

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 015 134**

51 Int. Cl.:

G16H 50/20	(2008.01)
A61B 5/00	(2006.01)
G06N 20/00	(2009.01)
G06N 3/02	(2006.01)
G16H 30/40	(2008.01)
G06T 7/00	(2007.01)
G06V 20/69	(2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.10.2019 PCT/CA2019/051401**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **16.04.2020 WO20073114**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.10.2019 E 19871128 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2024 EP 3864669**

54 Título: **Procesamiento de imágenes de infección estreptocócica en sujetos con faringitis**

30 Prioridad:

09.10.2018 US 201862743245 P
31.05.2019 US 201962855875 P
30.09.2019 US 201916589077

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.04.2025

73 Titular/es:

LIGHT AI INC. (100.00%)
2500 - 700 West Gerogia Street
Vancouver, British Columbia V7Y 1B3, CA

72 Inventor/es:

SARKARIA, SARBJIT;
REBIFFE, STEVEN;
GUPTA, UDIT;
MALIAPEN, MAHENDRAN y
WHITEHEAD, PETER

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 3 015 134 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

Procesamiento de imágenes de infección estreptocócica en sujetos con faringitis

Antecedentes

Campo de la técnica

- 5 La divulgación se refiere al procesamiento de imágenes y, particularmente, al uso de imágenes capturadas de la garganta de un sujeto para evaluar la presencia de enfermedad sin la realización de cultivos.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 Los dolores de garganta representan aproximadamente el 1% de todas las visitas de atención primaria en América del Norte. Con demasiada frecuencia, la causa de la queja es viral, no bacteriana. Sin embargo, un diagnóstico rápido y preciso supone un desafío para los médicos y es demasiado fácil tender a prescribir antibióticos, lo que contribuye a su sobreutilización. Esto es problemático ya que frecuentemente resulta en un gasto innecesario en medicamentos, además de contribuir a un aumento general de la resistencia a los antibióticos. Las pruebas clínicas, que tradicionalmente implican cultivos in vitro para detectar la presencia de bacterias, pueden ser lentas y pueden requerir hasta 72 horas para ofrecer resultados, son difíciles de administrar de manera apropiada, especialmente en niños y, de esta manera, pueden ser inexactas. Existe una clara necesidad de un proceso de detección más fiable, rápido y automático.

- 20 El documento US 20170156597 A1 describe sistemas y métodos de detección configurados para escanear e interpretar una presunta infección en un sitio objetivo biológico in vivo, que comprenden emitir luz de excitación seleccionada para causar la emisión de luz fluorescente desde una presunta infección en el sitio objetivo; detectar la luz fluorescente que emana desde el sitio objetivo causada por dicha luz de excitación; detectar los niveles de calor por encima de la temperatura corporal ambiente que emana desde el sitio objetivo; y, a continuación, en base, al menos en parte, a la luz fluorescente y a los niveles de calor detectados, determinar una probabilidad de que el sitio objetivo comprenda una infección.

Sumario

- 25 La invención se establece en las reivindicaciones independientes adjuntas. Las realizaciones resultan de las reivindicaciones dependientes y de la descripción y del texto siguientes.

- 30 Un sistema de detección determina predicciones de estado de enfermedad, con relación a una posible enfermedad y/o afección médica de un sujeto (al que se hace referencia también en el presente documento como "paciente"), usando un modelo encadenado. El modelo encadenado incluye un modelo de imagen y un clasificador, según algunas realizaciones. El modelo encadenado accede a un conjunto de imágenes del sujeto, en el que las imágenes del sujeto capturan una parte del cuerpo de un sujeto, y un conjunto de factores clínicos del sujeto. Los factores clínicos son recopilados por un dispositivo o un médico de manera sustancialmente contemporánea con la captura de las imágenes del sujeto. Según algunas realizaciones, los factores clínicos pueden incluir información relevante para diagnosticar al sujeto con la potencial enfermedad y/o afección médica respectiva. Las imágenes del sujeto se introducen a un modelo de imagen para generar métricas de enfermedad para la predicción de enfermedad para el sujeto. El modelo de imagen puede entrenarse usando un conjunto de imágenes de entrenamiento y un conjunto de etiquetas de entrenamiento asociadas con un primer conjunto de sujetos de entrenamiento, según algunas realizaciones. Por ejemplo, las etiquetas de entrenamiento pueden incluir una etiqueta que indique la presencia de un patógeno en el sujeto asociado con la imagen de entrenamiento respectiva.

- 40 Las métricas de enfermedad generadas por el modelo de imagen y los factores clínicos para el sujeto se introducen conjuntamente a un clasificador para determinar la predicción de estado de enfermedad, y el modelo encadenado devuelve la predicción de estado de enfermedad. El clasificador puede entrenarse usando un conjunto de etiquetas de entrenamiento, un conjunto de métricas de enfermedad de entrenamiento y un conjunto de factores clínicos de entrenamiento asociados con un segundo conjunto de sujetos de entrenamiento, según algunas realizaciones. En algunas realizaciones, el segundo conjunto de sujetos de entrenamiento puede ser diferente del primer conjunto de sujetos de entrenamiento. El conjunto de métricas de enfermedad de entrenamiento puede generarse introduciendo un conjunto de imágenes de sujetos de entrenamiento asociadas con el segundo conjunto de sujetos de entrenamiento al modelo de imagen entrenado. Usando el modelo encadenado, el sistema de detección puede proporcionar una predicción clínica in situ en seco relacionada con la potencial enfermedad y/o afección médica (por ejemplo, la presencia/ausencia de infecciones por patógenos bacterianos y virales) sin la necesidad de ninguna prueba patológica o de laboratorio, según algunas realizaciones.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 muestra un sistema de detección para analizar una combinación de imágenes de la garganta de un sujeto y factores clínicos asociados con el sujeto para determinar una predicción de estado de enfermedad para el sujeto, según una realización.

5 La Fig. 2 es un diagrama de bloques de alto nivel que ilustra un ejemplo de un dispositivo informático usado como un dispositivo cliente, servidor de aplicaciones y/o servidor de base de datos, según una realización.

Las Figs. 3A-3I representan varias vistas de un dispositivo de captura de imágenes, según una realización.

La Fig. 3J es un diagrama de interacción para la captura de imágenes de la garganta de un sujeto, según una realización.

10 La Fig. 4 ilustra un proceso para el entrenamiento de un modelo de imagen en el interior de un modelo encadenado, según una realización.

La Fig. 5 ilustra un proceso para el entrenamiento de un clasificador en el interior de un modelo encadenado, según una realización.

La Fig. 6 ilustra un proceso para generar predicciones de estado de enfermedad usando un modelo encadenado, según una realización.

15 La Fig. 7 ilustra vectores de entrada y salida ejemplares relevantes para el modelo encadenado, según una realización.

La Fig. 8 es un diagrama de flujo para devolver una predicción de estado de enfermedad para un sujeto determinada por un modelo encadenado, según una realización

20 Las figuras representan diversas realizaciones de la invención presentadas solo con propósitos ilustrativos. En base al siguiente análisis, una persona experta en la materia reconocerá fácilmente que pueden emplearse realizaciones alternativas de las estructuras y los métodos ilustrados en el presente documento sin apartarse de los principios descritos en el presente documento.

Descripción detallada

I. Arquitectura del sistema

25 La Fig. 1 muestra un sistema de detección para analizar una combinación de imágenes del interior de la garganta de un sujeto y factores clínicos asociados al sujeto para determinar una predicción de estado de enfermedad para el sujeto (al que se hace referencia también en el presente documento como el "paciente"), según una realización. Una predicción de estado de enfermedad está relacionada con una enfermedad o afección médica que es posible que padezca el sujeto. Por ejemplo, la predicción de estado de enfermedad puede indicar una presencia de, o probabilidad de que el sujeto tenga, una infección estreptocócica. El sistema de detección analiza las imágenes proporcionadas por un dispositivo 120 de captura de imágenes y los factores clínicos proporcionados por un profesional 112 o un dispositivo médico para determinar un estado de enfermedad relacionado con un tipo de infección presente en el sujeto. En algunas realizaciones, el sistema 100 de detección se usa para detectar infecciones estreptocócicas en sujetos que experimentan faringitis. En otras realizaciones, el sistema 100 de detección se usa para detectar otras enfermedades y afecciones.

35 El sistema 100 de detección incluye dispositivos 110, 111 informáticos cliente, un dispositivo 120 de captura de imágenes, un servidor 130 de aplicaciones, al que se hace referencia también en el presente documento como servidor 130, un servidor 140 de base de datos y un modelo 150 encadenado. Aunque la Fig. 1 ilustra solo una única instancia de la mayoría de los componentes del sistema 100 de detección, en la práctica puede haber presente más de una instancia de cada componente, y pueden usarse más o menos componentes. En una realización, el modelo 150 encadenado es una parte del dispositivo 110 cliente, y las funciones del modelo 150 encadenado se realizan localmente en el dispositivo 110 cliente.

I.A. Dispositivo cliente y aplicación

45 Los dispositivos 110, 111 cliente interactúan con el sistema 100 de detección a través de una red 160. En una realización, la red 160, el sistema 100, los dispositivos 110, 111 cliente y/o el servidor 130 son una red segura que gestiona información sensible o confidencial, por ejemplo, pueden estar diseñados para permitir acceso restringido a datos, encriptación de datos y, por lo demás, pueden cumplir con las regulaciones de protección de información médica, tales como HIPAA. Para una mayor claridad y con fines explicativos, es útil identificar al menos dos tipos de usuarios diferentes. Un tipo de usuario es un sujeto que potencialmente tiene faringitis u otra enfermedad relacionada con la garganta y hace uso del sistema 100 al menos en parte para obtener una predicción de estado de enfermedad

50

proporcionada por el servidor 130. Tal como se explicará a continuación, un conjunto de imágenes de la garganta del sujeto recopiladas por un dispositivo 120 de captura de imágenes se proporciona a un dispositivo 110 cliente, que, a su vez, informa al servidor 130 de aplicaciones, que, a su vez, puede iniciar un proceso para determinar una predicción de estado de enfermedad que se proporciona al usuario a través del dispositivo 110 cliente.

5 Otro tipo de usuario es un profesional 112 médico que proporciona factores clínicos recopilados por un dispositivo o un profesional médico de manera sustancialmente contemporánea con la captura del conjunto de imágenes de la garganta del sujeto a un dispositivo 111 cliente (que puede ser también el mismo que el dispositivo 110 cliente), que a su vez informa al servidor 130 de aplicaciones, que a su vez pueden combinarse con las imágenes de la garganta del sujeto para iniciar un proceso para determinar una predicción de estado de enfermedad que se proporciona al usuario a través del dispositivo 110 cliente. El profesional 112 médico puede operar el dispositivo 120 de captura de imágenes y el dispositivo 110 cliente. De manera alternativa, el sujeto puede operar el dispositivo 120 de captura de imágenes y el dispositivo 110 cliente.

15 El dispositivo 110, 111 cliente es un sistema informático. A continuación, se describe más completamente una implementación física ejemplar con respecto a la Fig. 2. El dispositivo 110, 111 cliente está configurado para comunicarse (por ejemplo, de manera inalámbrica o a través de un enlace por cable) con el sistema 100 de detección a través de la red 160. Con el acceso a la red 160, el dispositivo 110 cliente transmite al sistema 100 de detección el conjunto de imágenes de la garganta del sujeto capturadas por el dispositivo 120 de captura de imágenes, y el dispositivo 111 cliente transmite al sistema 100 de detección los factores clínicos proporcionados por el profesional 112 médico.

20 Además de comunicarse con el servidor 130 de aplicaciones, los dispositivos 110, 111 cliente conectados al sistema 100 de detección pueden intercambiar también información con otros dispositivos 110, 111 cliente conectados.

25 El dispositivo 110 cliente puede realizar también localmente cierto procesamiento de datos e imágenes sobre el conjunto de imágenes de la garganta del sujeto usando los recursos del dispositivo 110 cliente antes de enviar los datos procesados a través de la red 160. El dispositivo 111 cliente puede realizar también localmente cierto procesamiento de datos sobre los factores clínicos usando los recursos del dispositivo 111 cliente antes de enviar los datos procesados a través de la red 160. Las imágenes y los factores clínicos enviados a través de la red 160 son recibidos por el servidor 130 de aplicaciones, donde se analizan y se procesan para su almacenamiento y recuperación junto con el servidor 140 de base de datos. El servidor 130 de aplicaciones puede dirigir una solicitud de recuperación y de almacenamiento al sistema 130 de base de datos según lo requieran los dispositivos 110, 111 cliente.

30 Los dispositivos 110 cliente pueden comunicarse con el dispositivo 120 de captura de imágenes usando un adaptador de red y un protocolo de comunicación por cable o inalámbrico, un ejemplo del cual es el protocolo Bluetooth de baja energía (BTLE). BTLE es un estándar de protocolo de corto alcance y baja energía que transmite datos de manera inalámbrica a través de enlaces de radio en redes inalámbricas de corto alcance. En otras implementaciones, se usan otros tipos de conexiones inalámbricas (por ejemplo, infrarrojos, celulares, 4G, 5G, 802.11).

35 Aunque los dispositivos 110 cliente y los dispositivos 120 de captura de imágenes se han descrito anteriormente como dispositivos físicos separados (tal como un dispositivo informático y un sensor de imágenes, respectivamente), en una realización, el dispositivo 120 de captura de imágenes puede incluir aspectos del dispositivo 110 cliente. Por ejemplo, un dispositivo de captura de imágenes puede incluir una interfaz audiovisual que incluye una pantalla u otros elementos de iluminación, así como altavoces para presentar información audible. En dicha implementación, el propio dispositivo 40 120 de captura de imágenes puede presentar el contenido de la información obtenida desde el servidor 130, tal como la predicción de estado de enfermedad determinada por el sistema 100 de detección, proporcionada por el servidor 130 directamente, en lugar de o además de presentarlo mediante los dispositivos 110 cliente.

45 En una realización, el dispositivo 110 cliente puede ser un teléfono inteligente, y parte del dispositivo 120 de captura de imágenes puede ser un accesorio de teléfono inteligente. En dicha implementación, una cámara incorporada del teléfono inteligente combinada con elementos ópticos del accesorio del teléfono inteligente proporciona la funcionalidad del dispositivo 120 de captura de imágenes.

En una realización, un dispositivo cliente puede actuar tanto como el dispositivo 110 cliente como el dispositivo 111 cliente.

I.B. Servidor de aplicaciones

50 El servidor 130 de aplicaciones es un ordenador o una red de ordenadores. Aunque en la Fig. 2 se ilustra un ejemplo simplificado, típicamente el servidor de aplicaciones será un sistema de clase servidor que usa potentes procesadores, gran cantidad de memoria y componentes de red más rápidos en comparación con un sistema informático típico usado, por ejemplo, como un dispositivo 110 cliente. Típicamente, el servidor tiene una gran cantidad de almacenamiento secundario, por ejemplo, usando una matriz RAID (matriz redundante de discos independientes) y/o estableciendo una

relación con una red de suministro de contenido (CDN) independiente contratada para almacenar, intercambiar y transmitir datos. Además, el sistema informático incluye un sistema operativo, por ejemplo, un sistema operativo UNIX, un sistema operativo LINUX o un sistema operativo WINDOWS. El sistema operativo gestiona los recursos de hardware y software del servidor 130 de aplicaciones y proporciona también diversos servicios, por ejemplo, gestión de procesos, entrada/salida de datos, gestión de dispositivos periféricos, etc. El sistema operativo proporciona diversas funciones para gestionar archivos almacenados en un dispositivo, por ejemplo, crear un nuevo archivo, mover o copiar archivos, transferir archivos a un sistema remoto, etc.

El servidor 130 de aplicaciones incluye una arquitectura de software para soportar el acceso y el uso del sistema 100 de detección por parte de muchos dispositivos 110, 111 cliente diferentes a través de la red 160 y, de esta manera, a un alto nivel, puede caracterizarse generalmente como un sistema basado en la nube. El servidor 130 de aplicaciones proporciona generalmente una plataforma para que los sujetos y profesionales 112 médicos informen acerca de los datos registrados por los dispositivos 110, 111 cliente asociados con la faringitis del sujeto, colaboren en los planes de tratamiento, naveguen y obtengan información relacionada con su afección, y hagan uso de una diversidad de otras funciones.

En general, el servidor 130 de aplicaciones está diseñado para manipular una amplia diversidad de datos. El servidor 130 de aplicaciones incluye rutinas lógicas que realizan una diversidad de funciones que incluyen verificar la validez de los datos entrantes, analizar y formatear los datos si es necesario, pasar los datos procesados a un servidor 140 de base de datos para su almacenamiento y confirmar que el servidor 140 de base de datos se ha actualizado.

El servidor 130 de aplicaciones almacena y gestiona datos al menos en parte según cada sujeto particular. Con este fin, el servidor 130 de aplicaciones crea un perfil de sujeto para cada usuario. El perfil de sujeto es un conjunto de datos que caracteriza a un sujeto 113 del sistema 100 de detección. El perfil de sujeto puede incluir información de identificación acerca del sujeto, tal como la edad, el sexo, el historial médico relevante de un sujeto y una lista de usuarios no sujetos autorizados para acceder al perfil del sujeto. El perfil puede especificar además un identificador de dispositivo, tal como una dirección de control de acceso al medio (MAC) única que identifica los uno o más dispositivos 110, 111 cliente o dispositivos 120 de captura de imágenes autorizados para enviar datos (tal como un conjunto de imágenes de la garganta de un sujeto) para el sujeto.

El servidor 130 de aplicaciones crea también perfiles para los profesionales 112 sanitarios. Un perfil de profesional sanitario puede incluir información de identificación acerca del profesional 112 sanitario, tal como la ubicación del consultorio, las calificaciones y certificaciones, etc. El perfil de profesional sanitario incluye también información acerca de su población de sujetos. El perfil del proveedor puede incluir acceso a todos los perfiles de los sujetos de ese proveedor, así como a los datos derivados de esos perfiles, tal como información demográfica añadida. Estos datos pueden subdividirse además según cualquier tipo de dato almacenado en los perfiles de los sujetos, tal como por área geográfica (por ejemplo, vecindario, ciudad) por período de tiempo (por ejemplo, semanal, mensual, anual).

El servidor 130 de aplicaciones recibe factores de cliente e imágenes de la garganta del sujeto desde los dispositivos 110, 111 cliente, desencadenando una diversidad de rutinas en el servidor 130 de aplicaciones. En las implementaciones ejemplares descritas a continuación, el modelo 150 encadenado ejecuta rutinas para acceder a las imágenes de la garganta, así como a los factores clínicos del sujeto, analizar las imágenes y los datos, y enviar los resultados de su análisis a los sujetos o profesionales 112 médicos.

I.C. Servidor de base de datos

El servidor 140 de base de datos almacena datos relacionados con el sujeto y el profesional sanitario, tales como perfiles, eventos de medicación, historial médico del sujeto (por ejemplo, registros médicos electrónicos). Los datos del sujeto y del proveedor están encriptados por seguridad y están al menos protegidos con contraseña y tienen la garantía de que cumplen con todos los requisitos de la ley de portabilidad y responsabilidad de seguros médicos (HIPAA). Cualquier análisis que incorpore datos procedentes de múltiples sujetos y que se proporcione a los usuarios se anonimiza de manera que se elimine la información de identificación personal para proteger la privacidad del sujeto.

Aunque en la Fig. 1 el servidor 140 de base de datos se ilustra como una entidad separada del servidor 130 de aplicaciones, el servidor 140 de base de datos puede ser, de manera alternativa, un componente de hardware que es parte de otro servidor, tal como el servidor 130, de manera que el servidor 140 de base de datos se implemente como uno o más dispositivos de almacenamiento persistente, en el que la capa de aplicación de software que interactúa con los datos almacenados en la base de datos es una parte de ese otro servidor 130.

El servidor 140 de base de datos almacena datos según esquemas de base de datos definidos. Típicamente, los esquemas de almacenamiento de datos con diferentes fuentes de datos varían significativamente incluso cuando almacenan el mismo tipo de datos, incluyendo los registros de eventos de aplicaciones en la nube y las métricas de registro, debido a las diferencias de implementación en la estructura de la base de datos subyacente. El servidor 140 de base de datos puede almacenar también diferentes tipos de datos, tales como datos estructurados, datos no

estructurados o datos semiestructurados. Los datos en el servidor 140 de base de datos pueden estar asociados con usuarios, grupos de usuarios y/o entidades. El servidor 140 de base de datos proporciona soporte para consultas de base de datos en un lenguaje de consulta (por ejemplo, SQL para bases de datos relacionales, bases de datos JSON NoSQL, etc.) para especificar instrucciones para administrar objetos de base de datos representados por el servidor 140 de base de datos, leer información desde el servidor 140 de base de datos o escribir en el servidor 140 de base de datos.

Con respecto a las descripciones de las Figs. 4-6, el contenido de las bases de datos descritas con respecto a esas figuras puede almacenarse en bases de datos físicamente cercanas al servidor 130 de aplicaciones y separadas del servidor 140 de base de datos, tal como se ilustra.

10 I.D. Red

La red 160 representa las diversas vías de comunicación por cable e inalámbricas entre los dispositivos 110, 111 cliente, el dispositivo 120 de captura de imágenes, el servidor 130 de aplicaciones y el servidor 140 de base de datos. La red 160 usa tecnologías y/o protocolos de comunicaciones de Internet estándar. De esta manera, la red 160 puede incluir enlaces que usan tecnologías tales como Ethernet, IEEE 802.11, red digital de servicios integrados (ISDN), modo de transferencia asíncrona (ATM), etc. De manera similar, los protocolos de red usados en la red 160 pueden incluir el protocolo de control de transmisión/protocolo de Internet (TCP/IP), el protocolo de transporte de hipertexto (HTTP), el protocolo de transferencia de correo simple (SMTP), el protocolo de transferencia de archivos (FTP), etc. Los datos intercambiados a través de la red 160 pueden representarse usando tecnologías y/o formatos que incluyen el lenguaje de marcado de hipertexto (HTML), el lenguaje de marcado extensible (XML), etc. Además, la totalidad o parte de los enlaces pueden encriptarse usando tecnologías de encriptación convencionales, tales como la capa de conexiones seguras (SSL), HTTP seguro (HTTPS) y/o redes privadas virtuales (VPNs). En otra realización, las entidades pueden usar tecnologías de comunicación de datos personalizadas y/o dedicadas en lugar de, o además de, las descritas anteriormente.

II. Dispositivos informáticos ejemplares

25 La Fig. 2 es un diagrama de bloques de alto nivel que ilustra los componentes físicos de un ordenador 200 ejemplar que puede usarse como parte de un dispositivo 110, 111 cliente, servidor 130 de aplicaciones y/o servidor 140 de base de datos de la Fig. 1, según una realización. Se ilustra un conjunto 210 de chips acoplado a al menos un procesador 205. Acoplado al conjunto 210 de chips hay una memoria 215 volátil, un adaptador 220 de red, uno o más dispositivos 225 de entrada/salida (E/S), un dispositivo 230 de almacenamiento que representa una memoria no volátil y una pantalla 235. En una realización, la funcionalidad del conjunto 210 de chips es proporcionada por un controlador 211 de memoria y un controlador 212 de E/S. En otra realización, la memoria 215 está acoplada directamente al procesador 205 en lugar de al conjunto 210 de chips. En algunas realizaciones, la memoria 215 incluye memoria de acceso aleatorio (RAM) de alta velocidad, tal como DRAM, SRAM, DDR RAM u otros dispositivos de memoria de estado sólido de acceso aleatorio.

35 El dispositivo 230 de almacenamiento es cualquier medio de almacenamiento legible por ordenador, no transitorio, tal como un disco duro, un disco compacto de memoria de solo lectura (CD-ROM), DVD o un dispositivo de memoria de estado sólido. La memoria 215 contiene instrucciones y datos usados por el procesador 205. El dispositivo 225 de E/S puede ser una superficie de entrada táctil (capacitiva o de otro tipo), un ratón, una rueda de seguimiento u otro tipo de dispositivo señalador, un teclado u otra forma de dispositivo de entrada. La pantalla 235 muestra imágenes y otra información desde/para el ordenador 200. El adaptador 220 de red acopla el ordenador 200 a la red 160.

40 Tal como se conoce en la técnica, un ordenador 200 puede tener componentes diferentes y/u otros componentes distintos a los mostrados en la Fig. 2. Además, el ordenador 200 puede carecer de determinados componentes ilustrados. En una realización, un ordenador 200 que actúa como servidor 140 puede carecer de un dispositivo 225 de E/S dedicado y/o una pantalla 218. Además, el dispositivo 230 de almacenamiento puede ser local y/o remoto con respecto al ordenador 200 (tal como incorporado en el interior de una red de área de almacenamiento (SAN)), y, en una realización, el dispositivo 230 de almacenamiento no es un dispositivo de CD-ROM ni un dispositivo de DVD.

45 En general, los componentes físicos exactos usados en un dispositivo 110, 111 cliente variarán en tamaño, requisitos de potencia y rendimiento con respecto a los usados en el servidor 130 de aplicaciones y el servidor 140 de base de datos. Por ejemplo, los dispositivos 110, 111 cliente, que frecuentemente serán ordenadores domésticos, tabletas, ordenadores portátiles o teléfonos inteligentes, incluirán capacidades de almacenamiento y potencia de procesamiento relativamente pequeñas, pero incluirán dispositivos de entrada y pantallas. Estos componentes son adecuados para la introducción de datos por parte del usuario y la recepción, visualización e interacción con las notificaciones proporcionadas por el servidor 130 de aplicaciones. Por el contrario, el servidor 130 de aplicaciones puede incluir muchos ordenadores físicamente separados, conectados localmente en red, cada uno con una cantidad significativa de potencia de procesamiento para realizar los análisis indicados anteriormente. En una realización, la potencia de

procesamiento del servidor 130 de aplicaciones es proporcionada por un servicio tal como Amazon Web Services™ o Microsoft Azure™. También, el servidor 140 de base de datos puede incluir muchos ordenadores físicamente separados, cada uno con una cantidad significativa de capacidad de almacenamiento persistente para almacenar los datos asociados con el servidor de aplicaciones.

- 5 Tal como se conoce en la técnica, el ordenador 200 está adaptado para ejecutar módulos de programa informático para proporcionar la funcionalidad descrita en el presente documento. Un módulo puede implementarse en hardware, firmware y/o software. En una realización, los módulos de programa se almacenan en el dispositivo 230 de almacenamiento, se cargan en la memoria 215 y son ejecutados por el procesador 205.

III. Captura de imágenes y factores clínicos

10 III. A. Dispositivo de captura de imágenes

Las Figs. 3A-3C representan tres vistas de un dispositivo 120 de captura de imágenes ejemplar, según una realización. La realización representada está configurada para su uso en una cavidad oral humana (boca y, si se desea, garganta superior). En otras realizaciones, el dispositivo de captura de imágenes está configurado para capturar imágenes de otras partes del cuerpo u otros objetos. Por ejemplo, en una realización, el dispositivo 120 de captura de imágenes está configurado para capturar imágenes de la piel de un sujeto. El dispositivo de escaneo y detección puede tener cualquier forma deseada adecuada para un sitio objetivo determinado, por ejemplo, un catéter o endoscopio u otra configuración (por ejemplo, colposcopio, laparoscopio, etc.) conformado para insertarse o si no introducirse en o dirigirse hacia el cuerpo de un sujeto.

En una realización, el dispositivo 120 de captura de imágenes comprende un extremo 4 proximal y un extremo 6 distal, con el extremo 6 distal configurado para introducirse en o apuntar hacia un sitio objetivo biológico in vivo sospechoso de tener una infección. El dispositivo 120 de captura de imágenes comprende una carcasa 8 que tiene un emisor 10 de luz de excitación en el extremo 6 distal, el emisor 10 de luz de excitación está configurado para emitir luz de excitación seleccionada para causar luz fluorescente desde la presunta infección en el sitio objetivo; si se desea, pueden proporcionarse múltiples emisores de luz de excitación, cada uno para una luz de excitación con una longitud de onda/banda de longitudes de onda diferente. El dispositivo 120 de captura de imágenes puede comprender además un sensor de luz, así como un sensor 14 de calor (véanse, por ejemplo, la Fig. 3D y la Fig. 3F). El sensor de luz está configurado para detectar al menos la luz fluorescente que emana desde el sitio objetivo, y el sensor 14 de calor está configurado para al menos detectar e identificar niveles de calor por encima de la temperatura corporal ambiente que emana desde la infección en el sitio objetivo.

En una realización, el sistema de detección comprende además una programación implementada por ordenador, conectada de manera operativa, configurada para aceptar los datos de luz fluorescente asociados con la luz fluorescente y los datos térmicos asociados con los niveles de calor por encima de la temperatura corporal ambiente y para interpretar los datos para determinar una probabilidad de si el sitio objetivo contiene o no una infección. Dicha programación implementada por ordenador puede estar contenida en el interior de la carcasa 8 o puede estar situada externamente.

El dispositivo 120 de captura de imágenes contiene también tres botones para la interacción por parte del usuario. El primer botón 30 de control controla el LED de iluminación (emisor de luz blanca). El segundo botón 32 inicia un procedimiento de adquisición de imagen/escaneo, tal como un procedimiento de obtención de imágenes/detección fluorescente. El tercer botón 34 de control inicia un procedimiento de adquisición de temperatura. Pueden proporcionarse también otros botones o menos botones, según se desee.

Tal como se muestra en las Figs. 3D y la Fig. 3F, el dispositivo 120 de captura de imágenes puede comprender un emisor 16 de luz de iluminación y un sistema 26 de obtención de imágenes que comprende una cámara 18. Pueden proporcionarse también uno o más filtros configurados para transmitir solo las longitudes de onda/indicadores de luz o calor deseables, tales como el primer filtro 20 de luz emanante, el filtro 22 de calor emanante y el segundo filtro 24 de luz emanante.

El dispositivo 120 de captura de imágenes contiene además una pantalla 36 de visualización, que puede mostrar resultados espectrográficos, imágenes del sitio objetivo, resultados de diagnóstico, representaciones en falso color de los datos recibidos desde el sitio objetivo y similares. Si se desea, la pantalla puede transmitir también otra información, tal como la fecha, la hora, el nombre del sujeto, etc. Se muestra también un elemento 38 distal separable, fácilmente extraíble, dimensionado y configurado para fijarse, de manera desmontable, al extremo distal de la carcasa. El elemento 38 distal separable puede comprender lados 40 bloqueadores de luz y, si se desea, una ventana 42 orientada hacia adelante, tal como se muestra en la Fig. 3E, configurada para transmitir al menos la luz de excitación, la luz fluorescente y los niveles de calor sin una alteración sustancial. El elemento 38 distal separable puede comprender también rebajes 48, 50 para alojar estructuras físicas previstas en un sitio objetivo, para evitar que una pared lateral afecte a una imagen/escaneo incremental/un campo de visión para la obtención de imágenes, etc. El extremo 6 distal

de la carcasa 8 y el elemento 38 distal separable pueden estar configurados de manera cooperativa para que el elemento 38 distal separable pueda encajarse a presión al, y separarse del, extremo 6 distal de la carcasa 8. Por ejemplo, el extremo 6 distal de la carcasa 8 y el elemento 38 distal separable pueden comprender proyecciones 52 cooperativas y retenes 54 configurados de manera que el elemento 38 distal separable pueda encajarse a presión al, y separarse del, extremo 6 distal de la carcasa 8 mediante el acoplamiento y la liberación, de manera cooperativa, de dichos elementos. El dispositivo 120 de captura de imágenes puede comprender además un puerto 44 de enchufe y un compartimiento 46 de batería.

En la realización representada en las Figs. 3A-3F, la carcasa 8 está configurada para ser sostenida en una sola mano de un usuario, y está configurada para encajar en el interior de una cavidad oral humana y para escanear al menos una superficie posterior de dicha cavidad oral y/o una garganta detrás de dicha cavidad oral.

Las Figs. 3G y 3H muestran información adicional acerca de los emisores de luz, sensores de luz y sensores de calor. En esta realización, todos ellos están situados en el extremo 6 distal de la carcasa 8 (no mostrada) y todos están orientados hacia adelante y están destinados a cubrir sustancialmente una misma área del sitio objetivo, tal como lo demuestran los campos de visión superpuestos en las figuras. También en esta realización, los emisores de luz de excitación incluyen un LED 56 rojo, un LED 58 verde y un LED 60 azul.

La Fig. 3I muestra una realización adicional relacionada con los emisores de luz, los sensores de luz y los sensores de calor. En esta realización, la matriz incluye dos LEDs 62 emisores de luz blanca y dos LEDs 60 azules, así como una cámara 18 y un sensor 14 de calor radiante.

La Fig. 3J muestra un diagrama de interacción del proceso de captura de imágenes para proporcionar el conjunto de imágenes de garganta del sujeto al sistema 100 de detección, según un ejemplo, útil para comprender la invención. Para imágenes en color blanco, el emisor 16 de iluminación proporciona la entrada de luz a la garganta del sujeto, y la cámara 18 graba simultáneamente una imagen en color blanco de la garganta. La imagen en color blanco de la garganta puede formarse recogiendo la luz reflejada desde la garganta del sujeto. Para las imágenes de excitación, a las que se hace referencia también en el presente documento como "imágenes en color azul", el emisor 10 de excitación proporciona la entrada de luz a la garganta del sujeto a una longitud de onda de excitación específica, y la cámara 18 graba simultáneamente una imagen en color azul de la garganta, según una realización. La imagen en color azul puede formarse recogiendo la luz emitida desde la garganta del sujeto como resultado de la auto-fluorescencia, además de la luz reflejada por la garganta del sujeto. En algunos casos, la luz procedente de la auto-fluorescencia tiene una longitud de onda diferente a la longitud de onda de excitación. En una realización, el emisor 10 de excitación proporciona la entrada de luz a otra parte del cuerpo del sujeto, y la cámara 18 graba simultáneamente una imagen de excitación de la parte del cuerpo del sujeto. En algunas realizaciones, el emisor 10 de excitación proporciona la entrada de luz azul, pero en otras realizaciones, el emisor de excitación puede proporcionar la entrada de luz a longitudes de onda correspondientes a otros colores. En algunas realizaciones, las imágenes de la garganta del sujeto incluyen imágenes distintas de las imágenes en color blanco y las imágenes en color azul. Por ejemplo, las imágenes capturadas de la garganta del sujeto pueden incluir imágenes capturadas en múltiples longitudes de onda y múltiples condiciones de iluminación. En realizaciones en las que el sistema 100 de detección tiene como objetivo otras enfermedades y/o afecciones médicas, las imágenes capturadas del sujeto pueden incluir imágenes distintas de las imágenes en color blanco y las imágenes en color azul.

En el caso el que los patógenos bacterianos objetivo están presentes en la garganta del sujeto, los huéspedes fluorescentes en las bacterias, por ejemplo, una porfirina, causan que las bacterias emitan auto-fluorescencia en respuesta a la entrada de luz desde el emisor 10 de excitación. La cámara 18 capturará esta auto-fluorescencia como parte de la imagen en color azul. En algunas realizaciones, el objetivo son virus u otros factores en lugar de las bacterias. En realizaciones adicionales, el emisor 10 de excitación causa que el virus u otro factor objetivo emita fluorescencia en respuesta a la entrada de luz desde el emisor 10 de excitación.

La imagen en color blanco y la imagen en color azul se incluyen en el conjunto de imágenes de la garganta del sujeto proporcionadas al modelo 150 encadenado para su uso en la determinación de una predicción de estado de enfermedad del sujeto. En una realización, pueden incluirse más de una imagen en color azul o una imagen en color blanco en el conjunto de imágenes de la garganta del sujeto. En otra realización, pueden incluirse imágenes distintas de la imagen en color azul o la imagen en color blanco en el conjunto de imágenes de la garganta del sujeto, por ejemplo, imágenes con las condiciones de iluminación del dispositivo 120 de captura de imágenes. Por ejemplo, las imágenes de la garganta del sujeto proporcionadas al modelo 150 encadenado pueden incluir imágenes capturadas en otros colores u otras longitudes de onda de luz, según algunas realizaciones.

En otro ejemplo, el sistema 100 de detección puede usarse para detectar enfermedades y afecciones relacionadas con legionas de piel presentes en un sujeto. En dicho caso, el dispositivo 120 de captura de imágenes captura imágenes en color blanco e imágenes de excitación de las legionas de piel. En algunas realizaciones, el dispositivo 120 de captura de imágenes solo captura imágenes en color blanco. En otras realizaciones, el dispositivo 120 de captura de imágenes

solo captura imágenes de excitación de las legiones de piel. Las imágenes capturadas se proporcionan al modelo 150 encadenado para determinar una predicción de estado de enfermedad relacionada con la legión de la piel.

III. B. Recopilación de factores clínicos

5 Los factores clínicos para el sujeto se recopilan de manera sustancialmente contemporánea con la captura de imágenes de la garganta del sujeto por parte del dispositivo 120 de captura de imágenes. En una realización, los factores clínicos para un sujeto son recopilados por el profesional 112 médico y enviados al modelo 150 encadenado usando el dispositivo 111 cliente. En otra realización, los factores clínicos son proporcionados por un sujeto sin la ayuda de o sin interacción con el profesional 112 médico. Por ejemplo, el sujeto puede proporcionar los factores clínicos a través de una aplicación en un dispositivo 110 cliente, tal como un teléfono inteligente. En realizaciones alternativas, uno o más de los factores clínicos no son recopilados de manera contemporánea a la captura de imágenes por parte del dispositivo 120 de captura de imágenes. Por ejemplo, si la edad es un factor clínico para predecir la presencia de una enfermedad, la edad del sujeto puede registrarse en un momento diferente al de la captura de imágenes.

III. C. Captura y preprocesamiento de imágenes

15 En el caso de un diagnóstico de un caso de faringitis relacionado con la presencia de bacterias estreptocócicas, los espectros de luz de color emitidos por las porfirinas resultantes del metabolismo de las bacterias estreptocócicas en la cavidad oral se filtran por longitud de onda específica. A continuación, son capturados por la cámara 18 del dispositivo de captura de imágenes como imágenes digitales de luz blanca y luz azul. A continuación, estas imágenes son seleccionadas, centradas y recortadas por un algoritmo de preprocesamiento de imágenes que evalúa la calidad y la idoneidad de estas imágenes para su uso en el modelo de imagen.

20 Un buen preprocesamiento de imágenes conduce a un modelo de IA robusto para predicciones precisas. Las técnicas de preprocesamiento que pueden realizarse sobre el conjunto de imágenes de gargantas de sujetos pueden incluir: relación de aspecto uniforme, reescalado, normalización, segmentación, recorte, detección de objetos, reducción/incremento de dimensionalidad, ajuste de brillo, técnicas de aumento de datos para aumentar el tamaño de los datos, tales como: desplazamiento de imagen, volteo, acercamiento/alejamiento, rotación, etc., determinación de la calidad de la imagen para evitar que imágenes consideradas como malas formen parte del conjunto de datos de entrenamiento, corrección de píxeles de la imagen y realización de un algoritmo de brillo de fluorescencia de imagen FV.

IV. Modelo encadenado

30 IV.A. Entrenamiento del modelo de imagen

En una realización, el modelo 150 encadenado incluye un modelo 400 de imagen y un clasificador 500. A continuación, se analizará el entrenamiento del modelo 400 de imagen y del clasificador 500.

35 La Fig. 4 ilustra un proceso para el entrenamiento de un modelo 400 de imagen en el interior de un modelo 150 encadenado, según una realización. El modelo 400 de imagen se entrena con un primer conjunto de imágenes de garganta de entrenamiento asociadas con un primer conjunto de sujetos de entrenamiento y un primer conjunto correspondiente de etiquetas de entrenamiento. En una realización, las imágenes de entrenamiento corresponden a dolores de garganta y fueron capturadas bajo luz fluorescente, luz blanca y luz ambiental. La luz fluorescente puede contener luz azul a una longitud de onda para las porfirinas fluorescentes asociadas con las bacterias estreptocócicas.

40 Cada sujeto de entrenamiento tiene una de entre varias etiquetas predeterminadas. En una realización, las etiquetas predeterminadas distinguen al sujeto por tener A) un patógeno bacteriano, B) un patógeno viral o C) una ausencia de un patógeno. La etiqueta puede ser una etiqueta categórica (por ejemplo, A, B, C), o puede ser una etiqueta numérica (por ejemplo, -1, 0, 1). El primer conjunto de imágenes de garganta de entrenamiento y las etiquetas asociadas son proporcionadas por una base 415 de datos de entrenamiento. El primer conjunto de imágenes de garganta de entrenamiento puede ser capturado por el dispositivo 120 de captura de imágenes. Las etiquetas para el primer conjunto de sujetos de entrenamiento se proporcionan partiendo de que los estados de enfermedad del primer conjunto de sujetos de entrenamiento se conocen previamente, por ejemplo, según se determinan mediante un cultivo celular tradicional y una evaluación por parte de uno o más profesionales médicos que evalúan el conjunto de sujetos de entrenamiento.

50 El modelo 400 de imagen se entrena determinando los coeficientes 430 de parámetros de imagen, cada uno asociado con un parámetro de imagen correspondiente, (no mostrado). Colectivamente, los coeficientes 430 de parámetros de imagen se determinan de manera que representen de la mejor manera posible la relación entre el primer conjunto de imágenes de garganta de sujetos de entrenamiento introducido a una función del modelo 400 de imagen y sus etiquetas asociadas. En general, el modelo 400 de imagen es una técnica de aprendizaje automático supervisado. En

una realización, el modelo 400 de imagen es un modelo de red neuronal convolucional. En una realización adicional, la red neuronal convolucional se entrena usando aprendizaje de transferencia con ajuste fino. En otras realizaciones, el modelo 400 de imagen es específicamente una red neuronal VGG, una red neuronal ResNet o una red neuronal Inception V4. En otras realizaciones, pueden usarse otros tipos de modelos de aprendizaje automático y métodos de entrenamiento, cuyos ejemplos incluyen, pero no están limitados a: descenso de gradiente estocástico, algoritmos de aprendizaje de transferencia, recocido de velocidad de aprendizaje, velocidades de aprendizaje cíclicas, velocidades de aprendizaje diferenciales, técnicas de regularización tales como normalización por lotes, ensamblado de redes neuronales, etc.

Una vez conocidos los coeficientes de parámetros, el modelo 400 de imagen puede usarse para la predicción, tal como se analiza en la Fig. 5 y la Fig. 6 accediendo a los coeficientes 430 de parámetros de imagen y la función especificada por el modelo, e introduciendo valores de entrada para los parámetros de imagen para generar una predicción de la presencia de patógenos. La predicción generada para un sujeto por el modelo 400 de imagen puede incluir uno o más de entre: una probabilidad de una presencia de un patógeno bacteriano, una probabilidad de una presencia de un patógeno viral y una probabilidad de una ausencia de un patógeno. La predicción puede emitirse en forma de un vector que incluye uno o más de los valores numéricos anteriores. La predicción puede emitir también una confianza numérica separada en la predicción.

En una realización, la predicción puede incluir uno o más de entre: una probabilidad de una presencia de exudado, una probabilidad de una presencia de Petequias, una probabilidad de una presencia de amígdalas hinchadas y una probabilidad de una presencia de una úvula hinchada. En esta realización, el modelo 400 de imagen se entrena con imágenes de entrenamiento y etiquetas de entrenamiento correspondientes que indican la presencia o ausencia de estas afecciones. Una vez más, la predicción puede emitirse en forma de un vector que incluye uno o más de los valores numéricos anteriores, y la predicción puede emitir también una confianza numérica separada en la predicción. En algunas realizaciones, cuando el sistema 100 de detección se usa para enfermedades y/o afecciones médicas distintas de la faringitis, la predicción puede incluir uno o más de entre: una presencia de placa, una presencia de mucosa oral, una presencia de cáncer, detección de enfermedad por reflujo gastroesofágico (GERD) y una presencia de patógenos bacterianos (por ejemplo, E. coli, salmonella y otros patógenos).

En otras realizaciones, el modelo 400 de imagen es cualquier modelo de aprendizaje automático que genera directa o indirectamente una predicción de la presencia de un factor de enfermedad, tal como un patógeno, la presencia o la propiedad de un tumor, o un grado de hinchazón de una parte del cuerpo. En una realización, el modelo 400 de imagen es un modelo de aprendizaje automático que realiza una detección de características en imágenes (por ejemplo, imágenes en color blanco, imágenes en color azul o imágenes en otras longitudes de onda o condiciones de iluminación) de la garganta de un sujeto, así como la clasificación por color. Según algunas realizaciones, la detección de características y la clasificación por color pueden usarse para determinar métricas de características específicas que incluyen, pero no se limitan a: presencia/tamaño/forma/ubicación de la cavidad oral, simetría de la cavidad oral, presencia/tamaño/forma/ubicación de las amígdalas, enrojecimiento de las amígdalas, hinchazón de las amígdalas, paladar blando o duro, presencia de manchas rojas en el paladar, líneas de pus, parches blancos y boca seca. Cada una de las métricas de características puede corresponder a una característica identificada en una imagen. Por ejemplo, una métrica de característica puede indicar la presencia de una característica identificada o una propiedad de una característica identificada. En algunas realizaciones, la detección de características en las imágenes en color blanco puede complementar la detección de características realizada en las imágenes en color azul.

En algunas realizaciones, para las imágenes en color azul, la detección de características y la clasificación por color determinan métricas de infección objetivo que incluyen, pero no se limitan a: presencia/tamaño/forma/ubicación de un área infectada, una intensidad y una identificación de patrón. En algunas realizaciones, la detección de características y la clasificación por color se usan para imágenes distintas de las imágenes en color azul. En algunas realizaciones, una o más de las métricas de infección objetivo generadas por el modelo de imagen para las imágenes en color azul indican características de auto-fluorescencia en una o más regiones de la garganta de un sujeto capturadas en la imagen en color azul, en respuesta a la iluminación de una fuente de luz de excitación (por ejemplo, luz azul desde el dispositivo de captura de imágenes). Cada una de las métricas de infección puede corresponder a una infección en el sujeto. Por ejemplo, una métrica de infección puede indicar la presencia de una determinada infección (por ejemplo, una infección viral o una infección bacteriana) en el sujeto o una propiedad de una infección. En una realización, las métricas de características determinadas y las métricas de infección pueden proporcionarse independientemente de o junto con la predicción de una presencia de un patógeno según los métodos descritos anteriormente al clasificador como entradas para generar la predicción de estado de enfermedad de un paciente. En otras realizaciones, las métricas de características determinadas y las métricas de infección pueden proporcionarse sin la predicción de la presencia de un patógeno al clasificador como entradas para generar el estado de la enfermedad de un paciente. En una realización, la detección de características y la clasificación por color se realizan usando agrupamiento en k medias, sin embargo, pueden usarse también otras técnicas de aprendizaje automático no supervisadas.

IV.B. Entrenamiento del clasificador

La Fig. 5 ilustra un proceso para el entrenamiento de un clasificador en el interior de un modelo 150 encadenado, según una realización. El clasificador 500 se entrena usando un conjunto de predicciones de presencia de patógenos de entrenamiento generadas por el modelo 400 de imagen preentrenado en base a un segundo conjunto de imágenes de garganta de entrenamiento, factores clínicos de entrenamiento asociados con un segundo conjunto de sujetos de entrenamiento y un segundo conjunto de etiquetas de entrenamiento correspondiente. En una realización, el clasificador 500 se entrena usando métricas de características y métricas de infección generadas por el modelo 400 de imagen preentrenado en base al segundo conjunto de imágenes de garganta de entrenamiento, además de o independientemente de los datos de entrenamiento descritos anteriormente. Al igual que con el primer conjunto de etiquetas de entrenamiento, cada sujeto del segundo conjunto de sujetos de entrenamiento tiene una etiqueta predeterminada correspondiente que distingue al sujeto por tener un patógeno bacteriano, un patógeno viral o una ausencia de un patógeno. Una vez más, estas etiquetas pueden determinarse mediante un cultivo y una evaluación celular tradicional por parte de uno o más profesionales médicos que evalúan el conjunto de sujetos de entrenamiento. De manera alternativa, las etiquetas pueden determinarse mediante otros métodos.

Una vez más, el segundo conjunto de imágenes de gargantas de sujetos de entrenamiento y las etiquetas asociadas son proporcionadas por la base 415 de datos de entrenamiento. Los factores clínicos de entrenamiento son proporcionados por una base 515 de datos clínica de entrenamiento. La base 515 de datos clínica de entrenamiento contiene factores clínicos para cada uno de entre el segundo conjunto de sujetos de entrenamiento recopilados por un profesional o dispositivo 120 médico. Estas imágenes generalmente se recopilan de manera sustancialmente simultánea con la captura de las imágenes de garganta de sujeto de entrenamiento correspondiente para ese sujeto.

El clasificador 500 se entrena determinando los coeficientes 530 de los parámetros del clasificador, cada uno asociado con cada parámetro de clasificador (no mostrado). Los coeficientes se entrenan de manera que representen colectivamente de la mejor manera posible la relación entre los valores de entrada (predicciones de presencia de patógenos y factores clínicos) del segundo conjunto de sujetos de entrenamiento y una función del clasificador con el segundo conjunto de etiquetas de entrenamiento.

En general, el clasificador 500 se entrena usando una técnica de aprendizaje automático supervisada. En una realización, el clasificador 500 es un modelo de red neuronal, entrenado usando descenso de gradiente estocástico. En otras realizaciones, pueden usarse otros tipos de clasificadores y métodos de entrenamiento, cuyos ejemplos incluyen, pero no se limitan a, regresión lineal, logística y otras formas de regresión (por ejemplo, red elástica, regresión multinomial), árboles de decisión (por ejemplo, bosque aleatorio, potenciación de gradiente), máquinas de vectores de soporte, clasificadores (por ejemplo, clasificador bayesiano ingenuo), coincidencia difusa. En otras realizaciones, el clasificador puede realizar métodos de análisis estadístico clásicos que incluyen, pero sin limitarse a: correlaciones, pruebas de hipótesis y análisis de varianza (ANOVA).

Una vez conocidos los coeficientes de los parámetros, el modelo 500 clasificador puede usarse para la predicción, tal como se analiza en la Fig. 6 accediendo a los coeficientes 530 de los parámetros del clasificador y la función especificada por el clasificador, e introduciendo los valores de entrada para los parámetros para generar una predicción de estado de enfermedad. La predicción de estado de enfermedad del sujeto generada por el clasificador 500 puede incluir uno o más de entre: una probabilidad de infección bacteriana, una probabilidad de infección viral y una probabilidad de no infección. De manera adicional o alternativa, la predicción de estado de enfermedad puede incluir probabilidades que indiquen la presencia de morfologías o síntomas anatómicos.

En una realización, las probabilidades que indican la presencia de morfologías o sistemas anatómicos incluyen uno o más de entre: una probabilidad de una presencia de exudado, una probabilidad de una presencia de petequias, una probabilidad de una presencia de amígdalas hinchadas y una probabilidad de una presencia de una úvula hinchada. En los casos en los que el objetivo son enfermedades o afecciones distintas de la faringitis, las predicciones de estado de enfermedad pueden indicar probabilidades de otras morfologías o síntomas.

IV.C. Factores clínicos

En una realización, el conjunto de factores clínicos de sujeto usado por el clasificador 500 en el modelo 150 encadenado puede incluir, pero sin limitarse a: una edad, una presencia o ausencia de ganglios linfáticos inflamados, una temperatura del sujeto, una presencia o ausencia de fiebre, una presencia o ausencia de síntomas de tos, una presencia o ausencia de secreción nasal, una presencia o ausencia de dolor de cabeza, una presencia o ausencia de dolores corporales, una presencia o ausencia de vómitos, una presencia o ausencia de diarrea, una presencia o ausencia de fatiga, una presencia o ausencia de escalofríos, una duración de la faringitis y un conjunto de síntomas correlacionados con el procedimiento Centor.

V. Inferencia del modelo

La Fig. 6 ilustra un proceso para generar predicciones de estado de enfermedad usando un modelo 150 encadenado, según una realización. El modelo 150 encadenado recibe como entrada un conjunto de imágenes de garganta de

5 sujeto de un sujeto y un conjunto de factores clínicos recopilados por un profesional 112 médico de manera sustancialmente contemporánea a la captura del conjunto de imágenes de garganta del sujeto. En una realización, las imágenes del sujeto son de dolores de garganta capturados bajo luz fluorescente, luz blanca y luz ambiental. El modelo 150 encadenado genera una predicción de estado de enfermedad para el sujeto. En algunas realizaciones, el conjunto de entrada de imágenes de garganta del sujeto puede incluir solo imágenes en color blanco capturadas bajo condiciones de iluminación blanca o condiciones de iluminación ambiental, o solo imágenes en color azul capturadas usando iluminación de una fuente de luz de excitación para fluorescencia. En otras realizaciones, el conjunto de entrada de imágenes de garganta del sujeto puede incluir imágenes de garganta del sujeto capturadas en otras condiciones de iluminación. Por ejemplo, el conjunto de entrada de imágenes de garganta del sujeto puede incluir múltiples imágenes que capturan múltiples longitudes de onda de luz.

15 La generación de la predicción de estado de enfermedad para el sujeto es un proceso de dos etapas. Una primera etapa incluye introducir el conjunto de imágenes de garganta del sujeto al modelo 400 de imagen. El modelo 400 de imagen accede a los coeficientes 430 de parámetros de imagen y genera una predicción de presencia de patógenos para el sujeto. La predicción de presencia de patógenos se proporciona junto con el conjunto de factores clínicos como entradas al clasificador 500. El clasificador 500 accede a los coeficientes 530 de parámetros del clasificador y junto con los factores clínicos y la predicción de presencia de patógenos genera una predicción de estado de enfermedad para el sujeto. A continuación, la predicción de estado de enfermedad puede proporcionarse al dispositivo 110 cliente y puede mostrarse a un profesional médico o al sujeto.

20 En una realización, el modelo 150 encadenado puede proporcionar una predicción de estado de enfermedad usando únicamente la predicción de presencia de patógenos sin acceder a los factores clínicos para el sujeto. En este caso, el conjunto de imágenes de garganta del sujeto es suficiente para determinar la predicción de estado de enfermedad, y solo se usa la salida del modelo 400 de imagen.

25 En algunas realizaciones, el modelo 400 de imagen se entrena usando imágenes en color azul, imágenes en color blanco, imágenes capturadas a una longitud de onda de luz diferente o bajo condiciones de iluminación diferentes, o alguna combinación de las mismas, pero, cuando se generan predicciones de estado de enfermedad, el modelo 150 encadenado puede tener como entrada imágenes de garganta del sujeto capturadas a una longitud de onda de luz diferente o bajo condiciones de iluminación diferentes a las de las imágenes de entrenamiento. Por ejemplo, el modelo 400 de imagen puede entrenarse usando una combinación de imágenes en color blanco e imágenes en color azul, pero solo pueden usarse imágenes en color blanco como entradas para el modelo 150 encadenado cuando se generan predicciones de estado de enfermedad para un sujeto.

30 La Fig. 7 ilustra vectores de entrada y salida ejemplares relevantes para el modelo 150 encadenado, según una realización. Los vectores de entrada incluyen el conjunto de imágenes de garganta y los factores clínicos del sujeto. El vector de salida resultante del modelo encadenado es una predicción de estado de enfermedad, que incluye probabilidades de varios tipos de infecciones en el sujeto.

35 En el ejemplo mostrado en la Fig. 7, los factores clínicos incluyen la edad, la presencia o ausencia de ganglios linfáticos inflamados, la temperatura corporal y la presencia o ausencia de tos. El conjunto de imágenes de garganta del sujeto incluye imágenes en color blanco e imágenes en color azul de la garganta del sujeto capturadas con el dispositivo 120 de captura de imágenes. La predicción del estado de enfermedad incluye una probabilidad de una infección bacteriana, una probabilidad de una infección viral y una probabilidad de no infección, según lo determinado por el modelo 150 encadenado, en base a los vectores de entrada. Los vectores de entrada y los vectores de salida resultantes del modelo 150 encadenado pueden ser diferentes de los mostrados en la Fig. 7. Por ejemplo, si el objetivo es una enfermedad o afección distinta de la faringitis, los vectores de entrada y los vectores de salida resultantes pueden ser relevantes para la enfermedad objetivo.

45 La Fig. 8 es un diagrama 800 de flujo para devolver una predicción de estado de enfermedad para el sujeto determinada por un modelo 150 encadenado, según una realización. La predicción de estado de enfermedad indica una probabilidad de que un sujeto tenga una enfermedad o afección médica, según algunas realizaciones. El modelo 150 encadenado accede 810 a un conjunto de imágenes del sujeto asociadas con el sujeto. Las imágenes del sujeto representan una parte del cuerpo del sujeto. Por ejemplo, la imagen del sujeto puede ser una imagen de la garganta del sujeto. El modelo 150 encadenado accede 820 a un conjunto de factores clínicos para el sujeto. Los factores clínicos se registran de manera sustancialmente contemporánea con la captura de las imágenes del sujeto. Las imágenes del sujeto se introducen 830 en el modelo 400 de imagen para generar métricas de enfermedad. A continuación, las métricas de enfermedad generadas y los factores clínicos se introducen al clasificador 500 para determinar la predicción de estado de enfermedad para el sujeto, y se devuelve 850 la predicción de estado de enfermedad determinada.

55 VI. Beneficios

El sistema de detección descrito en el presente documento proporciona una predicción clínica in situ seca de la presencia/ausencia de infecciones por patógenos bacterianos y virales sin la necesidad de ninguna prueba patológica o de laboratorio. El sistema de detección, según algunas realizaciones, puede proporcionar a los sujetos una herramienta de diagnóstico domiciliar para la faringitis estreptocócica. Esto puede reducir efectivamente la carga financiera del tratamiento de la faringitis tanto para los proveedores de atención médica como para los sujetos, y puede reducir también el tiempo necesario para determinar un diagnóstico preciso. Además, el sistema de detección puede proporcionar predicciones precisas para enfermedades y afecciones distintas de la faringitis estreptocócica.

VII. Consideraciones adicionales

Aunque la discusión anterior incluye ejemplos que se centran específicamente en la faringitis y la faringitis estreptocócica, todos los sistemas y procesos descritos en el presente documento son igualmente aplicables a otras afecciones.

Debe entenderse que las figuras y las descripciones de la presente divulgación se han simplificado para ilustrar elementos que son relevantes para una comprensión clara de la presente divulgación, mientras que se han eliminado, en aras de la claridad, muchos otros elementos que se encuentran en un sistema típico. Las personas expertas en la técnica pueden reconocer que otros elementos y/o etapas son deseables y/o necesarios para implementar la presente divulgación. Sin embargo, debido a que dichos elementos y etapas son bien conocidos en la técnica, y debido a que no facilitan una mejor comprensión de la presente divulgación, no se proporciona una descripción de dichos elementos y etapas en el presente documento. La divulgación en el presente documento se refiere a todas las variaciones y modificaciones de dichos elementos y métodos conocidos por las personas expertas en la técnica.

Algunas partes de la descripción anterior describen las realizaciones en términos de algoritmos y representaciones simbólicas de operaciones sobre información. Estas descripciones y representaciones algorítmicas son usadas comúnmente por las personas expertas en las técnicas de procesamiento de datos para transmitir la esencia de su trabajo eficazmente a otras personas expertas en la técnica. Se entiende que estas operaciones, aunque se describen de manera funcional, computacional o lógica, se implementan mediante programas de ordenador o circuitos eléctricos equivalentes, microcódigo, o similares. Además, también ha demostrado ser conveniente en ocasiones, hacer referencia a estas disposiciones de operaciones como módulos, sin pérdida de generalidad. Las operaciones descritas y sus módulos asociados pueden materializarse en software, firmware, hardware o cualquier combinación de los mismos.

Tal como se usa en el presente documento, cualquier referencia a "una realización" significa que un elemento, rasgo, estructura o característica particular descrito con relación a la realización está incluido en al menos una realización. Las apariciones de la frase "en una realización" en varios lugares de la memoria descriptiva no se refieren necesariamente a la misma realización.

Tal como se usan en el presente documento, los términos "comprende", "que comprende", "incluye", "que incluye", "tiene", "que tiene" o cualquier otra variación de los mismos, pretenden abarcar una inclusión no exclusiva. Por ejemplo, un proceso, método, artículo o aparato que comprende una lista de elementos no está limitado necesariamente sólo a esos elementos, sino que puede incluir otros elementos no enumerados expresamente o inherentes a dicho proceso, método, artículo o aparato. Además, a menos que se indique expresamente lo contrario, "o" se refiere a un o inclusivo y no a un o exclusivo. Por ejemplo, una condición A o B es satisfecha por uno cualquiera de los siguientes: A es verdadero (o presente) y B es falso (o no presente), A es falso (o no presente) y B es verdadero (o presente), y tanto A como B son verdaderos (o presentes).

Además, el uso de "un" o "una" se emplea para describir elementos y componentes de las realizaciones en el presente documento. Esto se hace meramente por conveniencia y para proporcionar un sentido general de la descripción. Esta descripción debe leerse como que incluye uno o al menos uno y el singular incluye también el plural, a menos que sea obvio que sea de otra manera.

Aunque se han ilustrado y descrito realizaciones y aplicaciones particulares, debe entenderse que las realizaciones divulgadas no están limitadas a la construcción y a los componentes precisos divulgados en el presente documento.

REIVINDICACIONES

1. Método implementado por ordenador para determinar una predicción de estado de enfermedad relacionada con una posible enfermedad y/o afección médica de un sujeto, comprendiendo el método:

5 acceder (810) a un conjunto de imágenes de garganta de sujeto de un sujeto que capturan un interior de la garganta del sujeto;

acceder (820) a un conjunto de factores clínicos del sujeto, en el que los factores clínicos

- son recopilados por un dispositivo o un médico de manera sustancialmente contemporánea con la captura de las imágenes de la garganta del sujeto, y

10 - incluyen información relevante para diagnosticar al sujeto con la potencial enfermedad y/o afección médica respectiva;

caracterizado por

generar la predicción de estado de enfermedad para el sujeto en un proceso de dos etapas, que comprende:

15 - introducir (830) las imágenes de garganta del sujeto a un modelo (400) de imagen entrenado para generar métricas de enfermedad para la predicción de enfermedad para el sujeto, en el que la predicción de enfermedad está relacionada con una predicción de presencia de patógenos para el sujeto, el modelo (400) de imagen se entrena usando un conjunto de imágenes de entrenamiento y un conjunto de etiquetas de entrenamiento asociadas con un primer conjunto de sujetos de entrenamiento;

- introducir (840) las métricas de enfermedad y los factores clínicos a un clasificador (500) para determinar la predicción de estado de enfermedad; y

20 devolver (850) la predicción de estado de enfermedad.

2. Método según la reivindicación 1, en el que el modelo (400) de imagen comprende:

25 un conjunto de coeficientes (430) de parámetros de imagen, cada uno asociado con un parámetro de imagen correspondiente, en el que los coeficientes (430) de parámetros de imagen se entrenan usando un primer conjunto de imágenes de garganta de entrenamiento y un primer conjunto de etiquetas de entrenamiento, cada uno correspondiente a un primer conjunto de sujetos de entrenamiento, comprendiendo el primer conjunto de etiquetas de entrenamiento:

una etiqueta viral que indica la presencia de un patógeno viral,

una etiqueta bacteriana que indica la presencia de un patógeno bacteriano, y

una etiqueta libre de patógenos que indica la ausencia de patógenos; y

30 una función que relaciona una de las imágenes de garganta y los coeficientes de parámetros de imagen con la predicción de presencia de patógenos.

3. Método según la reivindicación 1 o 2, en el que el clasificador (500) comprende:

35 un conjunto de coeficientes (530) de parámetros de clasificador, cada uno asociado con cada parámetro del clasificador, en el que los coeficientes (530) de parámetros de clasificador se entrenan usando un conjunto de predicciones de presencia de patógenos de entrenamiento, un conjunto de factores clínicos de entrenamiento,

y un segundo conjunto de etiquetas de entrenamiento, cada una correspondiente a un segundo conjunto de sujetos de entrenamiento,

comprendiendo el segundo conjunto de etiquetas de entrenamiento:

una etiqueta viral que indica la presencia de un patógeno viral,

40 una etiqueta bacteriana que indica la presencia de un patógeno bacteriano, y

un subconjunto libre de patógenos que indica una ausencia de patógenos,

en el que el conjunto de predicciones de presencia de patógenos de entrenamiento se genera introduciendo un segundo conjunto de imágenes de garganta de entrenamiento correspondientes al segundo conjunto de sujetos

- en el modelo (400) de imagen;
- en el que el conjunto de factores clínicos de entrenamiento es recopilado por un dispositivo o un profesional médico de manera sustancialmente contemporánea con la captura del segundo conjunto de imágenes de la garganta de entrenamiento, y
- 5 una función que relaciona las predicciones de presencia de patógenos, los factores clínicos y los coeficientes de los parámetros de clasificador con la predicción de estado de enfermedad.
4. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el conjunto de imágenes de garganta de entrenamiento se capturó usando el mismo dispositivo de captura de imágenes usado para capturar el conjunto de imágenes de garganta del sujeto;
- 10 opcionalmente, en el que el conjunto de imágenes de garganta de entrenamiento y el conjunto de imágenes de garganta del sujeto comprenden cada uno
- múltiples imágenes de garganta capturadas bajo condiciones de luz ambiental,
- múltiples imágenes de garganta capturadas bajo luz fluorescente, y
- múltiples imágenes de garganta capturadas bajo iluminación de luz blanca.
- 15 5. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el conjunto de imágenes de garganta del sujeto se registró con un dispositivo (120) de captura de imágenes que comprende:
- una carcasa (8),
- un emisor (10) de luz configurado para emitir luz de excitación a una longitud de onda seleccionada para causar la auto-fluorescencia de un patógeno;
- 20 un sensor de luz configurado para detectar emisiones de luz o una ausencia de emisiones de luz resultantes de la auto-fluorescencia del patógeno; y
- una pantalla (36);
- opcionalmente, en el que la predicción de estado de enfermedad se muestra en la pantalla (36) del dispositivo (120) de captura de imágenes.
- 25 6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el conjunto de imágenes de garganta del sujeto se registró con un dispositivo de teléfono móvil;
- opcionalmente, en el que la predicción de estado de enfermedad se muestra en el dispositivo de teléfono móvil.
7. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el conjunto de imágenes de la garganta del sujeto comprende
- 30 al menos una imagen de garganta en color azul capturada usando un emisor de luz azul; y
- y al menos una imagen de garganta en color blanco capturada con un emisor de luz blanca.
8. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que las imágenes de la garganta del sujeto capturan datos relativos a múltiples longitudes de onda de la luz; y/o
- en el que al menos una de las imágenes de garganta del sujeto captura datos de imágenes de luz infrarroja.
- 35 9. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el conjunto de imágenes de garganta del sujeto se preprocesa antes de ser introducido al modelo (400) de imagen, comprendiendo el preprocesamiento al menos una de entre el grupo que consiste en:
- corrección uniforme de la relación de aspecto,
- reescalado,
- 40 normalización,
- detección de objetos,

- segmentación,
- recorte,
- reducción de la dimensionalidad,
- incremento de dimensionalidad,
- 5 ajuste de brillo:
- desplazamiento de la imagen,
- volteo de la imagen,
- acercamiento o alejamiento,
- rotación de la imagen,
- 10 filtrado por calidad de la imagen, y
- corrección de píxeles de la imagen.
- 10. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el modelo (400) de imagen es una red neuronal convolucional (CNN).
- 11. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que el clasificador (500) se entrena usando una de entre: regresión lineal, regresión logística, regresión multinomial, regresión de red elástica; y/o
- 15 en el que el clasificador (500) es uno de entre un clasificador foráneo aleatorio, un clasificador potenciado por gradiente, un clasificador de máquina de vectores de soporte y un clasificador bayesiano ingenuo.
- 12. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que la predicción de presencia de patógenos comprende al menos una de entre:
- 20 una probabilidad de presencia de un patógeno viral,
- una probabilidad de presencia de un patógeno bacteriano, y
- una probabilidad de ausencia de un patógeno; y/o
- en el que la predicción de presencia de patógenos comprende al menos una de entre:
- una probabilidad de presencia de exudado,
- 25 una probabilidad de presencia de petequias,
- una probabilidad de presencia de amígdalas inflamadas, y
- una probabilidad de presencia de una úvula hinchada.
- 13. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que la predicción de estado de enfermedad comprende al menos una de entre:
- 30 una probabilidad de infección por patógenos virales,
- una probabilidad de infección por patógenos bacterianos, y
- una probabilidad de no infección por patógenos.
- 14. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que el conjunto de factores clínicos comprende al menos uno de entre el grupo que consiste en:
- 35 edad,
- presencia o ausencia de ganglios linfáticos inflamados,
- temperatura del sujeto,
- la presencia o ausencia de fiebre, y

la presencia o ausencia de tos; y/o

en el que el conjunto de factores clínicos comprende al menos una de entre el grupo que consiste en:

edad,

presencia o ausencia de ganglios linfáticos inflamados,

5 temperatura del sujeto,

presencia o ausencia de fiebre,

presencia o ausencia de tos,

presencia o ausencia de secreción nasal,

presencia o ausencia de dolor de cabeza,

10 presencia o ausencia de dolores corporales,

presencia o ausencia de vómitos,

presencia o ausencia de diarrea,

presencia o ausencia de fatiga,

presencia o ausencia de escalofríos, y

15 la duración de la faringitis.

15. Sistema (100) informático que comprende un procesador (205) informático y una memoria (215), en el que la memoria (215) almacena instrucciones de programa informático que, cuando son ejecutadas por el procesador (205) informático, causan que el procesador (205) ejecute un método según al menos una de las reivindicaciones 1 a 14.

20 16. Medio (215) de almacenamiento legible por ordenador no transitorio que comprende instrucciones de programa informático que, cuando son ejecutadas por un procesador (205) informático, causan que el procesador (205) ejecute un método según al menos una de las reivindicaciones 1 a 14.

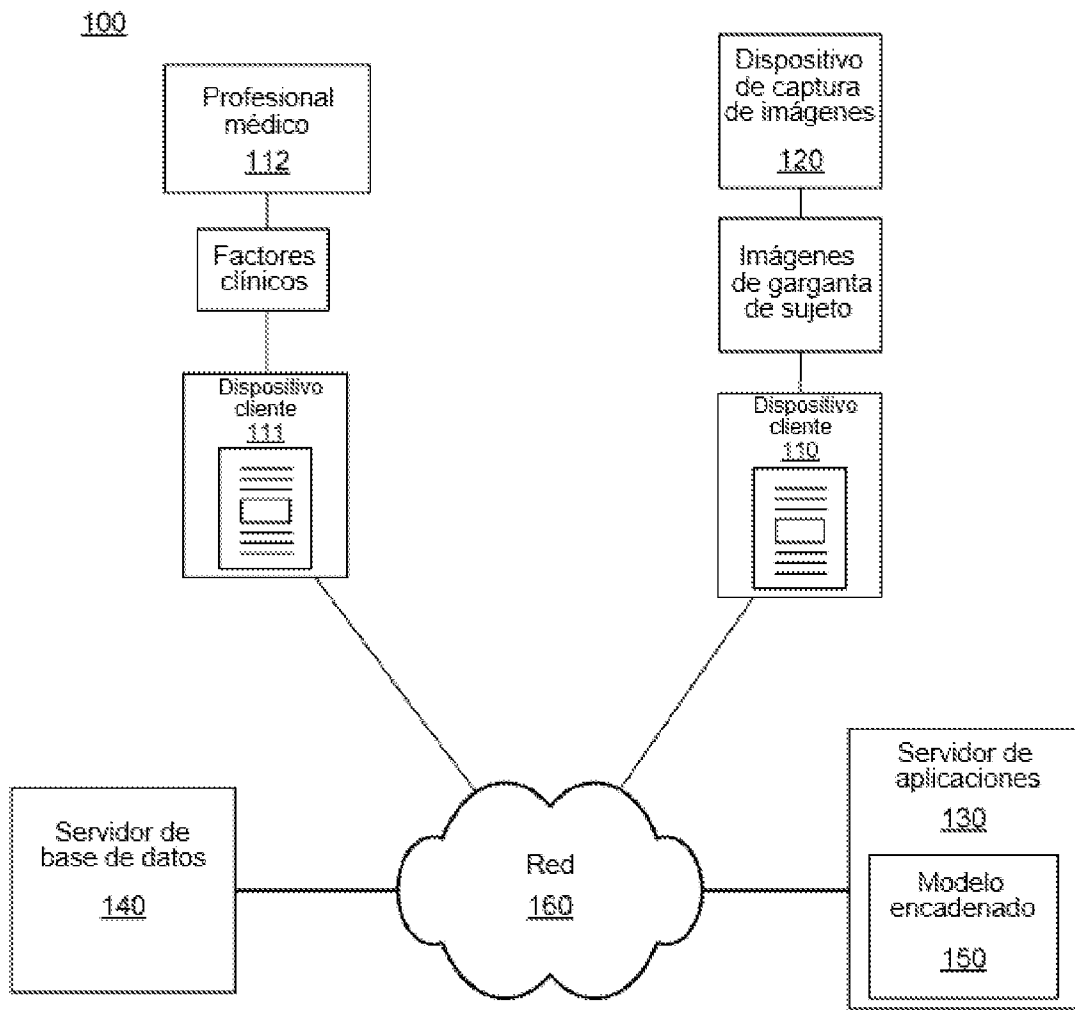


FIG. 1

Sistema de detección
100

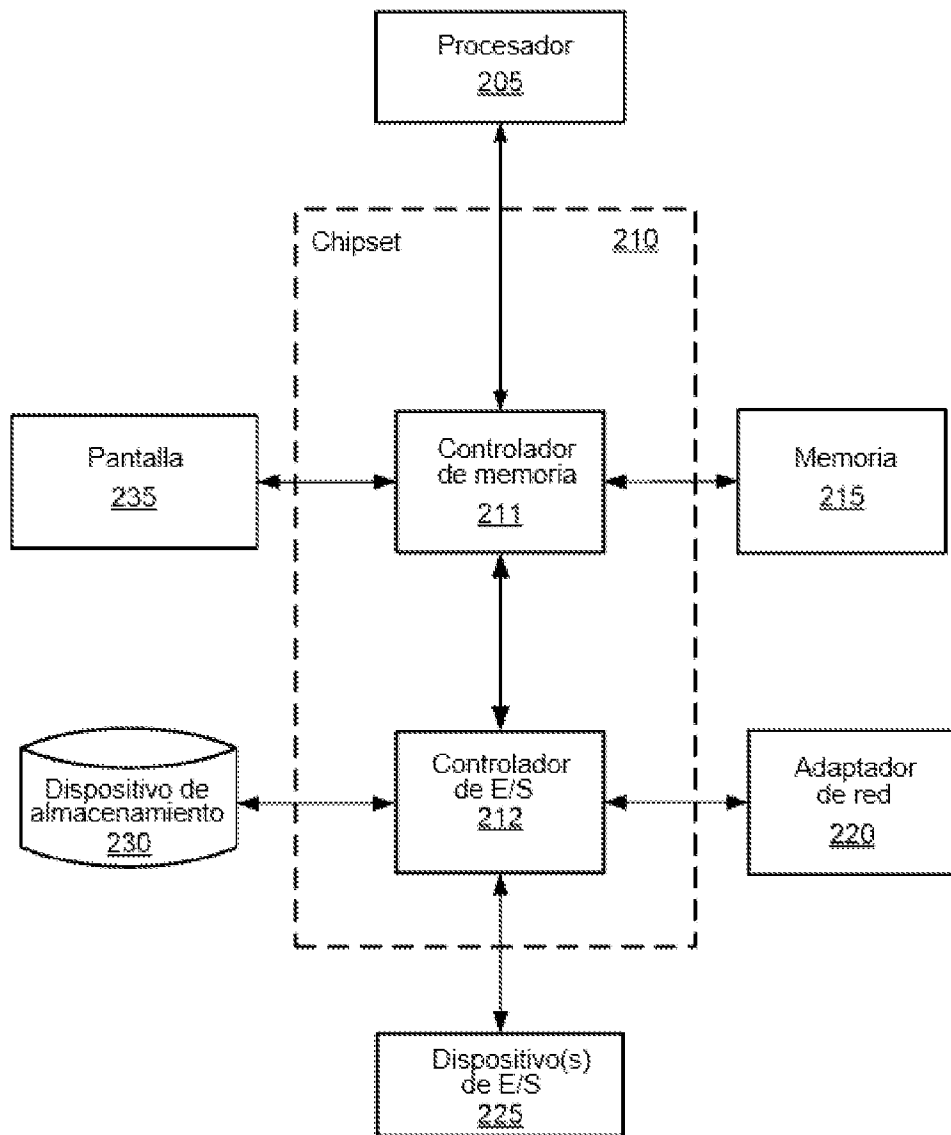


FIG. 2

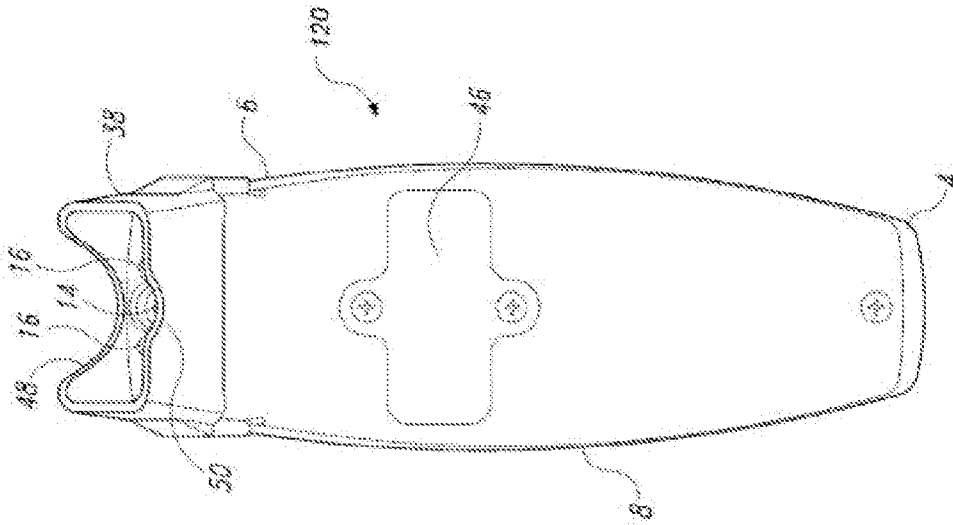


FIG. 3A

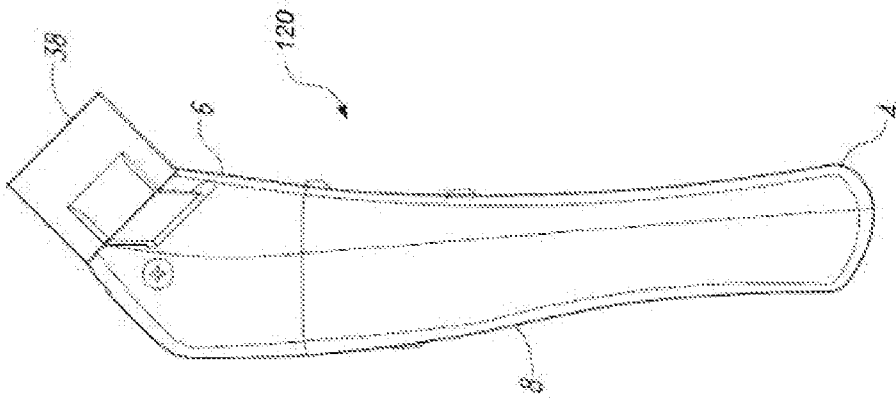


FIG. 3B

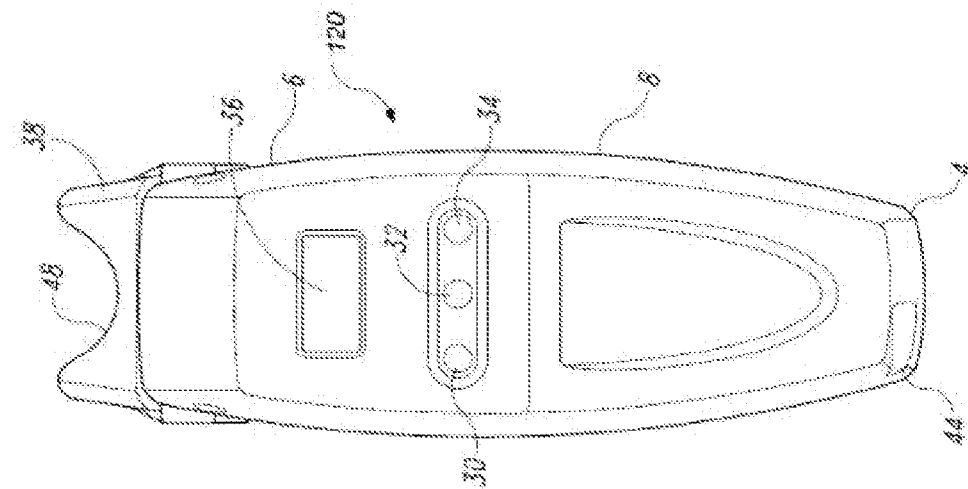


FIG. 3C

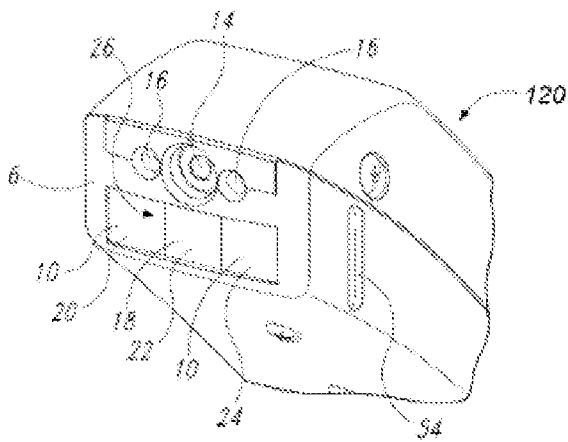


FIG. 3D

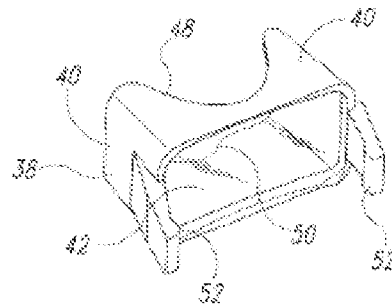


FIG. 3E

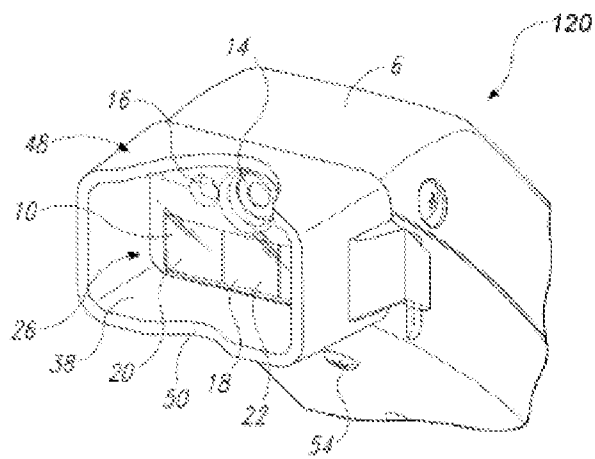


FIG. 3F

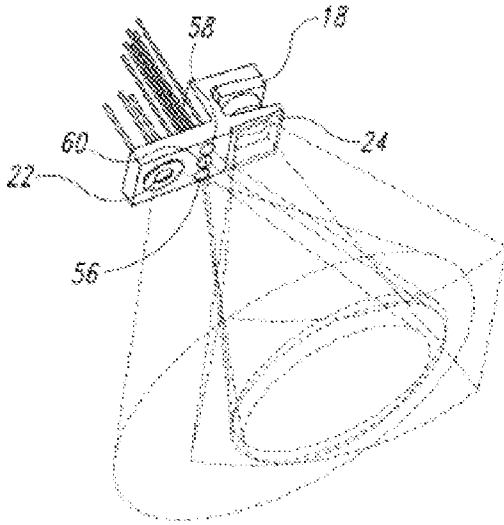


FIG. 3G

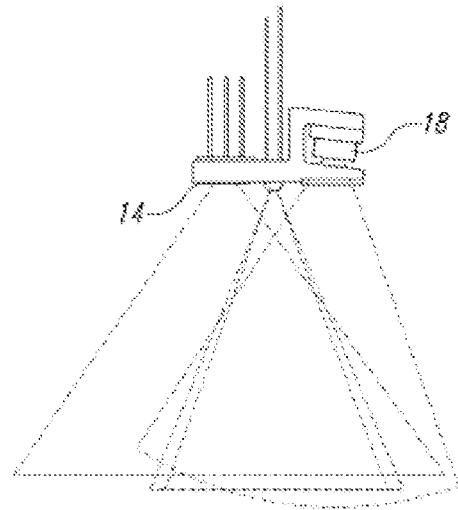


FIG. 3H

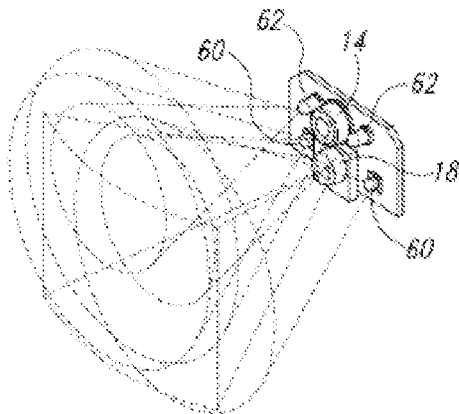


FIG. 3I

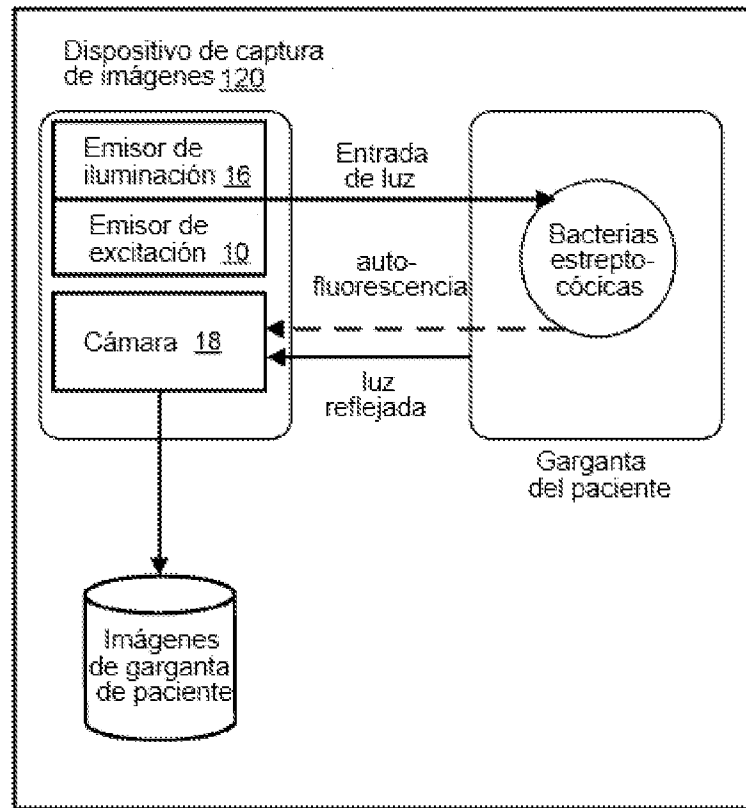


FIG. 3J

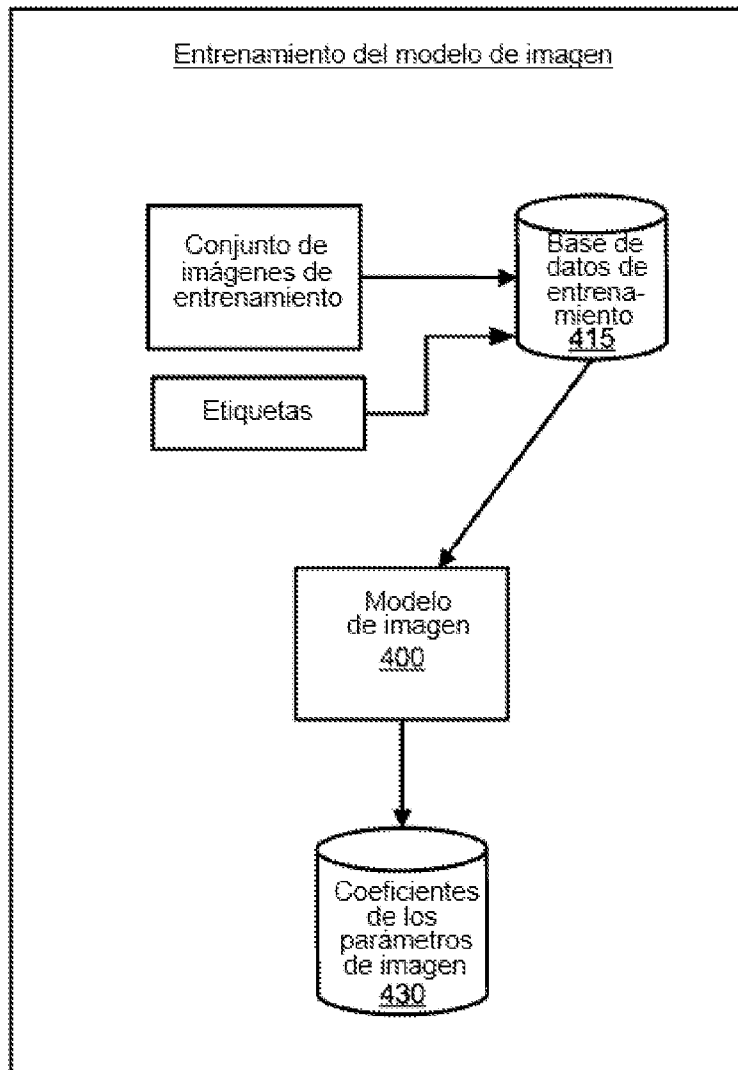


FIG. 4

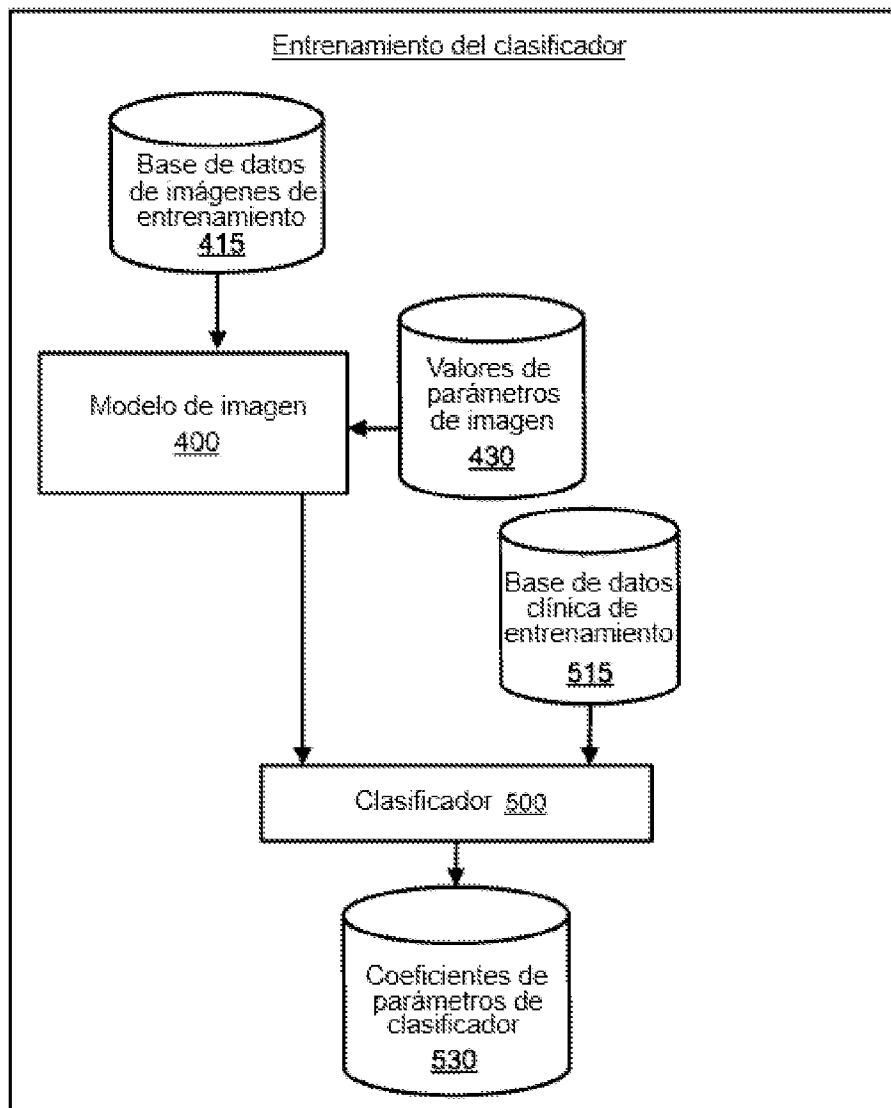


FIG. 5

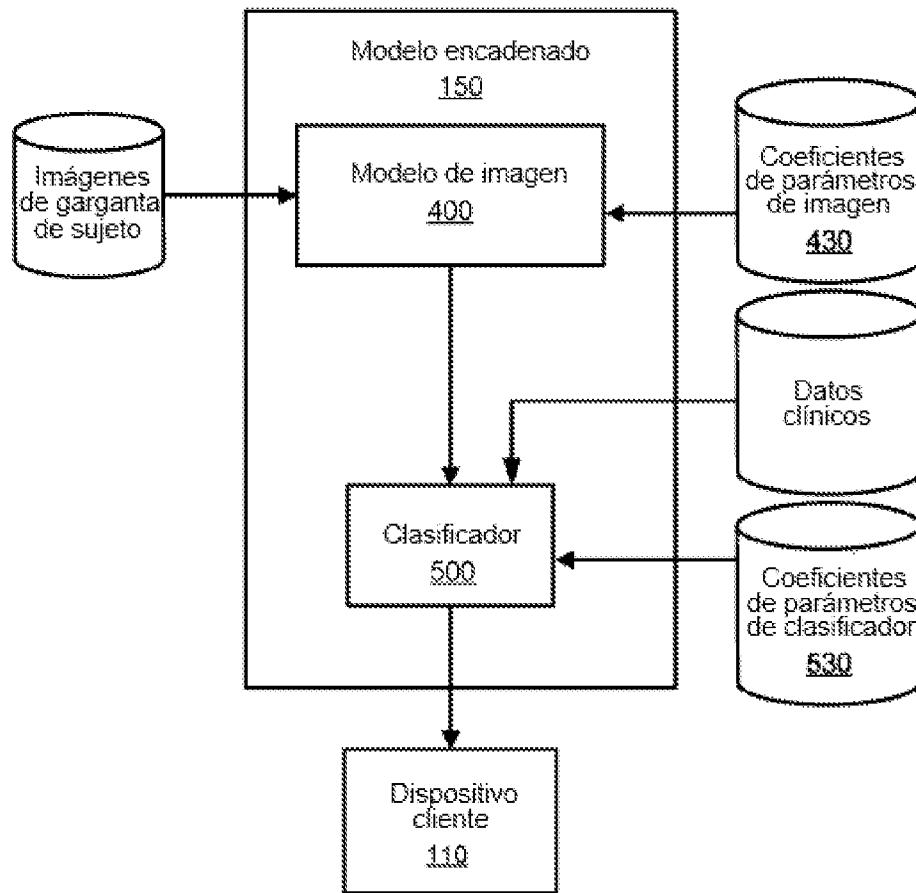


FIG. 6

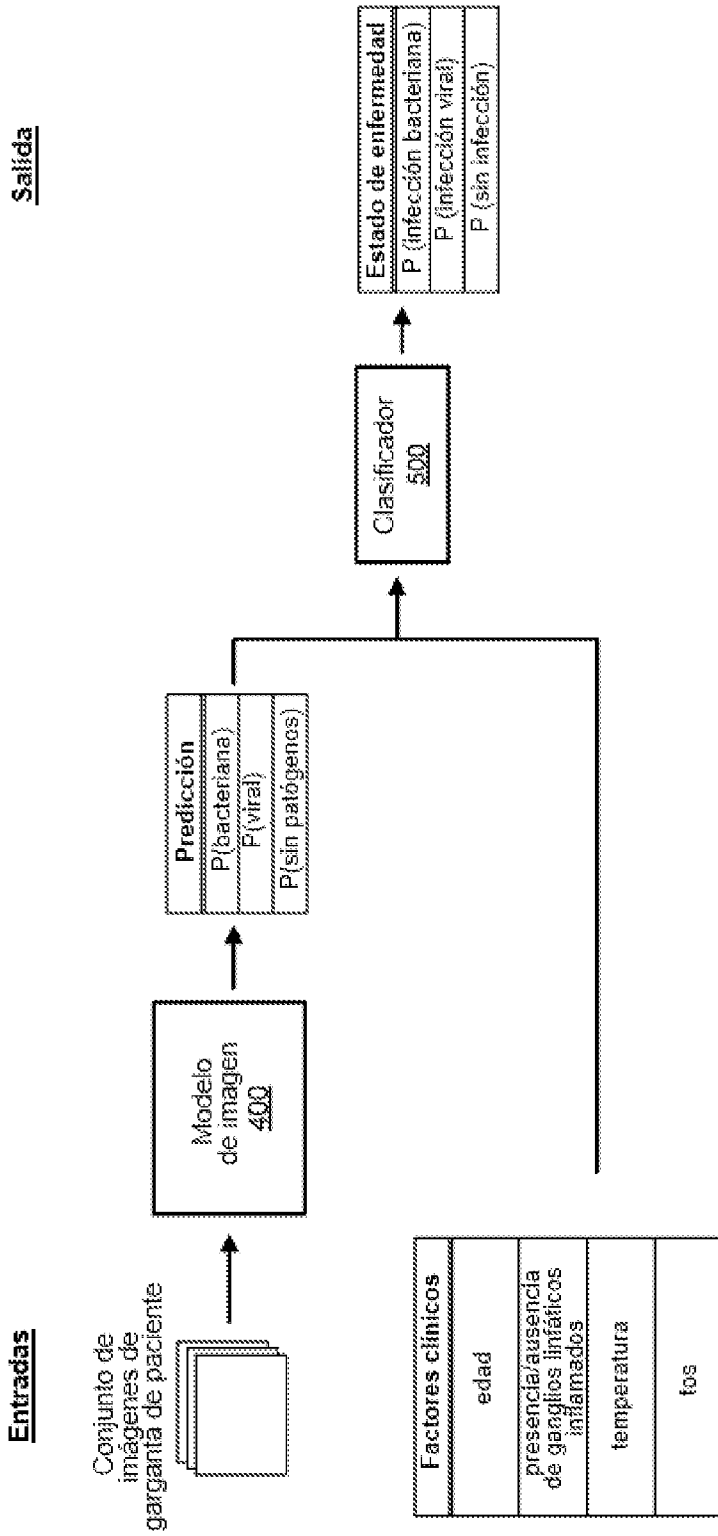


FIG. 7

800

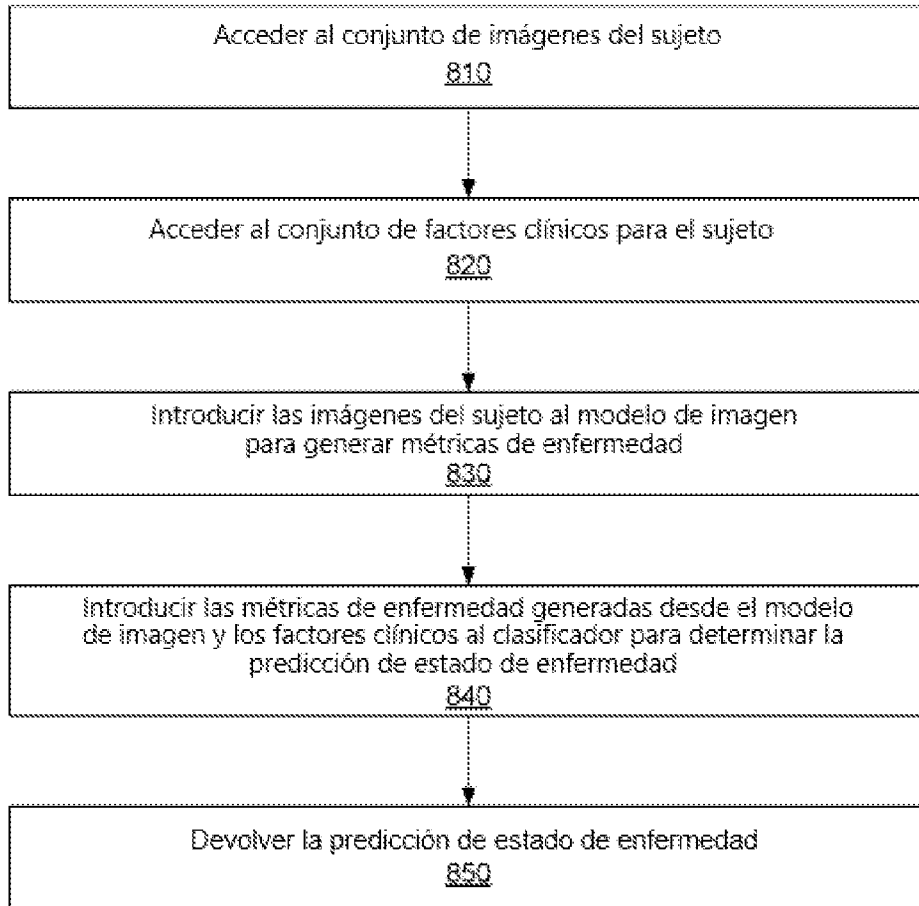


FIG. 8