

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 815 423**

51 Int. Cl.:

**A61B 6/03** (2006.01)

**G06T 7/00** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.02.2017 PCT/US2017/016591**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.08.2017 WO17136781**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.2017 E 17748313 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2020 EP 3410942**

54 Título: **Procedimientos, sistemas y dispositivos para analizar datos de imágenes pulmonares**

30 Prioridad:

**05.02.2016 US 201662291889 P**

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

**30.03.2021**

73 Titular/es:

**PULMONX CORPORATION (100.0%)  
700 Chesapeake Drive  
Redwood City, CA 94063, US**

72 Inventor/es:

**RADHAKRISHNAN, SRI y  
OLIVERA, RYAN**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

ES 2 815 423 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

Procedimientos, sistemas y dispositivos para analizar datos de imágenes pulmonares

5 **REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS**

**[0001]** Esta solicitud reivindica el beneficio de la solicitud de patente estadounidense provisional n.º 62/291.889 (expediente judicial n.º 20920-775.101), depositada el 5 de febrero de 2016.

10 **CAMPO DE LA INVENCION**

**[0002]** La presente descripción se refiere, en general, a dispositivos, procedimientos y sistemas para analizar los datos de imágenes pulmonares.

15 **ANTECEDENTES**

**[0003]** Las enfermedades pulmonares, tales como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), reducen la capacidad de uno o ambos pulmones para expulsar completamente el aire durante la fase de exhalación del ciclo de respiración. Dichas enfermedades se acompañan de obstrucción crónica o recurrente al flujo de aire dentro del pulmón. Debido al aumento de los contaminantes ambientales, el tabaquismo y otras exposiciones nocivas, la incidencia de EPOC ha aumentado drásticamente en las últimas décadas y ahora se ubica como una de las principales causas de la restricción de la actividad o el confinamiento en cama en los Estados Unidos. La EPOC puede incluir trastornos tales como bronquitis crónica, bronquiectasia, asma y enfisema.

25 **[0004]** Se sabe que el enfisema y otras enfermedades pulmonares reducen la capacidad de uno o ambos pulmones para expulsar completamente el aire durante la fase de exhalación del ciclo de respiración. Uno de los efectos de tales enfermedades es que el tejido pulmonar enfermo es menos elástico que el tejido pulmonar sano, que es un factor que impide la exhalación completa del aire. Durante la respiración, la parte enferma del pulmón no retrocede completamente debido a que el tejido pulmonar enfermo (por ejemplo, enfisemático) es menos elástico que el tejido sano. En consecuencia, el tejido pulmonar enfermo ejerce una fuerza impulsora relativamente baja, lo que da como resultado que el pulmón enfermo expulse menos volumen de aire que un pulmón sano. El volumen de aire reducido ejerce menos fuerza sobre la vía respiratoria, lo que permite que la vía respiratoria se cierre antes de que todo el aire haya sido expulsado, otro factor que impide la exhalación completa.

35 **[0005]** El problema se agrava aún más por el tejido enfermo y menos elástico que rodea las vías respiratorias muy estrechas que conducen a los alvéolos, que son los sacos de aire donde se produce el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono. El tejido enfermo tiene menos tono que el tejido sano y, típicamente, no puede mantener abiertas las vías respiratorias estrechas hasta el final del ciclo de exhalación. Esto atrapa aire en los pulmones y exacerba el ciclo de respiración ya ineficiente. El aire atrapado hace que el tejido se hiperexpandan y ya no pueda efectuar un intercambio eficiente de oxígeno y dióxido de carbono.

45 **[0006]** Además, el tejido pulmonar enfermo hiperexpandido ocupa más espacio pleural que el tejido pulmonar sano. En la mayoría de los casos, una parte del pulmón está enferma, mientras que la parte restante está relativamente sana y, por lo tanto, todavía puede llevar a cabo el intercambio de oxígeno de manera eficiente. Al ocupar más espacio pleural, el tejido pulmonar hiperexpandido reduce la cantidad de espacio disponible para acomodar el tejido pulmonar sano y funcional. Como resultado, el tejido pulmonar hiperexpandido provoca una respiración ineficiente debido a su propia funcionalidad reducida y porque afecta negativamente la funcionalidad del tejido sano adyacente.

50 **[0007]** Algunos tratamientos recientes incluyen el uso de dispositivos que aíslan una región enferma del pulmón para reducir el volumen de la región enferma, tal como colapsando la región pulmonar enferma. Según tales tratamientos, se usa un catéter de suministro para implantar uno o más dispositivos implantables en las vías respiratorias que alimentan una región enferma del pulmón para regular el flujo de fluido a la región pulmonar enferma para aislar fluidamente la región del pulmón. Estos dispositivos implantables pueden ser, por ejemplo, válvulas unidireccionales que permiten el flujo solo en la dirección de exhalación, oclusores o tapones que impiden el flujo en cualquier dirección, o válvulas bidireccionales que controlan el flujo en ambas direcciones.

60 **[0008]** Además de lo anterior, a veces es deseable proporcionar procedimientos para sellar canales de flujo colateral entre segmentos pulmonares adyacentes. Dichos procedimientos de sellado pueden ser particularmente útiles para tratar pacientes antes de los procedimientos de reducción del volumen pulmonar endobronquial u otros. Por lo tanto, los procedimientos y aparatos para sellar canales de flujo colateral deberían ser compatibles con los protocolos conocidos para ocluir segmentos y regiones pulmonares enfermos para realizar la reducción del volumen pulmonar, incluida la colocación de tapones y elementos oclusivos dentro de las vías respiratorias que conducen a dichos segmentos y regiones pulmonares enfermos. En otros casos, se pueden proporcionar agentes de sellado, aunque no están equipados con los sistemas o procedimientos para el suministro de canales laterales.

65

**[0009]** Se pueden utilizar técnicas de imagen como la tomografía computarizada de rayos X (TC) en la evaluación de la enfermedad y la planificación del tratamiento. La enfermedad y las características anatómicas de un pulmón pueden ser difíciles de determinar a través de la inspección visual de las imágenes de TC. Por ejemplo, los documentos US2014105472 y US2014275952 describen procedimientos para el análisis cuantitativo de los pulmones en imágenes de TC. Por lo tanto, es deseable proporcionar procedimientos, sistemas y dispositivos para analizar datos de imágenes. Al menos algunos de estos objetivos se cumplirán mediante las invenciones que se describen a continuación en esta solicitud.

**RESUMEN DE LA INVENCION**

10

**[0010]** La presente descripción se refiere a los aspectos de los procedimientos, dispositivos y sistemas para analizar datos de imágenes pulmonares. En un aspecto, se describe un procedimiento para analizar datos de tomografía computarizada de un pulmón. Dicho procedimiento comprende recibir de un dispositivo informático servidor datos anónimos de tomografía computarizada de un pulmón a través de una red desde un dispositivo informático cliente, analizar los datos de tomografía computarizada, calcular una puntuación de integridad de la fisura para cada fisura, crear una reconstrucción tridimensional de las fisuras que indique las localizaciones donde las fisuras están incompletas y crear un informe que incluya las puntuaciones de las fisuras, los volúmenes y las puntuaciones del enfisema. En una realización, el informe puede entregarse a través de la red al dispositivo informático cliente. Analizar datos de tomografía computarizada puede comprender identificar el pulmón, las vías respiratorias y los vasos sanguíneos, segmentar el pulmón en cinco lóbulos separados, sustraer las vías respiratorias hasta por lo menos la tercera generación, calcular los volúmenes de los lóbulos, calcular las puntuaciones de enfisema para los lóbulos en función de las máscaras de densidad e identificar las localizaciones de las fisuras. El pulmón se puede segmentar aún más en segmentos pulmonares separados o subsegmentos pulmonares separados. Los volúmenes y las puntuaciones de enfisema se pueden calcular para segmentos pulmonares o subsegmentos pulmonares. La puntuación de integridad de la fisura del lóbulo superior derecho puede basarse en la integridad de la fisura horizontal y en la porción de la fisura oblicua derecha que separa el lóbulo superior derecho del lóbulo inferior derecho. La puntuación de integridad de la fisura del lóbulo medio derecho puede basarse en la integridad de la fisura horizontal y en la porción de la fisura oblicua derecha que separa el lóbulo medio derecho del lóbulo inferior derecho.

15

20

25

30

**[0011]** El informe puede comprender además una representación gráfica bidimensional del pulmón con los cinco lóbulos identificados. Los lóbulos pueden estar sombreados o coloreados en la representación gráfica bidimensional para indicar la puntuación de enfisema y las fisuras pueden identificarse con líneas que indican la integridad de la fisura.

35

**[0012]** El informe también puede comprender una representación gráfica tridimensional del pulmón. Cada lóbulo puede identificarse en la representación gráfica tridimensional con los lóbulos sombreados o coloreados para indicar la puntuación de enfisema. En una realización, el informe contiene múltiples representaciones gráficas bidimensionales de secciones transversales del pulmón. La representación gráfica tridimensional del pulmón puede ser giratoria para ver el pulmón desde múltiples ángulos de visión. La representación gráfica también puede identificar segmentos pulmonares y subsegmentos pulmonares.

40

**[0013]** Adicionalmente, se pueden determinar los diámetros para los bronquios lobulares, segmentarios y subsegmentarios. También se pueden determinar las distancias desde los ostiums hasta las carinas distales para los bronquios lobulares, segmentarios y subsegmentarios. El informe puede contener los diámetros y distancias. El procedimiento puede incluir además identificar qué subsegmentos están en contacto con una de las localizaciones donde una fisura está incompleta. El informe puede indicar estos subsegmentos identificados.

45

**[0014]** El dispositivo informático servidor puede recibir nuevos datos anónimos de tomografía computarizada del pulmón a través de una red después del tratamiento. Para determinar el éxito del tratamiento, se pueden analizar los nuevos datos y comparar el pulmón después del tratamiento con el pulmón antes del tratamiento. En una realización, la selección de pacientes, la identificación de regiones de interés o la determinación de las opciones de tratamiento pueden mejorarse mediante el aprendizaje automático.

50

**[0015]** En otro aspecto, el informe comprende información sobre la selección de pacientes, información sobre la planificación de tratamientos personalizados, identificación de las regiones de interés, la posible área de tratamiento o los tratamientos recomendados. En una realización, el informe comprende una posible área de tratamiento y un dispositivo implantable recomendado que tiene un diámetro y una longitud que coinciden con el diámetro y la distancia determinados para la posible área de tratamiento. En otra realización, el informe comprende una región de interés, un agente terapéutico recomendado para ser administrado y una vía respiratoria más cercana para el tratamiento con el agente terapéutico. En un aspecto, el informe comprende información sobre la navegación por las vías respiratorias para acceder a las posibles áreas de tratamiento. La información sobre la navegación puede incluir un modelo tridimensional de las vías respiratorias e imágenes bidimensionales de las entradas a las vías respiratorias.

55

60

**[0016]** Este y otros aspectos de la presente descripción se describen en esta invención.

65

**BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

**[0017]** Las realizaciones actuales tienen otras ventajas y características que serán más fácilmente evidentes a partir de la siguiente descripción detallada y las reivindicaciones adjuntas, cuando se toman junto con los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 muestra un procedimiento para analizar datos de imágenes de un pulmón.

La figura 2 muestra una arquitectura del sistema ejemplar.

La figura 3 muestra una representación gráfica ejemplar de un pulmón que indica la puntuación de enfisema y la integridad de la fisura.

**DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION**

**[0018]** Si bien la invención se ha descrito en relación con determinadas realizaciones, los expertos en la materia entenderán que pueden efectuarse diversos cambios y sustituirse por otros equivalentes sin apartarse del alcance de la invención. Además, se podrán realizar muchas modificaciones para adaptarse a una situación o material particular a las enseñanzas de la invención sin apartarse de su alcance, el cual se define en las reivindicaciones adjuntas.

**[0019]** A lo largo de la memoria descriptiva y las reivindicaciones, los siguientes términos toman los significados explícitamente asociados en esta invención a menos que el contexto indique claramente lo contrario. El significado de «un», «uno/a» y «el/la» incluye referencias plurales. El significado de «en» incluye «dentro de» y «sobre». Con referencia a los dibujos, los números iguales indican partes similares en todas las vistas. Además, una referencia al singular incluye una referencia al plural a menos que se indique lo contrario o sea inconsistente con la descripción en esta invención.

**[0020]** La palabra «ejemplar» se usa en esta invención para querer decir «que sirve como un ejemplo, caso o ilustración». Cualquier implementación descrita en esta invención como «ejemplar» no debe interpretarse necesariamente como ventajosa sobre otras implementaciones.

**[0021]** La presente descripción describe procedimientos, sistemas y dispositivos para analizar datos de TC de un pulmón. Si bien el análisis de los datos de tomografía computarizada (TC) de rayos X se describe a lo largo de todo el documento, se contempla que otros datos de imágenes como los de resonancia magnética (RM), ecografía tridimensional, tomografía por emisión de positrones (TEP), tomografía computarizada por emisión de un solo fotón (SPECT), etc., puedan utilizarse de manera adicional o alternativa.

**[0022]** La figura 1 muestra un procedimiento para analizar datos de tomografía computarizada de un pulmón. En la figura 2 se muestra un ejemplo de la correspondiente arquitectura del sistema. En la etapa **101**, un dispositivo cliente **202** adquiere datos de TC de un pulmón de un dispositivo de imágenes **201**. Los datos de TC pueden estar en varios formatos, tales como Imagen Digital y Comunicaciones en Medicina (DICOM). En la etapa **102**, los datos identificables del paciente se eliminan de los datos de TC en el dispositivo informático cliente **202** a fin de anonimizar los datos de TC. En la etapa **103**, los datos anónimos de TC se transfieren a través de la red **203** a un dispositivo informático servidor **204**.

**[0023]** En la etapa **104**, el dispositivo informático servidor **204** analiza los datos de TC. Se han descrito procedimientos para analizar datos de imágenes de TC en Kuhnigk, Jan-Martin, y col. «Informatics in radiology (infoRAD): new tools for computer assistance in thoracic CT. Part 1. Functional analysis of lungs, lung lobes, and bronchopulmonary segments». Radiographies: a review publication of the Radiological Society of North America, Inc 25.2 (2004): 525-536., Kuhnigk, Jan-Martin y col. «Lung lobe segmentation by anatomy-guided 3D watershed transform». Medical Imaging 2003. International Society for Optics and Photonics, 2003, Zhang, Li y Joseph M. Reinhardt. «Detection of lung lobar fissures using fuzzy logic». Medical Imaging'99. International Society for Optics and Photonics, 1999, Zhang, Li y Joseph M. Reinhardt. «3D pulmonary CT image registration with a standard lung atlas». Medical Imaging 2000. International Society for Optics and Photonics, 2000, Qian, Jiang, Theophano Mitsa y Eric A. Hoffman. «Elastic contour model-based analysis of structural deformations: towards time-sequenced regional lung parenchymal analysis». Medical Imaging 1996. International Society for Optics and Photonics, 1996, Reinhardt, Joseph M. y col. «Pulmonary imaging and analysis». Handbook of medical imaging 2 (2000): 1005-1060, Zhang, Li, Eric A. Hoffman y Joseph M. Reinhardt. «Atlas-driven lung lobe segmentation in volumetric X-ray CT images». Medical Imaging 2003. International Society for Optics and Photonics, 2003, Zhang, Li, Eric A. Hoffman y Joseph M. Reinhardt. «Lung lobe segmentation by graph search with 3D shape constraints». Medical Imaging 2001. International Society for Optics and Photonics, 2001, Marie-Pierre Revel y col., Automated lobar quantification of enfhysema in patients with severe COPD, European Radiology Diciembre 2008, Volumen 18, número 12, pp 2723-2730, Wiemker, Rafael, Thomas Bulow y Thomas Blaffert. «Unsupervised extraction of the pulmonary interlobar fissures from high resolution thoracic CT data». International Congress Series. Vol. 1281. Elsevier, 2005, Xiao, C. y col. «Pulmonary Fissure Detection in CT Images Using a Derivative of Stick Filter». IEEE transactions on medical imaging (2016), Schmidt-Richberg, Alexander y col. «Evaluation of Algorithms for Lung Fissure Segmentation in CT images». Bildverarbeitung fur die Medizin 2012. Springer Berlin Heidelberg, 2012. 201-206, Klinder, Tobias, Hannes Wendland y Rafael Wiemker.

«Lobar fissure detection using line enhancing filters». SPIE Medical Imaging. International Society for Optics and Photonics, 2013, Lassen, Bianca y col. «Lung and lung lobe segmentation methods at Fraunhofer MEVIS». 4th Int. MICCAI Workshop Pulmonary Image Anal., Toronto, Canadá. 2011, Lassen, Bianca y col. «Automatic segmentation of lung lobes in CT images based on fissures, vessels, and bronchi». Biomedical Imaging: From Nano to Macro, 2010  
 5 IEEE International Symposium on. IEEE, 2010, Lassen, Bianca y col. «Interactive lung lobe segmentation and correction in tomographic images». SPIE Medical Imaging. International Society for Optics and Photonics, 2011, Revel, Marie-Pierre y col. «Automated lobar quantification of emphysema in patients with severe COPD». European radiology 18.12 (2008): 2723-2730, Sluimer, Ingrid, Mathias Prokop y Bram Van Ginneken. «Toward automated segmentation of the pathological lung in CT». Medical Imaging, IEEE Transactions on 24.8 (2005): 1025-1038. c.

10

**[0024]** Opcionalmente, se pueden realizar controles de calidad para asegurar que los escaneos sean de calidad apropiada para el procesamiento. El análisis de los datos de TC puede comprender algunas o todas las etapas **104a-104i**. Algunas o todas de las etapas **104a-104i** pueden realizarse secuencialmente en varios órdenes. De manera adicional o alternativa, algunas o todas de las etapas **104a-104i** pueden realizarse en paralelo. En la etapa **104a**, el  
 15 dispositivo informático servidor **204** identifica los pulmones, las vías respiratorias y los vasos sanguíneos utilizando los datos de TC.

20

**[0025]** En la etapa **104b**, el dispositivo informático servidor **204** segmenta el pulmón. En una realización, el pulmón está segmentado en cinco lóbulos separados: el lóbulo superior derecho, el lóbulo medio derecho, el lóbulo inferior derecho, el lóbulo superior izquierdo y el lóbulo inferior izquierdo. Cada lóbulo puede segmentarse adicionalmente en segmentos pulmonares separados. Los segmentos pulmonares también pueden segmentarse adicionalmente en subsegmentos pulmonares separados.

25

**[0026]** En la etapa **104c**, el dispositivo informático servidor **204** sustrae las vías respiratorias. En una realización, las vías respiratorias se sustraen hasta la tercera generación. En otras realizaciones, se pueden sustraer más o menos generaciones de vías respiratorias.

30

**[0027]** En la etapa **104d**, el dispositivo informático servidor **204** calcula los volúmenes de los lóbulos. En una realización, se pueden calcular volúmenes de segmentos pulmonares separados. El dispositivo informático servidor **204** también puede calcular volúmenes de subsegmentos pulmonares separados.

35

**[0028]** En la etapa **104e**, el dispositivo informático servidor **204** calcula las puntuaciones de enfisema para los lóbulos. Las puntuaciones de enfisema se pueden calcular utilizando máscaras de densidad en varios umbrales definidos por el usuario, por ejemplo, -910 unidades Hounsfield o -950 unidades Hounsfield. En una realización, se  
 pueden calcular las puntuaciones de enfisema para segmentos pulmonares separados. El dispositivo informático servidor **204** también puede calcular puntuaciones de enfisema para subsegmentos pulmonares separados.

40

**[0029]** En la etapa **104f**, el dispositivo informático servidor **204** identifica localizaciones de fisuras. En la etapa **104h**, el dispositivo informático servidor **204** identifica la integridad de la fisura para cada fisura o porciones de cada  
 fisura. Las puntuaciones de integridad de la fisura se calculan para cada lóbulo. Las puntuaciones de integridad de la fisura pueden representar el porcentaje completo de las porciones de las fisuras que tocan cada lóbulo. Por ejemplo, la puntuación de integridad de la fisura del lóbulo superior derecho puede basarse en la integridad de la fisura horizontal y en la integridad de la porción de la fisura oblicua derecha que separa el lóbulo superior derecho del lóbulo inferior derecho. De manera similar, la puntuación de integridad de la fisura del lóbulo medio derecho puede basarse  
 45 en la integridad de la fisura horizontal y en la integridad de la porción de la fisura oblicua derecha que separa el lóbulo medio derecho del lóbulo inferior derecho.

50

**[0030]** En la etapa **104h**, el dispositivo informático servidor **204** puede determinar los diámetros de las vías respiratorias. En una realización, se determinan los diámetros de los bronquios lobulares, segmentarios y subsegmentarios para cada lóbulo. En la etapa **104i**, el dispositivo informático servidor **204** puede determinar las longitudes de las vías respiratorias. En una realización, se pueden determinar distancias desde un ostium hasta una carina distal para los bronquios lobulares, los bronquios segmentarios y los bronquios subsegmentarios.

55

**[0031]** En la etapa **105**, el dispositivo informático servidor **204** crea una reconstrucción tridimensional de las fisuras que indica localizaciones donde las fisuras están incompletas. En una realización, la reconstrucción de las fisuras puede estar codificada por colores o comprender un mapa de calor para indicar la integridad. En la etapa **106**, el dispositivo informático servidor **204** crea un informe que comprende puntuaciones de las fisuras, volúmenes y puntuaciones de enfisema para cada lóbulo. El informe puede ser exportable en varios formatos electrónicamente visibles o imprimibles, como el formato de documento portátil (PDF), documentos de procesamiento de textos, imágenes como JPEG, videos, etc. En una realización, el informe comprende puntuaciones de fisuras, volúmenes y puntuaciones de enfisema para segmentos pulmonares separados. El informe también puede comprender puntuaciones de fisuras, volúmenes y puntuaciones de enfisema para subsegmentos pulmonares separados. El informe también puede comprender la reconstrucción tridimensional de las fisuras.

65

**[0032]** La figura 3 muestra una representación gráfica ejemplar de un pulmón incluido en el informe. El informe

puede comprender una representación gráfica bidimensional del pulmón **300** con los cinco lóbulos **301a-301e** identificados. Los lóbulos **301a-301e** están sombreados o coloreados en la representación gráfica bidimensional para indicar la puntuación de enfisema. Las fisuras **302a-302c** se pueden identificar en la representación gráfica bidimensional con líneas que indican la integridad de la fisura **302a-302c**. Las líneas de fisura pueden tener  
 5 sombreado, codificación de color, espesor o líneas discontinuas variables en comparación con líneas discontinuas para indicar la integridad de la fisura **302a-302c**. Las fisuras **302a-302c** pueden clasificarse en diferentes categorías con diferentes tipos de línea en función de la integridad de la fisura **302a-302c** para esa localización. En una realización, las fisuras **302a-302c** reciben un primer tipo de línea si tienen una alta integridad con una puntuación de fisura mayor que un porcentaje de integridad de fisura especificado (por ejemplo, >95 %), un segundo tipo de línea si  
 10 tienen una baja integridad con una puntuación de fisura menor que un porcentaje de integridad especificado (por ejemplo, <80 %), o un tercer tipo de línea si tienen una integridad intermedia con un porcentaje de integridad especificado definido entre puntuaciones de integridad altas y bajas (por ejemplo, entre 80 % y 95 %).

**[0033]** El informe puede comprender además una representación gráfica tridimensional del pulmón con cada  
 15 lóbulo identificado. Los lóbulos pueden estar sombreados o coloreados en la representación gráfica tridimensional para indicar la puntuación de enfisema. En una realización, la representación gráfica tridimensional del pulmón puede identificar cada segmento pulmonar y/o cada subsegmento pulmonar. Los segmentos pulmonares y/o subsegmentos pulmonares pueden estar sombreados o coloreados en la representación gráfica tridimensional para indicar la puntuación de enfisema. Las fisuras pueden identificarse en la representación gráfica tridimensional con líneas que  
 20 indican la integridad de la fisura. En una realización, el informe contiene múltiples representaciones gráficas bidimensionales de secciones transversales del pulmón. El modelo tridimensional puede proporcionarse como un vídeo o modelo interactivo en el que el pulmón es giratorio para ver el modelo de pulmón desde múltiples ángulos de visión.

**[0034]** El informe se puede anotar y personalizar para el pulmón específico. La anotación y la personalización pueden incluir información sobre la selección de pacientes, información sobre la planificación de tratamientos personalizados, identificación de las regiones de interés, las posibles áreas de tratamiento y/o los tratamientos  
 25 recomendados.

**[0035]** El informe puede incluir recomendaciones de tratamiento para utilizar dispositivos implantables como válvulas endobronquiales, clips o tapones. En una realización, el dispositivo implantable es una válvula de control de flujo unidireccional configurada para permitir que el aire fluya fuera del compartimento del pulmón objetivo e impedir que el aire fluya hacia el compartimento del pulmón objetivo, causando así la reducción del volumen o colapso de la región del pulmón objetivo. Los ejemplos de dichos implantes y procedimientos se describen, por ejemplo, en la patente  
 35 estadounidense n.º 8,136,526 y la patente estadounidense n.º 7,798, 147. En una realización, el informe contiene los diámetros y distancias de las vías respiratorias determinados en las etapas **104h** y **104i**. El dispositivo informático servidor **204** puede configurarse para comparar los diámetros y distancias determinados con diámetros y longitudes conocidos de dispositivos implantables y crear un plan de tratamiento con posibles áreas de tratamiento en función de una combinación ideal de dispositivos a colocar. El informe puede incluir posibles áreas de tratamiento y dispositivos  
 40 implantables recomendados con diámetros y longitudes que coincidan con los diámetros y distancias determinados para las posibles áreas de tratamiento.

**[0036]** De manera adicional o alternativa, el informe puede comprender recomendaciones de tratamiento para utilizar agentes terapéuticos tales como sellantes. Los ejemplos de dichos agentes terapéuticos y procedimientos se describen, por ejemplo, en las patentes estadounidenses n.º 8,137,302, 7,819,908 y 8,445, 589. El dispositivo informático servidor **204** puede estar configurado para identificar qué segmentos pulmonares o subsegmentos pulmonares están en contacto con una de las localizaciones donde una fisura está incompleta. El informe puede indicar los segmentos pulmonares o subsegmentos pulmonares identificados en contacto con una localización donde una fisura está incompleta. El informe también puede incluir recomendaciones de agentes terapéuticos a administrar en  
 45 segmentos o subsegmentos pulmonares identificados que estén en contacto con una localización en la que una fisura esté incompleta. En una realización, se proporcionan regiones de interés seleccionables por el usuario con las vías respiratorias más cercanas identificadas para el tratamiento con el agente terapéutico.

**[0037]** Con cualquiera de las opciones de tratamiento recomendadas, el informe puede comprender información sobre la navegación para acceder a posibles áreas de tratamiento. En una realización, el informe comprende un modelo tridimensional de las vías respiratorias. De manera adicional o alternativa, el informe puede comprender una imagen bidimensional de una entrada a cada vía respiratoria. El informe también puede proporcionar un vídeo con un recorrido virtual y/o etapas paso a paso bidimensionales para acceder a la región de interés desde la tráquea.  
 55

**[0038]** En la etapa **107**, el dispositivo informático servidor **204** entrega el informe al dispositivo cliente **202** u otro dispositivo informático a través de la red. Opcionalmente, la información identificable del usuario eliminada en la etapa **102** puede añadirse al informe en el dispositivo cliente **202**.  
 60

**[0039]** Opcionalmente, las etapas **101** a **107** pueden repetirse después del tratamiento. Los resultados se  
 65

pueden utilizar para comparar el pulmón antes y después del tratamiento con el fin de determinar el éxito del tratamiento. En una realización, el éxito del tratamiento determinado puede utilizarse como retroalimentación para mejorar la selección de pacientes en el futuro, la identificación de las regiones de interés y/o la determinación de las opciones de tratamiento mediante el aprendizaje automático.

5

**[0040]** Cualquiera de las etapas, operaciones o procedimientos descritos en esta invención puede llevarse a cabo o implementarse con uno o más módulos de hardware o software, solos o en combinación con otros dispositivos. En una realización, un módulo de software se implementa con un producto de programa informático que comprende un medio legible por ordenador que contiene un código de programa informático, que puede ser ejecutado por un procesador informático para realizar cualquier o todas de las etapas, operaciones o procedimientos descritos.

10

**[0041]** Las realizaciones de la invención también pueden referirse a un aparato o sistema para realizar las operaciones de la misma. Este aparato o sistema puede construirse especialmente para los fines requeridos, y/o puede comprender un dispositivo informático de propósito general activado selectivamente o reconfigurado por un programa informático almacenado en un ordenador. Dicho programa informático puede almacenarse en un medio de almacenamiento no transitorio, tangible y legible por ordenador, o en cualquier tipo de medio adecuado para almacenar instrucciones electrónicas, que puede acoplarse a un bus de sistema informático. Asimismo, cualquier sistema informático al que se hace referencia en la memoria descriptiva puede incluir un solo procesador o pueden ser arquitecturas que emplean múltiples diseños de procesador para aumentar la capacidad de cálculo.

15

20

**[0042]** El dispositivo de imágenes 201, el dispositivo informático cliente 202 y el dispositivo informático servidor 204 que se muestran en la figura 2 pueden comprender diversos componentes que incluyen, entre otros, una o más unidades de procesamiento, unidades de memoria, interfaces de vídeo o de visualización, interfaces de red, interfaces de entrada/salida y buses que conectan las diversas unidades e interfaces. Las interfaces de red permiten que el dispositivo de imágenes 201, el dispositivo informático cliente 202 y/o el dispositivo informático servidor 204 se conecten a la red 203. Las unidades de memoria pueden comprender memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de solo lectura (ROM), memoria de solo lectura programable y borrable electrónicamente (EEPROM) y sistema básico de entrada/salida (BIOS). La unidad de memoria puede comprender además otras unidades de almacenamiento tales como almacenamiento no volátil que incluye unidades de disco magnético, unidades ópticas, memoria flash y similares.

25

30

**[0043]** Si bien la figura 2 ilustra un dispositivo de imágenes 201, un dispositivo informático cliente 202, una red 203 y un dispositivo informático servidor 204, se pretende que esto sea meramente un ejemplo. Alternativamente, puede estar presente cualquier número de dispositivos de imágenes 201, dispositivos informáticos clientes 202, redes 203, o dispositivos informáticos servidores 204. Algunos o todos de los componentes del dispositivo de imágenes 201, el dispositivo informático cliente 202 y/o el dispositivo informático servidor 204 pueden combinarse en un único dispositivo. Del mismo modo, algunos o todos de los componentes del dispositivo de imágenes 201, del dispositivo informático cliente 202 y/o del dispositivo informático servidor 204 pueden separarse en distintos dispositivos conectados a través de la red 203 u otros procedimientos de conexión.

35

40

**[0044]** Los diversos dispositivos descritos en la figura 2 pueden comprender dispositivos informáticos o encontrarse en dispositivos informáticos tales como servidores, ordenadores de sobremesa, ordenadores portátiles, tabletas, asistentes digitales personales (PDA), teléfonos inteligentes, teléfonos móviles, dispositivos inteligentes, aparatos, sensores o similares. Los dispositivos informáticos pueden incluir procesadores, memorias, interfaces de red, interfaces periféricas y similares.

45

**[0045]** Los diversos dispositivos en la figura 2 pueden configurarse para comunicarse directa o indirectamente con una red inalámbrica tal como a través de una estación base, un enrutador, un conmutador u otros dispositivos informáticos. En una realización, los componentes se pueden configurar para utilizar varios protocolos de comunicación como el sistema global para comunicaciones móviles (GSM), el servicio general de paquetes vía radio (GPRS), el entorno GSM de datos mejorados (EDGE), el acceso múltiple por división de código (CDMA), el acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA), Bluetooth, el acceso a paquetes de alta velocidad (HSPA), evolución a largo plazo (LTE) y la interoperabilidad mundial para acceso por microondas (WiMAX).

50

55

**[0046]** Los dispositivos pueden configurarse además para utilizar el protocolo de datagramas de usuario (UDP), el protocolo de control de transmisión (TCP), Wi-Fi, enlaces de satélite y varios otros protocolos, tecnologías o procedimientos de comunicación. Asimismo, los dispositivos pueden estar configurados para conectarse a una red electrónica sin comunicarse a través de una red inalámbrica. Los dispositivos pueden configurarse para utilizar líneas telefónicas analógicas (conexión telefónica), líneas digitales (T1, T2, T3, T4, o similares), líneas de abonado digital (DSL), Ethernet, o similares. Se contempla, además, que los dispositivos puedan conectarse directamente a un dispositivo informático a través de un puerto USB, Bluetooth, infrarrojos (IR), puerto Firewire, puerto Thunderbolt, conexión inalámbrica ad-hoc o similares. Los dispositivos se pueden configurar para enviar, recibir y/o administrar mensajes tales como correo electrónico, SMS, IM, MMS o similares.

60

65

**[0047]** Si bien lo anterior es una descripción completa de las realizaciones preferidas de la invención, se pueden usar diversas alternativas, modificaciones y equivalentes. Por lo tanto, la descripción anterior no debe tomarse como

limitante del alcance de la invención que se define por las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para analizar datos de tomografía computarizada de un pulmón, comprendiendo el procedimiento:
  - 5 recibir mediante un dispositivo informático servidor datos anónimos de tomografía computarizada de un pulmón a través de una red desde un dispositivo informático cliente en una ubicación diferente; analizar los datos de tomografía computarizada, donde analizar los datos de tomografía computarizada comprende identificar los pulmones, vías respiratorias y vasos sanguíneos;
  - 10 segmentar el pulmón en cinco lóbulos separados; sustraer las vías respiratorias hasta al menos la tercera generación; calcular los volúmenes de los lóbulos; calcular las puntuaciones de enfisema de los lóbulos en función de las máscaras de densidad; identificar las localizaciones de las fisuras;
  - 15 calcular una puntuación de integridad de la fisura para cada fisura, donde la puntuación de integridad de la fisura del lóbulo superior derecho se basa en la integridad de la fisura horizontal y la porción de la fisura oblicua derecha que separa el lóbulo superior derecho del lóbulo inferior derecho, y donde la puntuación de integridad de la fisura del lóbulo medio derecho se basa en la integridad de la fisura horizontal y la porción de la fisura oblicua derecha que separa el lóbulo medio derecho del lóbulo inferior derecho;
  - 20 crear una reconstrucción tridimensional de las fisuras que indique localizaciones donde las fisuras están incompletas; y crear un informe que comprenda puntuaciones de las fisuras, volúmenes y puntuaciones de enfisema para cada lóbulo.
- 25 2. El procedimiento de la reivindicación 1, donde el informe comprende además una representación gráfica bidimensional del pulmón con los cinco lóbulos identificados; donde los lóbulos están sombreados o coloreados en la representación gráfica bidimensional para indicar la puntuación de enfisema; y donde las fisuras se identifican en la representación gráfica bidimensional con líneas que indican la integridad de la
  - 30 fisura.
3. El procedimiento de la reivindicación 2, donde el informe comprende además una representación gráfica tridimensional del pulmón; donde cada lóbulo se identifica en la representación gráfica tridimensional; donde los lóbulos están sombreados o
  - 35 coloreados en la representación gráfica tridimensional para indicar la puntuación de enfisema; y donde el informe contiene múltiples representaciones gráficas bidimensionales de secciones transversales del pulmón, opcionalmente donde la representación gráfica tridimensional del pulmón es giratoria para ver el pulmón desde múltiples ángulos de visión.
- 40 4. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además entregar el informe a través de la red al dispositivo informático cliente.
5. El procedimiento de la reivindicación 1, donde el informe comprende información sobre la selección de
  - 45 pacientes.
6. El procedimiento de la reivindicación 1, donde el informe comprende información personalizada sobre la planificación del tratamiento, por ejemplo, donde la información personalizada sobre la planificación del tratamiento comprende la identificación de regiones de interés y/o donde la información personalizada sobre la planificación del
  - 50 tratamiento comprende posibles áreas de tratamiento y tratamientos recomendados para las posibles áreas de tratamiento.
7. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además la recepción de nuevos datos anónimos de tomografía computarizada del pulmón mediante el dispositivo informático servidor a través de una red después del
  - 55 análisis de los nuevos datos anónimos de tomografía computarizada; y comparar el pulmón después del tratamiento con el pulmón antes del tratamiento para determinar el éxito del tratamiento, lo que opcionalmente comprende además la mejora de la selección de pacientes, la identificación de las regiones de interés o la determinación de las opciones de tratamiento mediante el aprendizaje automático.
- 60 8. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además determinar los diámetros de las vías respiratorias para bronquios lobulares, bronquios segmentarios y bronquios subsegmentarios para cada lóbulo; y determinar la distancia entre el ostium y la carina distal para los bronquios lobulares, segmentarios y subsegmentarios; donde el informe contiene los diámetros y distancias de las vías respiratorias determinados.
- 65 9. El procedimiento de la reivindicación 8, donde el informe comprende una posible área de tratamiento y

un dispositivo implantable propuesto que tiene un diámetro y una longitud que coinciden con el diámetro y distancia determinados para la posible área de tratamiento, opcionalmente donde el informe comprende información sobre la navegación por las vías respiratorias para acceder a la posible área de tratamiento.

- 5 10. El procedimiento de la reivindicación 8, donde el informe comprende un modelo tridimensional de las vías respiratorias o una imagen bidimensional de la entrada a una vía respiratoria.
11. El procedimiento de la reivindicación 1, donde analizar los datos de tomografía computarizada  
10 comprende además segmentar el cada lóbulo en segmentos pulmonares separados; calcular los volúmenes de los segmentos pulmonares; y calcular las puntuaciones de enfisema para los segmentos en función de las máscaras de densidad; y donde el informe comprende volúmenes y puntuaciones de enfisema para cada segmento pulmonar.
- 15 12. El procedimiento de la reivindicación 11, donde analizar los datos de tomografía computarizada comprende además segmentar cada segmento pulmonar en subsegmentos pulmonares separados; calcular los volúmenes de los subsegmentos pulmonares; y calcular las puntuaciones de enfisema para los subsegmentos en función de las máscaras de densidad; donde el informe comprende volúmenes y puntuaciones de  
20 enfisema para cada subsegmento pulmonar.
13. El procedimiento de la reivindicación 12, donde el informe comprende una región de interés, una recomendación de agente terapéutico que se ha de administrar y una vía respiratoria más cercana para el tratamiento con el agente terapéutico, opcionalmente donde el informe comprende información sobre la navegación por las vías respiratorias para acceder a la región de interés.  
25
14. El procedimiento de la reivindicación 12, que comprende además identificar qué subsegmentos están en contacto con una de las localizaciones donde una fisura está incompleta; donde el informe indica los subsegmentos identificados que están en contacto con una localización donde una fisura está incompleta, opcionalmente donde el informe comprende información sobre la navegación por las vías respiratorias para acceder a la localización donde la  
30 fisura está incompleta.
15. El procedimiento de la reivindicación 12, donde el informe comprende además una representación gráfica tridimensional del pulmón; donde cada segmento pulmonar y subsegmento pulmonar se identifica en la representación gráfica tridimensional;  
35 donde los segmentos y subsegmentos pulmonares están sombreados o coloreados en la representación gráfica tridimensional para indicar la puntuación de enfisema; y donde el informe contiene múltiples representaciones gráficas bidimensionales de secciones transversales del pulmón.

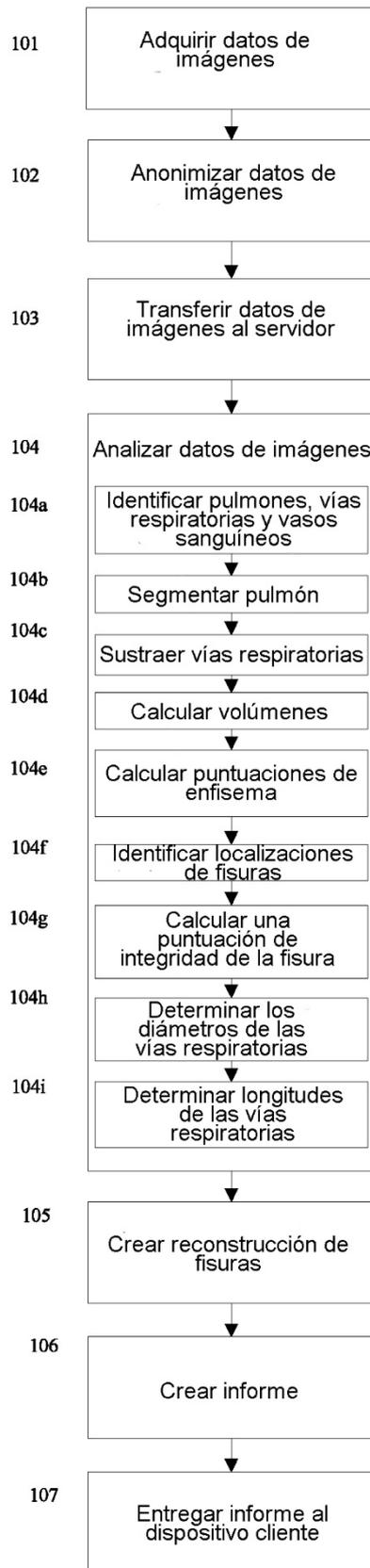


FIG. 1

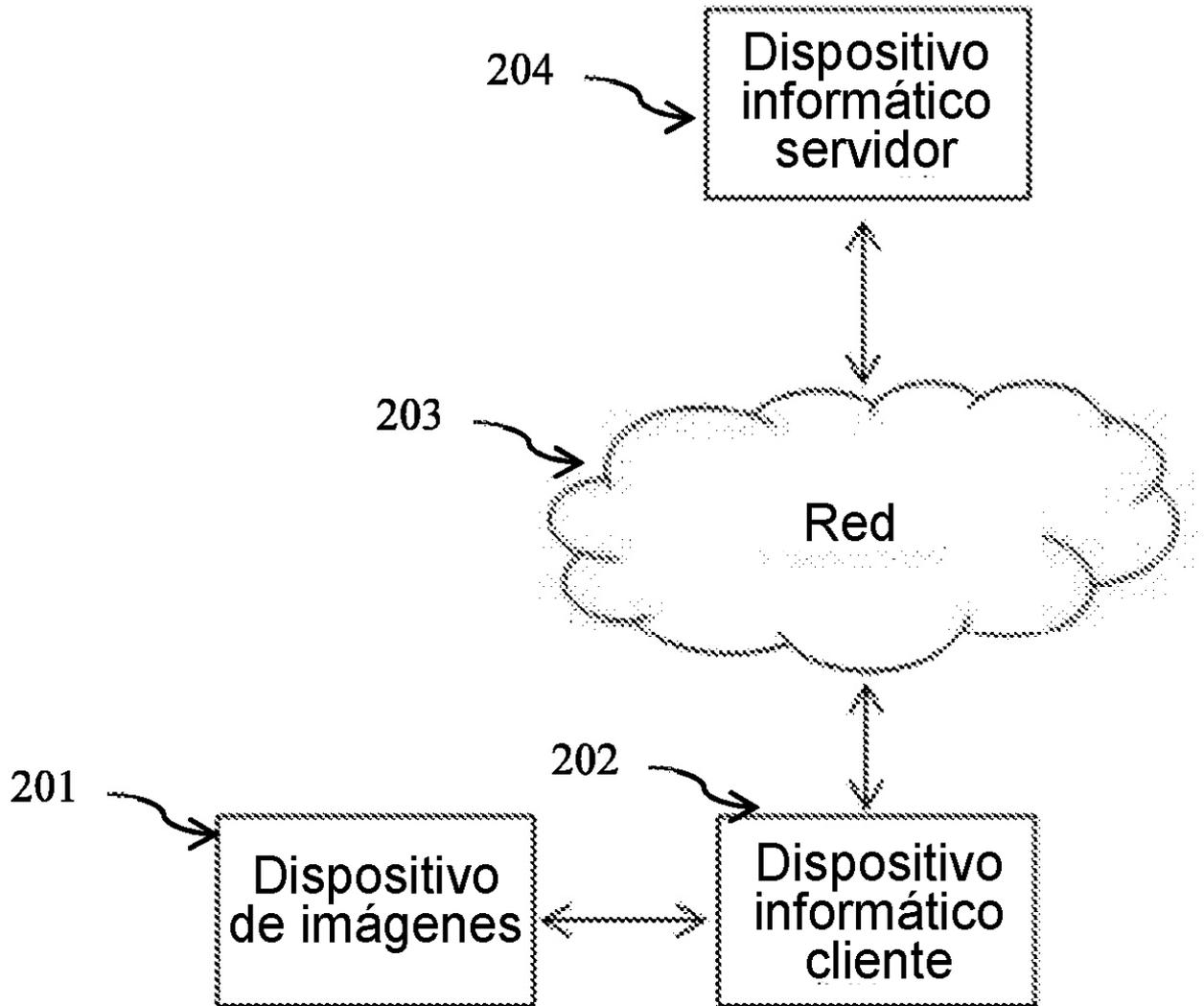


FIG. 2

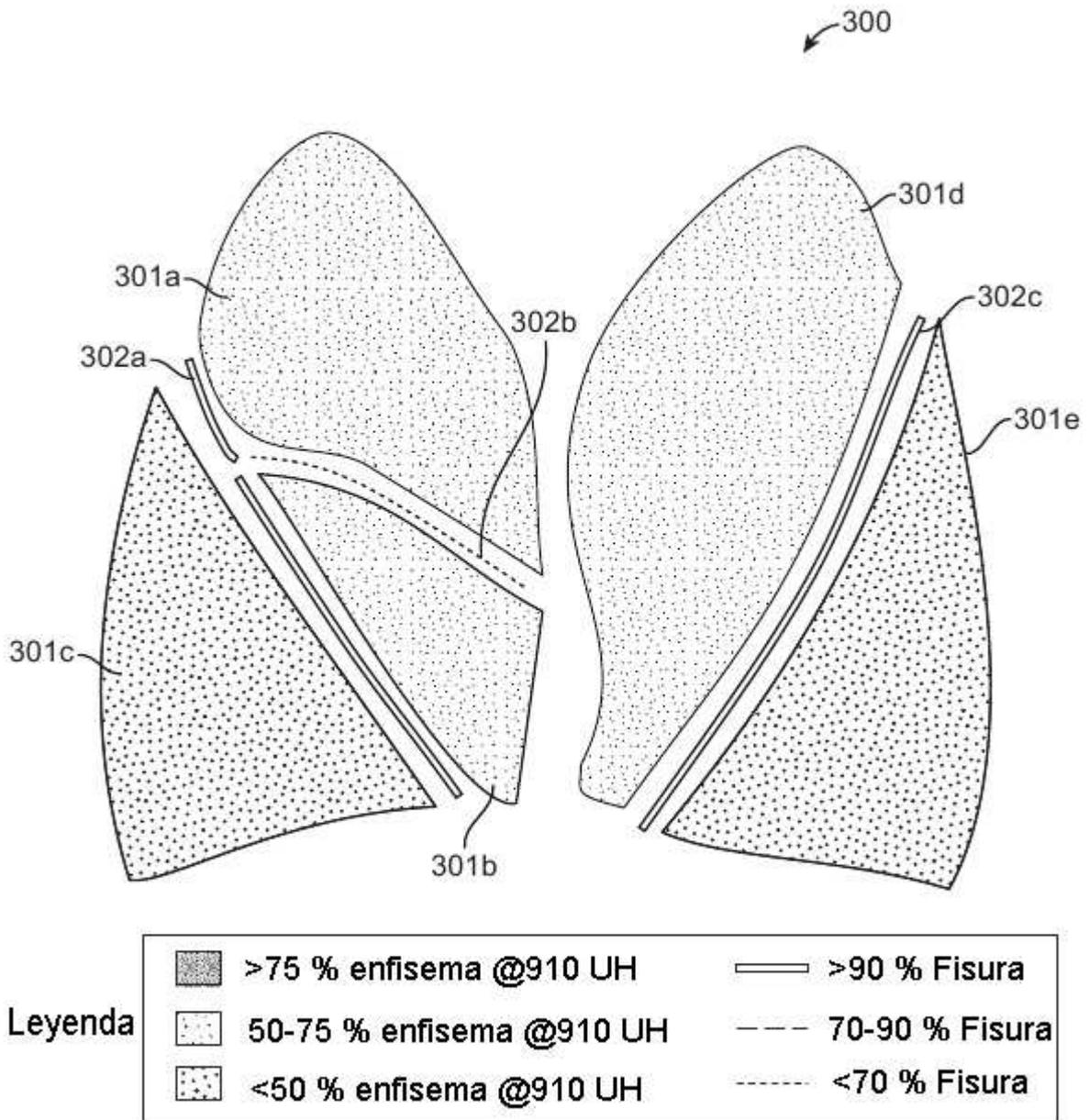


FIG. 3