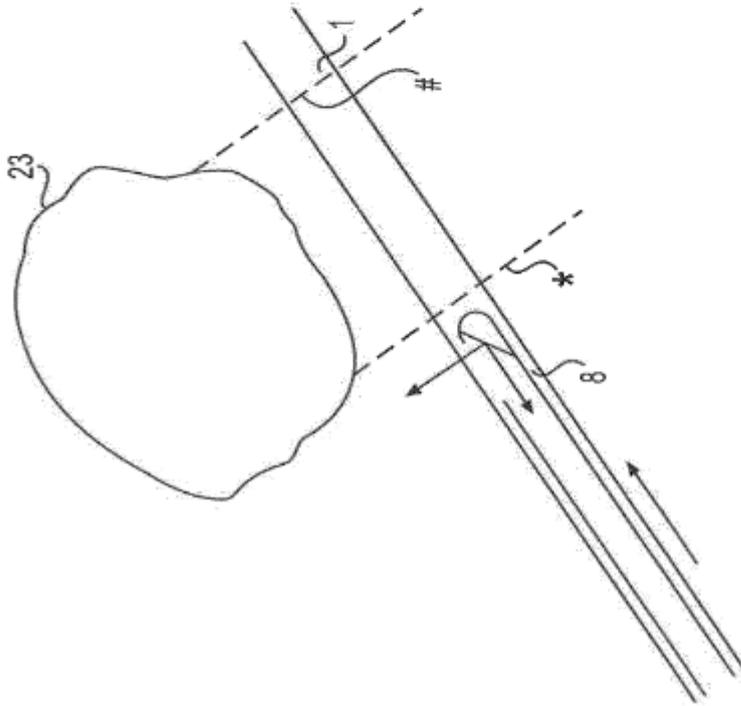
**FIG. 9B**



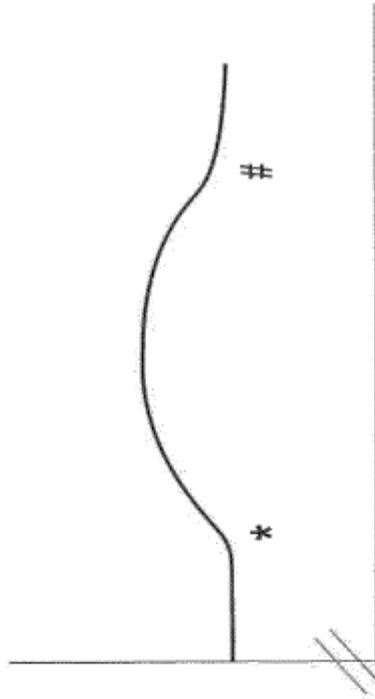
**FIG. 9C**



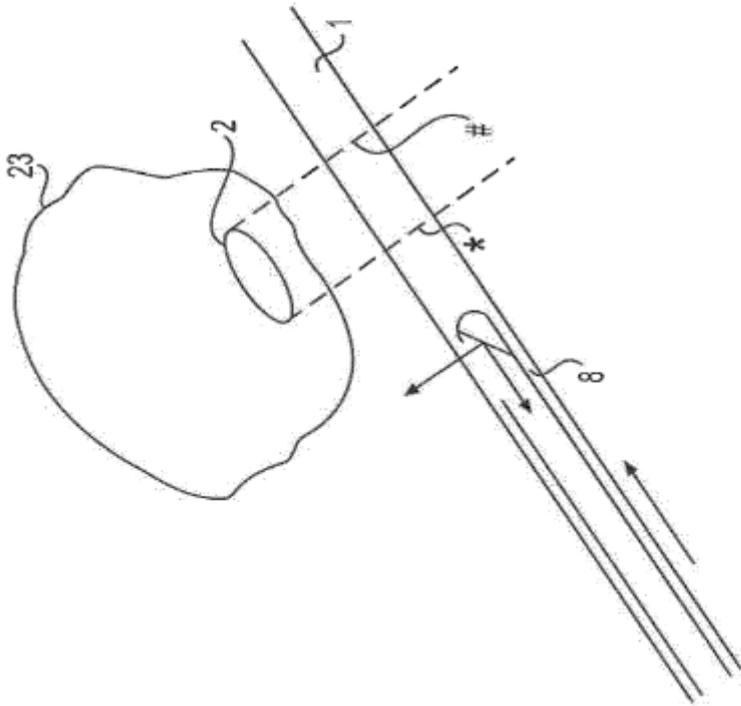
**FIG. 10**



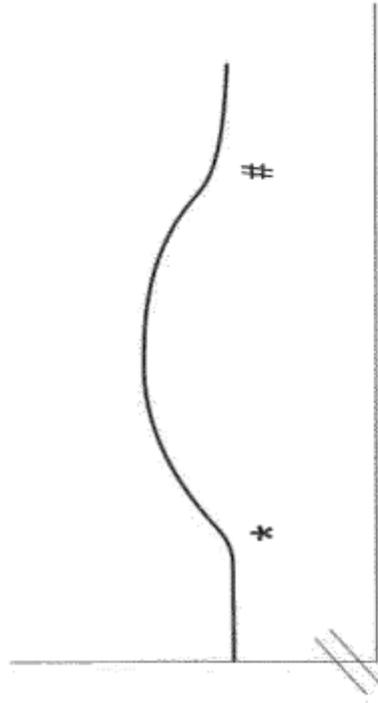
**FIG. 11A**



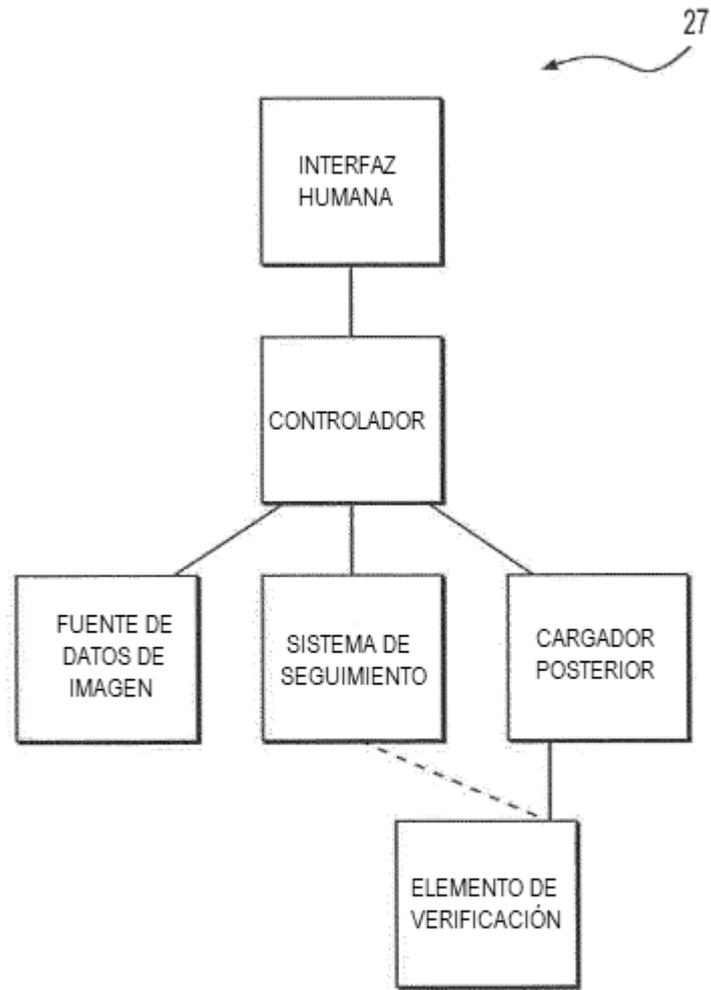
**FIG. 11B**



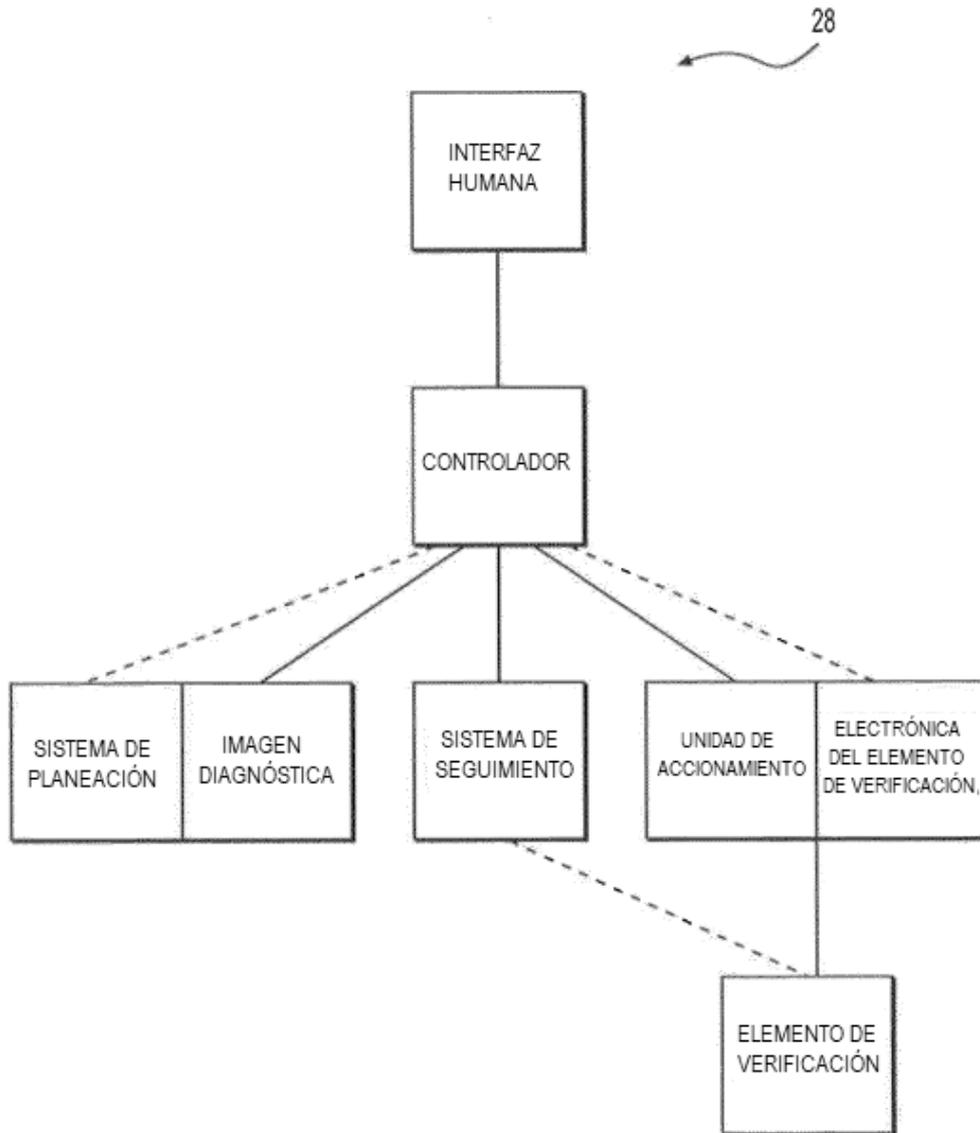
**FIG. 12A**



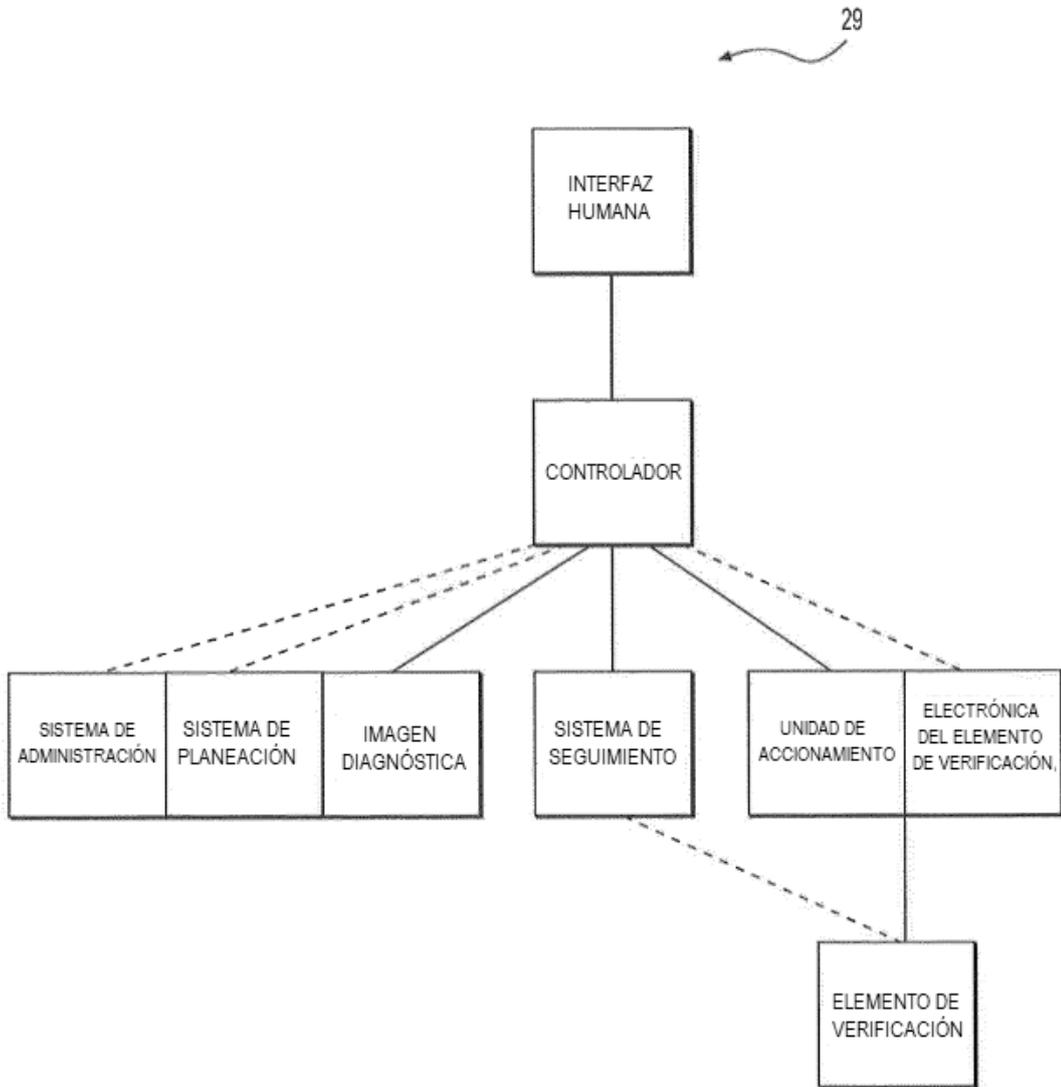
**FIG. 12B**



**FIG. 13**



**FIG. 14**



**FIG. 15**