

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 972 640**

51 Int. Cl.:

**G01N 21/00** (2006.01)

**G01N 21/31** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.02.2016** **PCT/IL2016/050223**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.09.2016** **WO16135735**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.02.2016** **E 16754866 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.12.2023** **EP 3262396**

54 Título: **Análisis de emisiones corporales**

30 Prioridad:

**25.02.2015 US 201562120639 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la  
traducción de la patente:  
**13.06.2024**

73 Titular/es:

**OUTSENSE DIAGNOSTICS LTD. (100.0%)**  
**7 HaBarzel Street**  
**Tel-Aviv 4791011, IL**

72 Inventor/es:

**ATTAR, ISHAY**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 972 640 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

Análisis de emisiones corporales

**Campo de realizaciones de la invención**

5 La presente invención se refiere en general al análisis de emisiones corporales. Específicamente, la presente invención se refiere a aparatos y métodos para detectar sangre en las heces.

**Antecedentes**

10 El cáncer colorrectal es el desarrollo de cáncer en partes del intestino grueso, como el colon o el recto. La detección de sangre en las heces se utiliza como herramienta para la detección del cáncer colorrectal. Sin embargo, la sangre es a menudo sangre oculta, es decir, sangre que no es visible. La prueba de guayaco en heces es uno de varios métodos que detectan la presencia de sangre en las heces, incluso en casos en los que la sangre no es visible. Se coloca una muestra fecal sobre un tipo de papel especialmente preparado, llamado papel de guayaco, y se aplica peróxido de hidrógeno. En presencia de sangre, aparece un color azul en el papel. Un paciente del que se sospecha que padece cáncer colorrectal generalmente será evaluado usando una colonoscopia, una sigmoidoscopia y/o técnicas de diagnóstico por imagen externas, como tomografía computarizada (CT), tomografía por emisión de positrones (PET) y/o resonancia magnética (MRI).

15 El cáncer de vejiga es una enfermedad en la que células cancerosas se multiplican dentro del revestimiento epitelial de la vejiga urinaria. La detección de sangre en la orina puede resultar útil para detectar el cáncer de vejiga. Las técnicas para detectar sangre incluyen introducir una tira reactiva que contiene ciertas sustancias químicas en una muestra de orina y detectar un cambio de color en la tira reactiva.

20 El documento JP 2007252805 se refiere a un aparato de detección de datos y a un método de recogida de datos. Este documento muestra la parte caracterizadora de la reivindicación 5.

El documento US 2005/261605 se refiere a un sistema para monitorizar la salud de un individuo y a un método para su uso.

25 El documento US 2005/154277 se refiere a aparatos y métodos para utilizar microbiosensores de microespectroscopía y un sistema de recogida de muestras integrados para una cápsula inalámbrica en un cuerpo biológico *in vivo*.

**Sumario de realizaciones**

Según un aspecto de la presente invención, se proporciona un método de acuerdo con la reivindicación 1.

Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de acuerdo con la reivindicación 5.

30 De acuerdo con diferentes realizaciones de la presente invención, se analiza automáticamente una emisión corporal de un sujeto que está dispuesta dentro de una taza de inodoro (heces). Mientras la emisión corporal está dispuesta dentro de la taza de inodoro, se recibe luz (que se refleja en el contenido de la taza del inodoro) desde la taza del inodoro usando uno o más sensores de luz, por ejemplo, una o más cámaras. Usando un procesador informático, se detectan uno o más componentes espectrales dentro de la luz recibida que son indicativos de absorción de luz por un componente de eritrocitos, analizando la luz recibida (por ejemplo, realizando un análisis espectral sobre la luz recibida). En respuesta a esto, el procesador informático determina que hay presencia de sangre dentro de la emisión corporal. El procesador informático genera una salida en un dispositivo de salida (como por ejemplo un teléfono, tableta u ordenador personal), al menos parcialmente en respuesta a ello. Para algunas aplicaciones, el dispositivo de salida incluye un componente de salida (como una luz (por ejemplo, un LED) o una pantalla) que está integrado en el dispositivo. Después de que el sujeto emite la emisión corporal en la taza del inodoro, se realizan los pasos descritos anteriormente sin requerir que ninguna persona realice ninguna acción. Así, por ejemplo, no es necesario que el sujeto añada nada a la taza del inodoro para facilitar la determinación de si hay o no sangre en la emisión.

45 Para algunas aplicaciones, el aparato analiza y registra los resultados de múltiples emisiones corporales del sujeto durante un período de tiempo prolongado, por ejemplo, durante más de una semana o más de un mes. Típicamente, de esta manera, el aparato está configurado para detectar la presencia de cáncer y/o pólipos en etapas tempranas, que característicamente sangran sólo de forma intermitente. Para algunas aplicaciones, el aparato compara la cantidad de sangre que se detecta en las emisiones corporales (heces), durante un período de tiempo, con una cantidad umbral.

En algunas aplicaciones, el método incluye además registrar datos relacionados con la sangre en una pluralidad de emisiones corporales del sujeto, y generar la salida incluye generar una salida en respuesta a los datos registrados.

50 En algunas aplicaciones, recibir luz de la taza del inodoro usando uno o más sensores de luz incluye recibir una o más imágenes de la taza del inodoro usando una o más cámaras, y detectar uno o más componentes espectrales dentro de la luz recibida incluye identificar componentes espectrales dentro de partes respectivas de la emisión corporal, analizando una pluralidad de píxeles respectivos dentro de las una o más imágenes de forma individual.

- En algunas aplicaciones, recibir luz de la taza del inodoro usando uno o más sensores de luz incluye recibir luz de la taza del inodoro usando un espectrómetro. En algunas aplicaciones, recibir luz de la taza del inodoro usando uno o más sensores de luz incluye recibir luz de la taza del inodoro usando una o más cámaras monocromáticas. En algunas aplicaciones, recibir luz de la taza del inodoro usando uno o más sensores de luz incluye recibir luz de la taza del inodoro usando una o más cámaras en color. En algunas aplicaciones, recibir luz de la taza del inodoro usando uno o más sensores de luz incluye recibir luz de la taza del inodoro usando una o más cámaras monocromáticas y usando una o más cámaras en color.
- En algunas aplicaciones, el método incluye además, en respuesta a la determinación de que hay presencia de sangre dentro de la emisión corporal, solicitar una entrada del sujeto que sea indicativa de una fuente de la sangre.
- En algunas aplicaciones, detectar los uno o más componentes espectrales dentro de la luz recibida que son indicativos de absorción de luz por un componente de eritrocitos incluye detectar uno o más componentes espectrales dentro de la luz recibida que son indicativos de absorción de luz por un componente de eritrocitos, seleccionándose el componente del grupo que consiste en: hemoglobina, oxihemoglobina, metahemoglobina y hemo.
- En algunas aplicaciones, el método incluye además iluminar la emisión dentro de la taza del inodoro, y recibir la luz incluye recibir luz reflejada resultante de la iluminación. En algunas aplicaciones, iluminar la emisión dentro de la taza del inodoro incluye iluminar la emisión dentro de la taza del inodoro usando luz blanca. En algunas aplicaciones, iluminar la emisión dentro de la taza del inodoro incluye iluminar la emisión dentro de la taza del inodoro con luz en una o más bandas espectrales.
- En algunas aplicaciones, detectar las una o más bandas espectrales incluye detectar una o más bandas espectrales que tienen un ancho de banda de menos de 40 nm.
- En algunas aplicaciones, recibir luz de la taza del inodoro usando uno o más sensores de luz incluye recibir luz de la taza del inodoro usando una cámara multiespectral. En algunas aplicaciones, analizar la luz recibida incluye generar un hipercubo de datos que contiene dos dimensiones espaciales y una dimensión de longitud de onda.
- En algunas aplicaciones, el procesador informático está configurado para registrar datos relacionados con la sangre en una pluralidad de emisiones corporales del sujeto, y para generar la salida en respuesta a los datos registrados.
- En algunas aplicaciones, los uno o más sensores de luz incluyen una o más cámaras configuradas para adquirir una o más imágenes de la emisión corporal, y el procesador informático está configurado para detectar los uno o más componentes espectrales dentro de la luz recibida identificando componentes espectrales dentro de partes respectivas de la emisión corporal, analizando una pluralidad de píxeles respectivos dentro de las una o más imágenes de forma individual.
- En algunas aplicaciones, los uno o más sensores de luz incluyen un espectrómetro. En algunas aplicaciones, los uno o más sensores de luz incluyen una o más cámaras monocromáticas.
- En algunas aplicaciones, los uno o más sensores de luz incluyen una o más cámaras en color. En algunas aplicaciones, los uno o más sensores de luz incluyen una o más cámaras en color y una o más cámaras monocromáticas.
- En algunas aplicaciones, en respuesta a la determinación de que hay presencia de sangre dentro de la emisión corporal, el procesador informático está configurado para solicitar una entrada del sujeto que sea indicativa de una fuente de la sangre.
- En algunas aplicaciones, el procesador informático está configurado para detectar uno o más componentes espectrales dentro de la luz recibida que indican absorción de luz por un componente de eritrocitos, detectando uno o más componentes espectrales dentro de la luz recibida que son indicativos de absorción de luz por un componente de eritrocitos, seleccionándose el componente del grupo que consiste en: hemoglobina, oxihemoglobina, metahemoglobina y hemo.
- En algunas aplicaciones, el aparato incluye además una fuente de luz configurada para iluminar la emisión dentro de la taza del inodoro, uno o más sensores de luz están configurados para recibir luz reflejada resultante de la iluminación. En algunas aplicaciones, la fuente de luz está configurada para iluminar la emisión dentro de la taza del inodoro usando luz blanca.
- En algunas aplicaciones, la fuente de luz está configurada para iluminar la emisión dentro de la taza del inodoro usando luz en una o más bandas espectrales.
- En algunas aplicaciones, el procesador informático está configurado para detectar los uno o más componentes espectrales detectando una o más bandas espectrales que tienen un ancho de banda de menos de 40 nm.

- En algunas aplicaciones, los uno o más sensores de luz incluyen una cámara multispectral. En algunas aplicaciones, el procesador informático está configurado para analizar la luz recibida generando un hipercubo de datos que contiene dos dimensiones espaciales y una dimensión de longitud de onda.
- 5 En algunas aplicaciones, el método incluye además registrar datos relacionados con la sangre en una pluralidad de emisiones corporales del sujeto, y generar la salida incluye generar una salida en respuesta a los datos registrados.
- En algunas aplicaciones, recibir luz de la taza del inodoro usando uno o más sensores de luz incluye recibir una o más imágenes de la taza del inodoro usando una o más cámaras, y analizar la luz recibida incluye detectar uno o más componentes espectrales dentro de la luz recibida identificando componentes espectrales dentro de partes respectivas de la emisión corporal, analizando una pluralidad de píxeles respectivos dentro de las una o más imágenes de forma individual.
- 10 En algunas aplicaciones, recibir luz de la taza del inodoro usando uno o más sensores de luz incluye recibir luz de la taza del inodoro usando un espectrómetro. En algunas aplicaciones, recibir luz de la taza del inodoro usando uno o más sensores de luz incluye recibir luz de la taza del inodoro usando una o más cámaras monocromáticas. En algunas aplicaciones, recibir luz de la taza del inodoro usando uno o más sensores de luz incluye recibir luz de la taza del inodoro usando una o más cámaras en color. En algunas aplicaciones, recibir luz de la taza del inodoro usando uno o más sensores de luz incluye recibir luz de la taza del inodoro usando una o más cámaras monocromáticas y usando una o más cámaras en color.
- 15 En algunas aplicaciones, el método incluye además, en respuesta a la determinación de que hay presencia de sangre dentro de la emisión corporal, solicitar una entrada del sujeto que sea indicativa de una fuente de la sangre.
- 20 En algunas aplicaciones, el método incluye además iluminar la emisión dentro de la taza del inodoro, recibir la luz incluye recibir luz reflejada resultante de la iluminación. En algunas aplicaciones, iluminar la emisión dentro de la taza del inodoro incluye iluminar la emisión dentro de la taza del inodoro usando luz blanca. En algunas aplicaciones, iluminar la emisión dentro de la taza del inodoro incluye iluminar la emisión dentro de la taza del inodoro con luz en una o más bandas espectrales.
- 25 En algunas aplicaciones, analizar la luz recibida incluye detectar uno o más componentes espectrales dentro de la luz recibida que indican absorción de luz por un componente de eritrocitos. En algunas aplicaciones, detectar los uno o más componentes espectrales dentro de la luz recibida que son indicativos de absorción de luz por un componente de eritrocitos incluye detectar uno o más componentes espectrales dentro de la luz recibida que son indicativos de absorción de luz por un componente de eritrocitos, seleccionándose el componente del grupo que consiste en:
- 30 hemoglobina, oxihemoglobina, metahemoglobina y hemo.
- En algunas aplicaciones, detectar las una o más bandas espectrales incluye detectar una o más bandas espectrales que tienen un ancho de banda de menos de 40 nm.
- En algunas aplicaciones, recibir luz de la taza del inodoro usando uno o más sensores de luz incluye recibir luz de la taza del inodoro usando una cámara multispectral. En algunas aplicaciones, analizar la luz recibida incluye generar un hipercubo de datos que contiene dos dimensiones espaciales y una dimensión de longitud de onda.
- 35 En algunas aplicaciones, el procesador informático está configurado para registrar datos relacionados con la sangre en una pluralidad de emisiones corporales del sujeto y para generar la salida en respuesta a los datos registrados.
- En algunas aplicaciones, las una o más cámaras incluyen una o más cámaras monocromáticas. En algunas aplicaciones, las una o más cámaras incluyen una o más cámaras en color. En algunas aplicaciones, las una o más cámaras incluyen una o más cámaras en color y una o más cámaras monocromáticas.
- 40 En algunas aplicaciones, en respuesta a la determinación de que hay presencia de sangre dentro de la emisión corporal, el procesador informático está configurado para solicitar una entrada del sujeto que sea indicativa de una fuente de la sangre.
- En algunas aplicaciones, el aparato incluye además una fuente de luz configurada para iluminar la emisión dentro de la taza del inodoro, las una o más cámaras están configuradas para recibir luz reflejada resultante de la iluminación. En algunas aplicaciones, la fuente de luz está configurada para iluminar la emisión dentro de la taza del inodoro usando luz blanca. En algunas aplicaciones, la fuente de luz está configurada para iluminar la emisión dentro de la taza del inodoro usando luz en una o más bandas espectrales.
- 45 En algunas aplicaciones, el procesador informático está configurado para detectar componentes espectrales dentro de partes respectivas de la emisión corporal detectando uno o más componentes espectrales de píxeles respectivos que indican absorción de luz por un componente de eritrocitos. En algunas aplicaciones, el procesador informático está configurado para detectar uno o más componentes espectrales de los respectivos píxeles que indican absorción de luz por un componente de eritrocitos, detectando uno o más componentes espectrales de los respectivos píxeles que son indicativos de absorción de luz por un componente de eritrocitos, seleccionándose el componente del grupo que consiste en: hemoglobina, oxihemoglobina, metahemoglobina y hemo.
- 50
- 55

En algunas aplicaciones, el procesador informático está configurado para detectar los uno o más componentes espectrales detectando una o más bandas espectrales que tienen un ancho de banda de menos de 40 nm.

En algunas aplicaciones, las una o más cámaras incluyen una cámara multispectral. En algunas aplicaciones, el procesador informático está configurado para analizar la pluralidad de píxeles respectivos dentro de las una o más imágenes de forma individual generando un hipercubo de datos que contiene dos dimensiones espaciales y una dimensión de longitud de onda.

La presente invención se entenderá de forma más completa a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones de la misma, tomada junto con los dibujos, en los cuales:

#### Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una ilustración esquemática de un aparato para analizar una emisión corporal, de acuerdo con algunas aplicaciones de la presente invención;

La Figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra esquemáticamente los componentes de un módulo sensor, de acuerdo con algunas aplicaciones de la presente invención;

Las Figuras 3A-B son ilustraciones esquemáticas de los componentes de un componente de obtención de imágenes del módulo sensor, de acuerdo con respectivas aplicaciones de la presente invención;

La Figura 4 es un gráfico que muestra espectrogramas que se registraron a partir de muestras de heces, de acuerdo con algunas aplicaciones de la presente invención;

La Figura 5 es un gráfico de barras que muestra aspectos de los componentes espectrales que se registraron a partir de muestras respectivas, durante un experimento realizado de acuerdo con algunas aplicaciones de la presente invención;

La Figura 6 es un gráfico que muestra los resultados de un experimento que se realizó, de acuerdo con algunas aplicaciones de la presente invención; y

La Figura 7 es un diagrama de flujo que muestra los pasos que se realizan, de acuerdo con algunas aplicaciones de la presente invención.

#### Descripción detallada de realizaciones

Se hace referencia ahora a la Figura 1, que es una ilustración esquemática del aparato 20 para analizar una emisión corporal, de acuerdo con algunas aplicaciones de la presente invención. Como se muestra, el aparato 20 incluye típicamente un módulo sensor 22, que se coloca dentro de una taza de inodoro 23. El módulo sensor incluye un componente de obtención de imágenes 24, que a su vez incluye uno o más sensores de luz que están configurados para recibir luz de emisiones corporales (típicamente, heces 26) que fueron emitidas por el sujeto y están dispuestas dentro de la taza del inodoro. Por ejemplo, los sensores de luz pueden incluir un espectrómetro, o pueden incluir una o más cámaras, como se describe con más detalle a continuación. Un procesador informático analiza la luz recibida y determina si hay o no presencia de sangre dentro de la emisión corporal. Típicamente, el procesador informático detecta uno o más componentes espectrales dentro de la luz recibida que son indicativos de absorción de luz por un componente de eritrocitos, analizando la luz recibida (por ejemplo, realizando un análisis espectral sobre la luz recibida). (En el presente documento a dichos componentes espectrales se les puede denominar firma sanguínea, dado que ciertas combinaciones de tales componentes, como se describen en el presente documento, son indicativas de la presencia de sangre). Además, los pasos de recibir luz, analizar la luz recibida y determinar si hay o no presencia de sangre dentro de la emisión corporal se realizan sin requerir que ninguna persona (por ejemplo, el usuario, un cuidador o un profesional de la salud) realice ninguna acción después de que el sujeto emite la emisión corporal en la taza del inodoro.

Para algunas aplicaciones, el aparato 20 incluye una fuente de energía 28 (por ejemplo, un paquete de baterías), que está dispuesta fuera de la taza del inodoro dentro de una carcasa 30, como se muestra en la Figura 1. De forma alternativa o adicional, el módulo sensor está conectado a la red eléctrica (no mostrada). Típicamente, la fuente de energía y el módulo sensor 22 están conectados por cable (como se muestra), o de forma inalámbrica (no mostrado). De acuerdo con las respectivas aplicaciones, el procesador informático que realiza el análisis descrito anteriormente está dispuesto dentro de la taza del inodoro (por ejemplo, dentro de la misma carcasa que el módulo sensor), dentro de la carcasa 30 o alejado. Por ejemplo, como se muestra, el módulo sensor puede comunicarse de forma inalámbrica con un dispositivo de interfaz de usuario 32 que incluye un procesador informático. Un dispositivo de interfaz de usuario con este puede incluir, entre otros, un teléfono 34, una tableta 36, un ordenador portátil 38 o un tipo diferente de dispositivo informático personal. El dispositivo de interfaz de usuario típicamente actúa como un dispositivo de entrada y un dispositivo de salida, a través del cual el usuario interactúa con el módulo sensor 22. El módulo sensor puede transmitir datos al dispositivo de interfaz de usuario y el procesador informático del dispositivo de interfaz de usuario puede ejecutar un programa que está configurado para analizar la luz recibida por el módulo de obtención de imágenes y para detectar de ese modo si hay presencia de sangre dentro de la emisión corporal del sujeto.

Para algunas aplicaciones, el módulo sensor 22 y/o el dispositivo de interfaz de usuario se comunica con un servidor remoto. Por ejemplo, el aparato puede comunicarse con un médico o una compañía de seguros a través de una red de comunicación sin intervención del paciente. El médico o la compañía de seguros pueden evaluar los resultados y determinar si es apropiado para el paciente realizar más pruebas o intervenciones. Para algunas aplicaciones, los datos relacionados con la luz recibida se almacenan en una memoria (como por ejemplo la memoria 46 que se describe a continuación). Por ejemplo, la memoria puede estar dispuesta dentro de la taza del inodoro (por ejemplo, dentro de la unidad de sensor), dentro de la carcasa 30, o alejado. Periódicamente, el sujeto puede enviar los datos almacenados a una instalación, por ejemplo a un centro de atención sanitaria (por ejemplo, un consultorio médico o una farmacia) o a una compañía de seguros, y un procesador informático en la instalación puede realizar entonces el análisis descrito anteriormente sobre un lote de datos relacionado con una pluralidad de emisiones corporales del sujeto que fueron adquiridos durante un período de tiempo.

Cabe señalar que los aparatos y métodos descritos en el presente documento incluyen una prueba de detección en la cual no se requiere que el sujeto toque físicamente la emisión corporal. Además, típicamente solo se requiere que el sujeto toque periódicamente alguna parte del aparato sensor dedicado, por ejemplo, para instalar el dispositivo o para cambiar las baterías del dispositivo. (Cabe señalar que el sujeto puede manejar el dispositivo de interfaz de usuario, pero este es típicamente un dispositivo (por ejemplo un teléfono) que el sujeto maneja incluso cuando no usa el aparato sensor). También típicamente, el aparato y los métodos descritos en el presente documento no requieren añadir nada a la taza del inodoro después de que el sujeto emite una emisión corporal en la taza del inodoro, para facilitar el análisis espectral de la emisión, y/o una determinación de que la emisión contiene sangre. Para algunas aplicaciones, no se requiere que el sujeto realice ninguna acción después de la instalación del aparato en la taza del inodoro. La prueba es automática y la gestiona el aparato, y la monitorización de las emisiones del sujeto es continua para el sujeto y no requiere la conformidad por parte del sujeto, siempre que no se detecte ninguna anomalía.

Típicamente, después de que el sujeto emite una emisión corporal en la taza del inodoro, se obtiene una imagen de la emisión corporal al recibir luz reflejada desde la taza del inodoro, sin requerir que ninguna persona realice ninguna acción después de la emisión. También típicamente, el procesador informático (a) analiza (por ejemplo, analiza espectralmente) la luz recibida, (b) en respuesta a la misma, determina si hay o no presencia de sangre dentro de la emisión corporal, y (c) genera una salida al menos parcialmente en respuesta a ello, todo esto sin que sea necesario que ninguna persona realice ninguna acción después de la emisión. Cabe señalar que, para algunas aplicaciones, se solicita una entrada del sujeto, a través del dispositivo de interfaz de usuario, si se detecta una indicación de la presencia de sangre en la emisión corporal, como se describe con más detalle a continuación. Sin embargo, incluso para tales aplicaciones, se determina que hay presencia de sangre en base al análisis espectral automático, y se utiliza la entrada del usuario para determinar la fuente de la sangre, y/o para determinar si la fuente de la sangre es o no motivo de preocupación.

Para algunas aplicaciones, para cada emisión del sujeto, en caso de señal positiva, el aparato informa del hallazgo al paciente a través de un dispositivo de salida, por ejemplo, a través del dispositivo de interfaz de usuario 32. Para algunas aplicaciones, el dispositivo de salida incluye un componente de salida (como por ejemplo una luz (por ejemplo, un LED) o una pantalla) que está integrada en el aparato 20. Para algunas aplicaciones, si el análisis de la emisión corporal indica que hay sangre presente dentro de la emisión, el procesador informático controla la interfaz de usuario para solicitar una entrada del sujeto, haciéndole al usuario algunas preguntas de verificación. Por ejemplo, el dispositivo de interfaz de usuario puede preguntarle al usuario "¿Comió carne roja en las 24 horas anteriores a su reciente emisión de heces?" ya que el consumo de carne roja puede provocar un falso positivo debido a que la carne contenga sangre. De forma alternativa o adicional, el dispositivo de interfaz de usuario puede preguntar al usuario "¿Ha usado aspirina u otros fármacos antiinflamatorios no esteroideos?" ya que se ha demostrado que la ingesta de dichos fármacos provoca hemorragia en el estómago o en el tracto gastrointestinal de personas susceptibles. Para algunas aplicaciones, los datos se analizan localmente, pero los resultados se transmiten al proveedor de atención médica o a la compañía de seguros a través de una conexión de red.

Para algunas aplicaciones, el aparato monitoriza las emisiones corporales del sujeto durante un período de tiempo prolongado, por ejemplo, durante más de una semana, o más de un mes. Típicamente, de esta manera, el aparato está configurado para detectar la presencia de neoplasias malignas y/o pólipos, que característicamente sangran sólo de forma intermitente. Para algunas aplicaciones, el aparato compara la cantidad de sangre que se detecta en las emisiones corporales (por ejemplo, heces), durante un período de tiempo, con una cantidad umbral. Se sabe que existe un nivel de sangrado gastrointestinal normal, fisiológico y no patógeno, que se ha estimado en un promedio de menos de 2 ml/día. Se considera anormal un sangrado intestinal que sea superior a 2 ml/día. (Cabe señalar que la cantidad precisa que se considera anormal puede diferir para cada persona, dependiendo, por ejemplo, de la edad y el sexo. Así, por ejemplo, para mujeres maduras, se puede considerar que la concentración normal de sangre en las heces es inferior a 64 microgramos/gramo, mientras que para los hombres maduros cualquier valor por encima de 20 microgramos/gramo puede considerarse anormal). Por lo tanto, para algunas aplicaciones, se calibra el umbral para mejorar la especificidad de la detección, de tal manera que no se generarán alertas si el nivel de sangrado es consistente con un sangrado gastrointestinal normal, fisiológico y no patógeno, pero se generará una alerta si, por ejemplo, el nivel de sangrado es indicativo de la presencia de cáncer y/o pólipos.

Para algunas aplicaciones, el procesador informático que analiza la luz recibida utiliza técnicas de aprendizaje automático, como detección de anomalías y/o detección de valores atípicos. Por ejemplo, el procesador informático

puede estar configurado para realizar detección de anomalías o detección de valores atípicos individualizadas que aprende los patrones de las señales de salida de cada sujeto y detecta cambios anormales en la firma sanguínea característica del sujeto. Como se describió anteriormente en el presente documento, para algunas aplicaciones, el procesador informático que realiza el análisis está alejado y/o separado del módulo sensor. Para algunas aplicaciones, el módulo sensor es desechable, pero incluso después de desechar el módulo sensor, el procesador informático tiene acceso a datos históricos relacionados con el sujeto, de modo que los datos históricos se pueden utilizar en las técnicas de aprendizaje automático.

Se hace referencia ahora a la Figura 2, que es un diagrama de bloques que ilustra esquemáticamente los componentes del módulo sensor 22, de acuerdo con algunas aplicaciones de la presente invención. Como se describió anteriormente en el presente documento, el módulo sensor típicamente está dispuesto dentro de una taza de inodoro. También típicamente, el módulo sensor incluye un componente de obtención de imágenes, que a su vez incluye uno o más sensores de luz que están configurados para recibir luz de emisiones corporales que fueron emitidas por el sujeto y que están dispuestas dentro de la taza del inodoro. El componente de obtención de imágenes se describe con más detalle a continuación, con referencia a las Figuras 3A-B. Típicamente, el módulo sensor está alojado en una carcasa resistente al agua. También típicamente, la cara del módulo sensor debajo de la cual se monta el componente de obtención de imágenes está cubierta con una cubierta transparente y resistente al agua. Cabe señalar que la Figura 1 muestra el módulo sensor dispuesto por encima del nivel del agua dentro de la taza del inodoro. Sin embargo, para algunas aplicaciones, al menos una parte del módulo sensor (por ejemplo, todo el módulo sensor) se sumerge en el agua de la taza del inodoro.

Para algunas aplicaciones, el módulo sensor incluye un sensor de sujeto 40. El sensor de sujeto está configurado para detectar cuándo un sujeto está sobre o cerca del inodoro, y/o si el sujeto ha defecado y/u orinado en la taza del inodoro. Por ejemplo, el sensor de sujeto puede incluir un sensor de movimiento, configurado para detectar el movimiento de las heces, de la orina, del sujeto o del agua en la taza del inodoro. De forma alternativa o adicional, el sensor de sujeto puede incluir un sensor de luz configurado para detectar cuándo está encendida la luz del baño o cuándo se sienta el sujeto en el inodoro. Para algunas aplicaciones, los sensores de luz que se utilizan para detectar la luz de la emisión corporal también se utilizan para la función antes mencionada. Para algunas de estas aplicaciones, el módulo sensor está configurado para estar en modo de espera la mayor parte del tiempo (de modo que el módulo sensor utiliza una cantidad reducida de energía). El módulo sensor se enciende en respuesta a la detección de que el sujeto está sobre o cerca del inodoro, y/o de que el sujeto ha defecado y/u orinado en la taza del inodoro. Típicamente, el componente de obtención de imágenes del módulo sensor adquiere imágenes en respuesta a la detección de que el sujeto está sobre o cerca del inodoro, y/o de que el sujeto ha defecado y/u orinado en la taza del inodoro. Para algunas aplicaciones, el sujeto enciende el módulo sensor manualmente.

Para algunas aplicaciones, el módulo sensor incluye un componente vibratorio 42 que típicamente está configurado para hacer vibrar las heces que se encuentran dentro de la taza del inodoro. El elemento vibratorio puede incluir un vibrador ultrasónico, un elemento mecánico que es movido por un motor y/o una bomba configurada para emitir chorros de agua. El elemento vibratorio típicamente está configurado para romper las heces en trozos más pequeños de modo que la sangre que está dispuesta dentro del trozo de heces se vuelve visible para el componente de obtención de imágenes. Cabe señalar que, para algunas aplicaciones, el componente vibratorio está dispuesto en la taza del inodoro por separado del módulo sensor. Para algunas aplicaciones, no se utiliza un componente vibratorio, pero el aparato 20 es capaz de determinar si hay sangre presente en las heces con un nivel suficiente de especificidad, debido a que las heces se rompen al caer en la taza del inodoro e impactar en la taza del inodoro.

Típicamente, el módulo sensor incluye un procesador informático 44, una memoria 46 y un módulo de comunicación 48. El procesador informático 44 está configurado para controlar el componente de obtención de imágenes para realizar las funciones descritas en el presente documento. Para algunas aplicaciones, el procesador informático está configurado además para realizar las funciones de análisis descritas en el presente documento. Para tales aplicaciones, el procesador informático 44 típicamente comunica los resultados del análisis (por ejemplo, una detección positiva de sangre en las heces) a un dispositivo remoto, como por ejemplo el dispositivo de interfaz de usuario 32 (Figura 1), a través del módulo de comunicación 48. Alternativamente, como se describió anteriormente, el análisis de la luz recibida puede realizarse mediante un procesador informático remoto, por ejemplo, un procesador informático que forma parte del dispositivo de interfaz de usuario. Para estas aplicaciones, el procesador informático 44 típicamente comunica datos de obtención de imágenes en bruto y/o señales luminosas al procesador informático remoto, a través del módulo de comunicación 48. Para algunas aplicaciones, el procesador informático almacena datos en la memoria 46. Los datos pueden incluir datos en bruto, que posteriormente pueden ser recuperados y analizados, y/o los resultados del análisis espectral de la luz recibida por el componente de obtención de imágenes. La memoria 46 puede incluir una tarjeta de memoria, como por ejemplo una tarjeta SD que se puede extraer físicamente. El módulo de comunicación típicamente está configurado para comunicarse con dispositivos externos (por ejemplo, el dispositivo de interfaz de usuario 32) usando protocolos conocidos, tales como Wifi, Bluetooth®, Zigbee®, o cualquier protocolo de comunicación de campo cercano (NFC).

Para algunas aplicaciones, el módulo sensor 22 incluye un indicador 50, por ejemplo, un indicador visual (como por ejemplo una luz LED), o un indicador de audio (por ejemplo, un altavoz que está configurado para emitir un pitido), estando configurado el indicador para indicar al sujeto cuándo se ha obtenido con éxito una imagen de una muestra, y/o cuándo se han transmitido con éxito los datos a un dispositivo remoto, como por ejemplo el dispositivo de interfaz

de usuario 32. Cabe señalar que, aunque no se muestra, el indicador típicamente interactúa con otros componentes del módulo sensor como por ejemplo el procesador informático y/o el módulo de comunicación.

Se hace referencia ahora a las Figuras 3A-B que son ilustraciones esquemáticas de los componentes del componente de obtención de imágenes 24, de acuerdo con las respectivas aplicaciones de la presente invención. El componente de obtención de imágenes 24 típicamente está dispuesto en una cara del módulo sensor 22 que mira hacia el agua de la taza del inodoro. Las Figuras 3A-B son ilustraciones esquemáticas de la cara antes mencionada del módulo sensor.

Como se describe con más detalle a continuación, típicamente para detectar una firma sanguínea dentro de una emisión corporal, se detectan bandas espectrales particulares dentro de la luz que se refleja en la emisión corporal. Las bandas espectrales están centradas alrededor de una longitud de onda que está en el rango de 530 nm a 785 nm. Se detectan bandas espectrales que están centradas alrededor de aproximadamente 540 nm, 565 nm y 575 nm. Las anchuras de las bandas espectrales son típicamente superiores a 3 nm (por ejemplo, superiores a 5 nm o superiores a 8 nm), y/o inferiores a 40 nm (por ejemplo, inferiores a 20 nm o 12 nm), por ejemplo, entre 3 y 40 nm, entre 5 y 20 nm o entre 8 y 12 nm. Debería interpretarse que una banda espectral que se describe en el presente documento como centrada alrededor de aproximadamente un valor espectral determinado incluye una banda espectral centrada alrededor del valor determinado más/menos 5 nm.

Haciendo referencia a la Figura 3A, para algunas aplicaciones, el componente de obtención de imágenes 24 del módulo sensor 22 incluye una fuente de luz 68 (por ejemplo, un emisor de luz LED, o un tipo de luz diferente) que emite luz blanca. Además, el módulo de obtención de imágenes incluye dos o más cámaras, que actúan como sensores de luz. Las dos o más cámaras pueden incluir una cámara en color 60 y/o una cámara monocromática que incluye un filtro por ejemplo para detectar una primera de las bandas espectrales descritas anteriormente (cámara 62), una segunda de las bandas espectrales descritas anteriormente (cámara 64), y/o una tercera de las bandas espectrales descritas anteriormente (cámara 66). Las cámaras actúan como sensores de luz del aparato 20, y la fuente de luz actúa para iluminar la taza del inodoro y la emisión corporal. Para algunas aplicaciones, se utilizan las cuatro cámaras en el componente de obtención de imágenes.

Para algunas aplicaciones, el procesador informático del aparato 20 está configurado para identificar componentes espectrales dentro de partes respectivas de la emisión corporal, analizando los píxeles respectivos dentro de las imágenes adquiridas por las cámaras, de forma individual. Para identificar los componentes espectrales de una parte determinada de la emisión corporal, el procesador informático determina una correspondencia entre los píxeles de las imágenes adquiridas por las respectivas cámaras. Típicamente, con independencia de cuántas cámaras se utilizan, todas las cámaras están dispuestas muy próximas entre sí, por ejemplo, de manera que todas las cámaras están dispuestas dentro de un área de menos de 10 centímetros cuadrados (por ejemplo, un área de menos de 5 centímetros cuadrados, o un área de menos de 1 centímetro cuadrado). Para algunas aplicaciones, usar cámaras que están dispuestas muy próximas entre sí facilita la determinación de la correspondencia entre los píxeles de imágenes que fueron adquiridas por las respectivas cámaras.

Haciendo referencia a la Figura 3B, para algunas aplicaciones, el componente de obtención de imágenes 24 del módulo sensor 22 incluye una cámara en color 60, e incluye dos o más fuentes de luz (por ejemplo, luces LED u otros tipos de luces) que emiten luz en las respectivas bandas espectrales. Las dos o más fuentes de luz incluyen típicamente una fuente de luz 68 (que, como se describe con referencia a la Figura 3A, está configurada para emitir luz blanca) y/o fuentes de luz que están configuradas para emitir luz en una primera de las bandas espectrales descritas anteriormente (fuente de luz 72), una segunda de las bandas espectrales descritas anteriormente (fuente de luz 74), y/o una tercera de las bandas espectrales descritas anteriormente (fuente de luz 76). Para algunas aplicaciones, se montan filtros de banda estrecha sobre una o más de las fuentes de luz. La cámara actúa como un sensor de luz del aparato 20, y las fuentes de luz actúan para iluminar la taza del inodoro y la emisión corporal. Para algunas aplicaciones, se utilizan las cuatro fuentes de luz en el componente de obtención de imágenes.

Cabe señalar que para algunas aplicaciones, el componente de obtención de imágenes no incluye una fuente de luz, y los sensores de luz del componente de obtención de imágenes (por ejemplo, las cámaras) confían en la luz ambiental. Alternativamente, la fuente de luz y los sensores de luz del componente de obtención de imágenes pueden estar dispuestos unos con respecto a otros en lados diferentes de la taza del inodoro. Para algunas aplicaciones, en lugar de utilizar una o más cámaras, que están configuradas para detectar luz píxel a píxel, se utiliza un espectrómetro para detectar el espectro general de luz que se refleja en la emisión corporal, y para analizar la luz reflejada.

Para algunas aplicaciones, la cámara en color 60 es una cámara multiespectral o una cámara hiperespectral. Por ejemplo, se puede utilizar una cámara hiperespectral para adquirir imágenes de una emisión corporal, y el procesador informático puede analizar los datos generando un hipercubo de datos que contiene dos dimensiones espaciales y una dimensión de longitud de onda. El procesador informático puede determinar si hay o no sangre en la emisión corporal, analizando el hipercubo.

Cabe señalar además que las disposiciones particulares de las fuentes de luz y los sensores de luz mostradas en las Figuras 3A-B son ejemplos, y el alcance de la presente invención incluye el uso de disposiciones alternativas o adicionales de las fuentes de luz y/o los detectores de luz. Por ejemplo, se pueden utilizar más o menos de cuatro



fuentes de luz y/o sensores de luz. De manera similar, las fuentes de luz y/o los sensores de luz pueden situarse en una configuración diferente a las mostradas en las Figuras 3A-B. El alcance de la presente invención incluye el uso de cualquier combinación de sensores de luz y fuentes de luz, situados en cualquier configuración que facilite la realización de mediciones como las descritas en el presente documento.

Típicamente, los sensores de luz del componente de obtención de imágenes 24 del módulo sensor 22 adquieren imágenes en respuesta a la detección de que el sujeto está sobre el inodoro o cerca de él, y/o de que el sujeto ha defecado y/u orinado en la taza del inodoro, como se ha descrito anteriormente. Para algunas aplicaciones, durante las adquisiciones de imágenes por la(s) cámara(s) 60, 62, 64 y/o 66, se adquieren ráfagas de imágenes a intervalos de tiempo dados. Por ejemplo, se puede adquirir una ráfaga una vez cada 3 segundos, cada 5 segundos o cada 10 segundos. Cada ráfaga de imágenes contiene típicamente entre 1 y 8 imágenes, por ejemplo, entre 3 y 5 imágenes. Típicamente, todas las imágenes que se adquieren de una emisión determinada se adquieren en un tiempo total de menos de 20 segundos, de manera que no hay movimiento sustancial de la emisión corporal entre las adquisiciones de imágenes respectivas dentro de cada ráfaga. Para algunas aplicaciones, el tiempo máximo de exposición por fotograma de imagen es típicamente de 10 ms. Alternativamente, el tiempo de exposición por fotograma de imagen puede ser más de 10 ms, por ejemplo, más de 35 ms.

Los aparatos y métodos descritos en el presente documento utilizan la luz reflejada por los eritrocitos y recogida por los sensores de luz. En algunas realizaciones, esta luz puede reflejarse en la fuente de luz ambiental y en otras realizaciones una fuente de luz es una parte integral del sistema. En algunas realizaciones, dicha fuente de luz puede ser un LED de una o varias longitudes de onda, o una fuente de luz de banda ancha con un filtro de paso de banda. Como se describió anteriormente, los eritrocitos tienen una firma espectral distintiva, que se refleja en el medio ensayado y puede detectarse mediante sensores de luz, denominándose la firma en el presente documento firma sanguínea.

Para algunas aplicaciones, el módulo sensor detecta la presencia de sangre en la emisión corporal en respuesta a la detección de que el valor devuelto por una función matemática sobre la absorción de dos o más longitudes de onda o funciones ponderadas de longitudes de onda tiene un valor determinado. Como se describió anteriormente, para algunas aplicaciones, el módulo sensor transmite la salida de los sensores de luz al dispositivo de interfaz de usuario 32 (Figura 1) y el software que es ejecutado por un procesador informático situado en el dispositivo realiza el análisis.

En general, el aparato 20 incluye típicamente una o más fuentes de iluminación (es decir, una o más fuentes de luz) para irradiar fluidos biológicos que son excretados por el paciente y pasan al agua de la taza del inodoro. Para algunas aplicaciones, se emite radiación (por ejemplo, radiación en el rango de la luz visible) en diferentes longitudes de onda de interés para evaluar la firma óptica de la muestra. Un detector de luz está situado con respecto a la(s) fuente(s) de luz en el lado opuesto, en el mismo lado o en cualquier otro lugar de la taza del inodoro. Por ejemplo, los detectores de luz pueden estar orientados hacia la(s) fuente(s) de luz para detectar luz procedente de la(s) fuente(s) de luz que pasa a través de la emisión corporal, o a través del agua que está en contacto con la emisión. Cabe señalar que aunque algunas aplicaciones de la presente invención están relacionadas con el uso de la detección de radiación en el rango de luz visible para realizar las técnicas descritas en el presente documento, el alcance de la presente invención incluye el uso de radiación en cualquier banda espectral para realizar las técnicas aquí descritas, *mutatis mutandis*.

Para algunas aplicaciones, se utiliza una fuente de iluminación de banda ancha de luz blanca (por ejemplo, la fuente de luz blanca 68), y el detector de luz puede comprender al menos dos detectores de luz (por ejemplo, dos o más cámaras 60, 62, 64 y 66). Cada detector de luz puede comprender un filtro diferente para recoger luz a una longitud de onda diferente, después de que pase a través de los fluidos biológicos. Los filtros pueden ser filtros de banda estrecha, filtros de interferencia, filtros absorbentes o filtros de elementos ópticos difractivos (DOE).

Se hace referencia ahora a la Figura 4, que es un gráfico que muestra espectrogramas que se registraron a partir de muestras de heces, de acuerdo con algunas aplicaciones de la presente invención. Una muestra de heces humanas en bruto y una muestra de heces humanas en la que se habían inyectado 0.2 ml de sangre se colocaron dentro de un recipiente de vidrio (con dimensiones 86x86x90 mm) que contenía agua del grifo hasta una altura de aproximadamente 70 mm (~500 cc de agua). Se dirigió hacia el recipiente luz LED blanca en el rango de 400-700 nm y una intensidad de aproximadamente 220 lúmenes, y se adquirieron espectrogramas de la luz que se reflejaba en el recipiente usando un espectrómetro estándar.

La curva más gruesa es el espectrograma que se obtuvo de la muestra de heces en bruto y la curva más fina es el espectrograma que se obtuvo de las heces con sangre. Como se puede observar, en la parte ampliada del gráfico, el espectrograma que se obtuvo de la muestra que incluye sangre incluye una forma característica valle-pico-valle a aproximadamente 540 nm (valle), 565 nm (pico) y 575 nm (valle). Esta forma característica es un ejemplo de firma sanguínea, siendo la forma indicativa de la presencia de sangre. Específicamente, esta forma indica absorción de luz por la oxihemoglobina, que está presente en los eritrocitos de la sangre.

Los resultados anteriores indican que se puede detectar una firma sanguínea dentro de una muestra de heces bajo ciertas condiciones. Además, los resultados anteriores se obtuvieron utilizando un espectrograma que analiza el perfil espectral global de la muestra. Si se analiza la muestra píxel a píxel, como se hace en ciertas aplicaciones de la presente invención, se puede esperar que la firma de sangre se detecte con mayor sensibilidad y especificidad.

Se hace referencia ahora a la Figura 5, que es un gráfico de barras que muestra relaciones de componentes espectrales que se registraron a partir de muestras respectivas, durante un experimento realizado según algunas aplicaciones de la presente invención. Usando la técnica descrita anteriormente con respecto a la Figura 4, se analizaron los espectrogramas de una pluralidad de muestras. La muestra incluyó:

- 5 1. Remolacha fresca.
2. Carne fresca cruda.
3. Una muestra fecal que no contenía sangre.
4. Una segunda muestra fecal que no contenía sangre.
5. Una mezcla de ron y colorante alimentario rojo.
- 10 6. Una muestra que contenía heces y 0.2 ml de sangre, donde la muestra no estaba mezclada.
7. Una muestra que contenía heces y 0.2 ml de sangre, donde la muestra se mezcló una vez removiendo con una varilla.
8. Una muestra que contenía heces y 0.2 ml de sangre, donde la muestra se mezcló dos veces removiendo con una varilla.
- 15 9. Una muestra que contenía heces y 5 gotas de sangre, donde la muestra no estaba mezclada.
10. Una muestra que contenía heces y 5 gotas de sangre, donde la muestra se mezcló dos veces removiendo con una varilla.

La sangre se obtuvo de un banco de sangre y había estado conservada en citrato.

Para cada una de las muestras, el espectrograma recibido se analizó calculando dos relaciones. La relación 1 era la relación entre la intensidad de una banda de 10 nm centrada alrededor de 565 nm y la intensidad de una banda de 10 nm centrada alrededor de 575 nm ( $I(565)/I(575)$ ). La relación 2 era la relación entre la intensidad de una banda de 10 nm centrada alrededor de 565 nm y la intensidad de una banda de 10 nm centrada alrededor de 540 nm ( $I(565)/I(540)$ ). Para los objetivos del experimento, los umbrales se establecieron en 1.05 para la relación 1 y 0.8 para la relación 2, de modo que, si la relación 1 superase 1.05 y la relación 2 superase 0.8, esto sería una indicación de que la muestra contiene sangre. Esto se debe a que sería de esperar que una muestra que contiene sangre tuviera una firma sanguínea con una forma característica valle-pico-valle a aproximadamente 540 nm (valle), 565 nm (pico) y 575 nm (valle) mientras que, para una muestra que no contiene sangre, se podría esperar que la pendiente del espectrograma aumentase entre 540 nm y 575 nm, como se muestra en la curva gruesa de la Figura 4. Los resultados se indican en el gráfico de barras que se muestra en la Figura 5 y se resumen en la siguiente tabla:

Muestra	Sangre humana contenida	Ambas relaciones indican que la muestra contiene sangre
1	No	No
2	No (pero contenía eritrocitos animales)	Sí
3	No	No
4	No	No
5	No	No
6	Sí	No
7	Sí	Sí
8	Sí	Sí
9	Sí	Sí
10	Sí	Sí

Como se puede observar en base a la Figura 5 y la tabla anterior, en general, utilizando las relaciones y umbrales descritos anteriormente, se detectó sangre en las heces en cuatro de cada cinco casos. Utilizando las relaciones y umbrales descritos anteriormente, en general, no se detectó sangre en casos en los que no había sangre presente en la muestra, excepto en la muestra de carne (muestra 2), lo cual se analiza a continuación. Estos resultados indican

que se puede detectar sangre en una emisión corporal analizando espectralmente la emisión, usando técnicas como las que se describen en el presente documento. Por lo tanto, se detectan bandas espectrales que están centradas alrededor de una longitud de onda que está en el rango de 530 nm a 785 nm. Se detectan bandas espectrales que están centradas alrededor de aproximadamente 540 nm, 565 nm y 575 nm. Las anchuras de las bandas espectrales son típicamente superiores a 3 nm (por ejemplo, superiores a 5 nm o superiores a 8 nm) y/o inferiores a 40 nm (por ejemplo, inferiores a 20 nm o inferiores a 12 nm), por ejemplo, de entre 3 y 40 nm, de entre 5 y 20 nm, o de entre 8 y 12 nm. Se determinan las relaciones entre sí de las intensidades de las bandas espectrales antes mencionadas. Se determina la relación de la intensidad de la banda espectral que está centrada alrededor de aproximadamente 565 nm con la de la banda centrada alrededor de aproximadamente 575 nm (o viceversa), y la relación de la intensidad de la banda espectral que está centrada alrededor de aproximadamente 565 nm con la de la banda centrada alrededor de aproximadamente 540 nm (o viceversa).

Cabe señalar que los resultados mostrados en la Figura 5 y resumidos en la tabla anterior reflejan una parte de las muestras que se analizaron. En general, no hubo falsos positivos, excepto cuando se analizó la muestra de carne. Esto es de esperar, ya que la carne fresca cruda tiene residuos de sangre animal, que se disuelve en el agua. De acuerdo con algunas aplicaciones de la presente invención, estos falsos positivos se reducen haciendo preguntas al sujeto, tales como si el sujeto comió carne roja dentro de un intervalo de tiempo determinado antes de defecar, como se describió anteriormente en el presente documento.

Se encontraron falsos negativos cuando se inyectó sangre en heces sólidas y ésta no llegó al agua (como ocurrió en la muestra 6). Según algunas aplicaciones de la presente invención, estos falsos negativos se reducen mezclando, haciendo vibrar y/o agitando las heces dentro de la taza del inodoro, según las técnicas descritas en el presente documento. Cabe señalar que, en el experimento, la sangre se mezcló con las heces cuando las heces se colocaron dentro del recipiente de vidrio. Típicamente, cuando una persona defeca en la taza del inodoro, las heces se agitan en virtud de que caen dentro de la taza del inodoro e impactan con ella. Por lo tanto, para algunas aplicaciones de la presente invención, no se proporciona agitación activa a las heces dispuestas en la taza del inodoro. Además, hubo falsos negativos (no mostrados en la Figura 5) en los casos en los que se utilizó sangre con remolacha como muestra. Para algunas aplicaciones de la presente invención, dichos falsos negativos se reducen utilizando una intensidad de luz mayor que la utilizada en el experimento descrito anteriormente. Cabe señalar además que, dado que, según algunas aplicaciones, el análisis de las emisiones corporales se realiza durante un período de tiempo, si se pasa por alto sangre oculta en algunas emisiones, es probable que se detecte en otras.

Se hace referencia ahora a la Figura 6, que es un gráfico que muestra los resultados de una simulación que se realizó, de acuerdo con algunas aplicaciones de la presente invención. Se utilizaron espectrogramas de (a) heces y (b) cinco gotas de sangre obtenidos en un experimento como el descrito anteriormente en el presente documento. El espectrograma de las cinco gotas de sangre se dividió por cinco, para simular el espectrograma de una gota y para mejorar la relación señal-ruido en relación con el espectrograma de una sola gota de sangre que se estaba utilizando. Se realizó una simulación para mezclar artificialmente los espectros, de modo que se produjera el efecto de heces mezcladas con la respectiva cantidad de sangre. A continuación, se calcularon las relaciones primera y segunda descritas anteriormente para anchos de banda crecientes del filtro espectral. La Figura 6 es un gráfico que muestra el número mínimo de gotas detectables para cada ancho de banda. Se puede observar que hasta un ancho de banda de 20 nm, eran detectables dos gotas de sangre, mientras que para anchos de banda de 30 nm y más, se necesitaban un mínimo de tres gotas de sangre para que la sangre fuera detectable. Por lo tanto, se detectan bandas espectrales que están centradas alrededor de aproximadamente 540 nm, 565 nm y 575 nm, y las anchuras de las bandas espectrales son típicamente superiores a 3 nm (por ejemplo, superiores a 5 nm o superiores a 8 nm), y/o inferiores a 40 nm (por ejemplo, inferiores a 20 nm, o inferiores a 12 nm), por ejemplo, entre 3 y 40 nm, entre 5 y 20 nm, o entre 8 y 12 nm.

Se hace referencia ahora a la Figura 7, que es un diagrama de flujo que muestra los pasos de un procedimiento que se realiza, de acuerdo con algunas aplicaciones de la presente invención.

En un primer paso (paso 80), el módulo sensor 22 (por ejemplo, el sensor de sujeto 40 del módulo sensor) detecta la presencia del sujeto en las proximidades del inodoro o sobre él, y/o detecta que se ha emitido una emisión corporal en el inodoro, como se describió anteriormente con referencia a la Figura 2. En respuesta a ello, el componente de obtención de imágenes 24 del módulo sensor recibe luz de la taza del inodoro, típicamente adquiriendo imágenes usando una o más cámaras (por ejemplo, una o más cámaras multispectrales, o una o más cámaras hiperespectrales) (paso 82).

La luz recibida se analiza (por ejemplo, se analiza espectralmente) mediante un procesador informático, que puede ser el procesador informático 44 del módulo sensor, o un procesador informático diferente, como se describió anteriormente en el presente documento. Se detectan bandas espectrales que están centradas alrededor de una longitud de onda que está en el rango de 530 nm a 785 nm. Además, se detectan componentes espectrales de la firma sanguínea (paso 84). Por ejemplo, pueden detectarse uno o más componentes espectrales dentro de la luz recibida que son indicativos de absorción de luz por un componente de eritrocitos (por ejemplo, oxihemoglobina). Como se describió anteriormente, se detectan bandas espectrales que están centradas alrededor de aproximadamente 540 nm, 565 nm y 575 nm. (Como se indicó anteriormente, debería interpretarse que una banda espectral que se describe en el presente documento como centrada alrededor de aproximadamente un valor espectral determinado incluye una

banda espectral centrada alrededor del valor determinado más/menos 5 nm). Los componentes espectrales detectados se analizan calculando relaciones entre sí de las intensidades de los respectivos componentes (paso 86), como se describió anteriormente en el presente documento. (El paso 86 está dentro de un recuadro en línea discontinua). En respuesta al análisis espectral, el procesador informático detecta sangre (paso 88) y genera una salida (paso 90), por ejemplo, en el dispositivo de interfaz de usuario 32.

El alcance de la presente invención incluye detectar cualquier componente espectral que sea indicativo de absorción de luz por un componente de eritrocitos, por ejemplo componentes espectrales que son indicativos de hemoglobina, metahemoglobina y/o hemo. Para algunas aplicaciones, se detectan componentes espectrales que son indicativos de absorción de luz en orina y heces. Para algunas aplicaciones, el procesador informático determina si hay o no heces y orina junto con sangre, para confirmar que la sangre detectada es sangre que está asociada con heces y orina y no proviene de una fuente diferente. Además, los umbrales que se describe que se han utilizado son ilustrativos, y el alcance de la presente invención incluye el uso de umbrales diferentes a los descritos anteriormente en el presente documento. Por ejemplo, para aplicaciones en las que se usan sensores de luz calibrados, se puede utilizar un umbral de más de 1 y/o de menos de 1.5 (por ejemplo, entre 1 y 1.5) para la relación 1 (es decir,  $I(565)/I(575)$ ), y se puede utilizar un umbral de más de 0.7 y/o de menos de 1 (por ejemplo, entre 0.7 y 1) para la relación 2 (es decir,  $I(565)/I(540)$ ). Para aplicaciones en las que los sensores de luz no están calibrados, las relaciones pueden ser diferentes.

Cabe señalar que, en esta etapa, la salida puede indicar una sospecha de que la sangre del sujeto está en la emisión corporal. Para algunas aplicaciones, para confirmar la sospecha, se solicita al usuario que proporcione una entrada haciéndole preguntas de confirmación (cuyas respuestas son típicamente indicativas de la fuente de la sangre detectada), como se describió anteriormente en el presente documento. El procesador informático recibe la entrada del sujeto relacionada con las preguntas de confirmación (paso 92). Si la entrada del usuario indica que la detección de sangre no fue un falso positivo (que puede haber sido provocado, por ejemplo, porque el sujeto comió carne roja), entonces el procesador informático registra que ha ocurrido un evento sanguíneo (paso 94). Por ejemplo, el procesador informático puede registrar el evento en la memoria 46 del módulo sensor. Para algunas aplicaciones, el evento sanguíneo se registra incluso sin recibir una entrada del usuario (paso 92). Por ejemplo, el procesador informático puede tener en cuenta los falsos positivos de una manera diferente, por ejemplo incorporando una probabilidad de falsos positivos en un umbral que se utiliza para monitorizar eventos sanguíneos durante un largo período de tiempo. (El paso 92 está dentro de un recuadro en línea discontinua para indicar que este paso es opcional).

Los pasos 80-90 de la Figura 7 (los pasos dentro del recuadro grande en línea discontinua) se realizan sin que se requiera ninguna acción por parte del sujeto o de cualquier otra persona, después de que el sujeto emite una emisión corporal en la taza del inodoro.

Las aplicaciones de la invención descrita en el presente documento pueden adoptar la forma de un producto de programa informático accesible desde un medio utilizable o legible por un ordenador (por ejemplo, un medio no transitorio legible por un ordenador) que proporciona un código de programa para uso por parte de un ordenador o en conexión con él o cualquier sistema de ejecución de instrucciones, como por ejemplo un procesador informático 44, o un procesador informático del dispositivo de interfaz de usuario 32. Para el propósito de esta descripción, un medio utilizable por un ordenador o legible por un ordenador puede ser cualquier aparato que puede comprender, almacenar, comunicar, propagar, o transportar el programa para su uso por o en conexión con el sistema, aparato o dispositivo de ejecución de instrucciones. El medio puede ser un sistema (o aparato o dispositivo) electrónico, magnético, óptico, electromagnético, infrarrojo o semiconductor o un medio de propagación. Típicamente, el medio utilizable por un ordenador o legible por un ordenador es un medio no transitorio utilizable por un ordenador o legible por un ordenador.

Ejemplos de medios legibles por un ordenador incluyen una memoria de semiconductores o de estado sólido, una cinta magnética, un disquete informático extraíble, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), un disco magnético rígido y un disco óptico. Ejemplos actuales de discos ópticos incluyen memoria de disco compacto de sólo lectura (CD-ROM), disco compacto de lectura/escritura (CD-R/W) y DVD. Para algunas aplicaciones, se utiliza el almacenamiento en la nube.

Un sistema de procesamiento de datos adecuado para almacenar y/o ejecutar código de programa incluirá al menos un procesador (por ejemplo, el procesador informático 44, o un procesador informático del dispositivo de interfaz de usuario 32) acoplado directa o indirectamente a elementos de memoria (por ejemplo, la memoria 46, o una memoria del dispositivo de interfaz de usuario 32) a través de un bus del sistema. Los elementos de memoria pueden incluir memoria local empleada durante la ejecución real del código de programa, almacenamiento masivo y memorias caché que proporcionan almacenamiento temporal de al menos parte del código de programa para reducir el número de veces que se debe recuperar el código del almacenamiento masivo durante la ejecución. El sistema puede leer las instrucciones innovadoras en los dispositivos de almacenamiento de programas y seguir estas instrucciones para ejecutar la metodología de las realizaciones de la invención.

Se pueden acoplar adaptadores de red al procesador para permitir que el procesador se acople a otros procesadores o impresoras o dispositivos de almacenamiento remotos a través de redes públicas o privadas intermedias. Módems, módems por cable y tarjetas Ethernet son sólo algunos de los tipos de adaptadores de red disponibles en la actualidad.

El código de programa informático para llevar a cabo las operaciones de la presente invención puede estar escrito en cualquier combinación de uno o más lenguajes de programación, incluido un lenguaje de programación orientado a objetos como Java, Smalltalk, C++ o similares y lenguajes de programación procedimentales convencionales, como el lenguaje de programación C o lenguajes de programación similares.

- 5 Se entenderá que los bloques del diagrama de flujo mostrado en la figura 7 y las combinaciones de bloques en el diagrama de flujo pueden implementarse mediante instrucciones de programa informático. Estas instrucciones de programa informático pueden proporcionarse a un procesador de un ordenador de propósito general, un ordenador de propósito especial u otro aparato de procesamiento de datos programable para producir una máquina, de manera que las instrucciones, que se ejecutan a través del procesador informático (por ejemplo, el procesador informático 44, o un
- 10 procesador informático del dispositivo de interfaz de usuario 32) u otro aparato de procesamiento de datos programable, crean medios para implementar las funciones/actos especificados en el diagrama de flujo y/o los algoritmos descritos en la presente solicitud. Estas instrucciones de programa informático también pueden almacenarse en un medio legible por un ordenador (por ejemplo, un medio no transitorio legible por un ordenador) que puede dirigir un ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable para que funcione de una manera
- 15 particular, de modo que las instrucciones almacenadas en el medio legible por un ordenador producen un artículo de fabricación que incluye medios de instrucción que implementan la función/acto especificado en los bloques y algoritmos del diagrama de flujo. Las instrucciones de programa informático también pueden cargarse en un ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable para provocar que se realicen una serie de pasos operativos en el ordenador u otro aparato programable para producir un proceso implementado por ordenador de manera que las
- 20 instrucciones que se ejecutan en el ordenador o en otros aparatos programables proporcionan procesos para implementar las funciones/actos especificados en el diagrama de flujo y/o algoritmos descritos en la presente solicitud.

El procesador informático 44 y los otros procesadores informáticos descritos en el presente documento son típicamente dispositivos hardware programados con instrucciones de programas informático para producir un ordenador de propósito especial. Por ejemplo, cuando está programado para realizar los algoritmos descritos con

25 referencia a las Figuras 7, el procesador informático típicamente actúa como un procesador informático de análisis de emisiones corporales de propósito especial. Típicamente, las operaciones descritas en este documento que son realizadas por procesadores informáticos transforman el estado físico de una memoria, que es un artículo físico real, para que tenga una polaridad magnética, carga eléctrica o similar diferente dependiendo de la tecnología de la memoria que se utiliza.

## REIVINDICACIONES

### 1. Un método que comprende:

después de que un sujeto emita heces (26) en una taza de inodoro (23), y sin requerir que ninguna persona realice ninguna acción después de la emisión:

- 5 recibir luz de la taza del inodoro (23), usando uno o más sensores de luz (24); y  
usando un procesador informático (44):  
detectar bandas espectrales dentro de la luz recibida, estando centrada cada una de las bandas espectrales alrededor de una longitud de onda respectiva de 540 nm más/menos 5 nm, 565 nm más/menos 5 nm y 575 nm más/menos 5 nm;
- 10 determinar una relación entre las intensidades de las respectivas bandas espectrales:  
determinando una primera relación entre una intensidad de la banda que está centrada alrededor de 565 nm más/menos 5 nm y una intensidad de la banda que está centrada alrededor de 575 nm más/menos 5 nm; y  
determinando una segunda relación entre una intensidad de la banda que está centrada alrededor de 565 nm más/menos 5 nm y una intensidad de la banda que está centrada alrededor de 540 nm más/menos 5 nm;
- 15 en respuesta a la relación entre las intensidades de las respectivas bandas espectrales, determinar que hay presencia de sangre dentro de las heces (26); y  
generar una salida en un dispositivo de salida (32), al menos parcialmente en respuesta a ello.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual recibir luz de la taza del inodoro usando uno o más sensores de luz (24) comprende recibir una o más imágenes de la taza del inodoro usando una o más cámaras (60, 62, 64, 66),  
20 y en el cual detectar las bandas espectrales dentro de la luz recibida comprende detectar las bandas espectrales dentro de partes respectivas de las heces, analizando una pluralidad de píxeles respectivos dentro de una o más imágenes de forma individual.

3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que detecta las bandas espectrales que están centradas alrededor de las respectivas longitudes de onda, comprende detectar bandas espectrales, cada una de las cuales tiene un ancho de banda de más de 8 nm.  
25

4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual detectar las bandas espectrales que están centradas alrededor de las respectivas longitudes de onda comprende detectar bandas espectrales, cada una de las cuales tiene un ancho de banda de entre 3 nm y 40 nm.

### 5. Aparato para uso con un dispositivo de salida (32), que comprende:

- 30 uno o más sensores de luz (24) configurados, después de que un sujeto emita heces en una taza del inodoro, mientras las heces (26) están dispuestas dentro del agua de la taza del inodoro (23), y sin requerir que ninguna persona realice ninguna acción después de la emisión, para recibir luz procedente de la taza del inodoro (23); y  
un procesador informático (44) configurado para:  
detectar bandas espectrales dentro de la luz recibida, estando centrada cada una de las bandas espectrales  
35 alrededor de una longitud de onda respectiva de 540 nm más/menos 5 nm, 565 nm más/menos 5 nm y 575 nm más/menos 5 nm;  
determinar una relación entre las intensidades de las respectivas bandas espectrales, caracterizado por:  
determinar una primera relación entre una intensidad de la banda que está centrada alrededor de 565 nm más/menos 5 nm y una intensidad de la banda que está centrada alrededor de 575 nm más/menos 5 nm; y  
40 determinar una segunda relación entre una intensidad de la banda que está centrada alrededor de 565 nm más/menos 5 nm y una intensidad de la banda que está centrada alrededor de 540 nm más/menos 5 nm;  
en respuesta a la relación entre las intensidades de las respectivas bandas espectrales, determinar que hay presencia de sangre dentro de las heces; y  
generar una salida en el dispositivo de salida (32), al menos parcialmente en respuesta a ello.

- 45 6. El aparato de acuerdo con la reivindicación 5, en el cual los uno o más sensores de luz (24) comprenden una o más cámaras (60, 62, 64, 66) configuradas para recibir una o más imágenes de la taza del inodoro (23), y en el cual el

procesador informático (44) está configurado para detectar las bandas espectrales dentro de partes respectivas de las heces (26), analizando una pluralidad de píxeles respectivos dentro de las una o más imágenes de forma individual.

5 7. El aparato de acuerdo con la reivindicación 5, en el cual el procesador informático (44) está configurado para detectar las bandas espectrales que están centradas alrededor de las respectivas longitudes de onda detectando bandas espectrales que tienen anchos de banda de más de 8 nm que están centradas alrededor de las respectivas longitudes de onda.

8. El aparato de acuerdo con la reivindicación 5, en el cual el procesador informático (44) está configurado para detectar las bandas espectrales detectando bandas espectrales, cada una de las cuales tiene un ancho de banda de entre 3 nm y 40 nm.

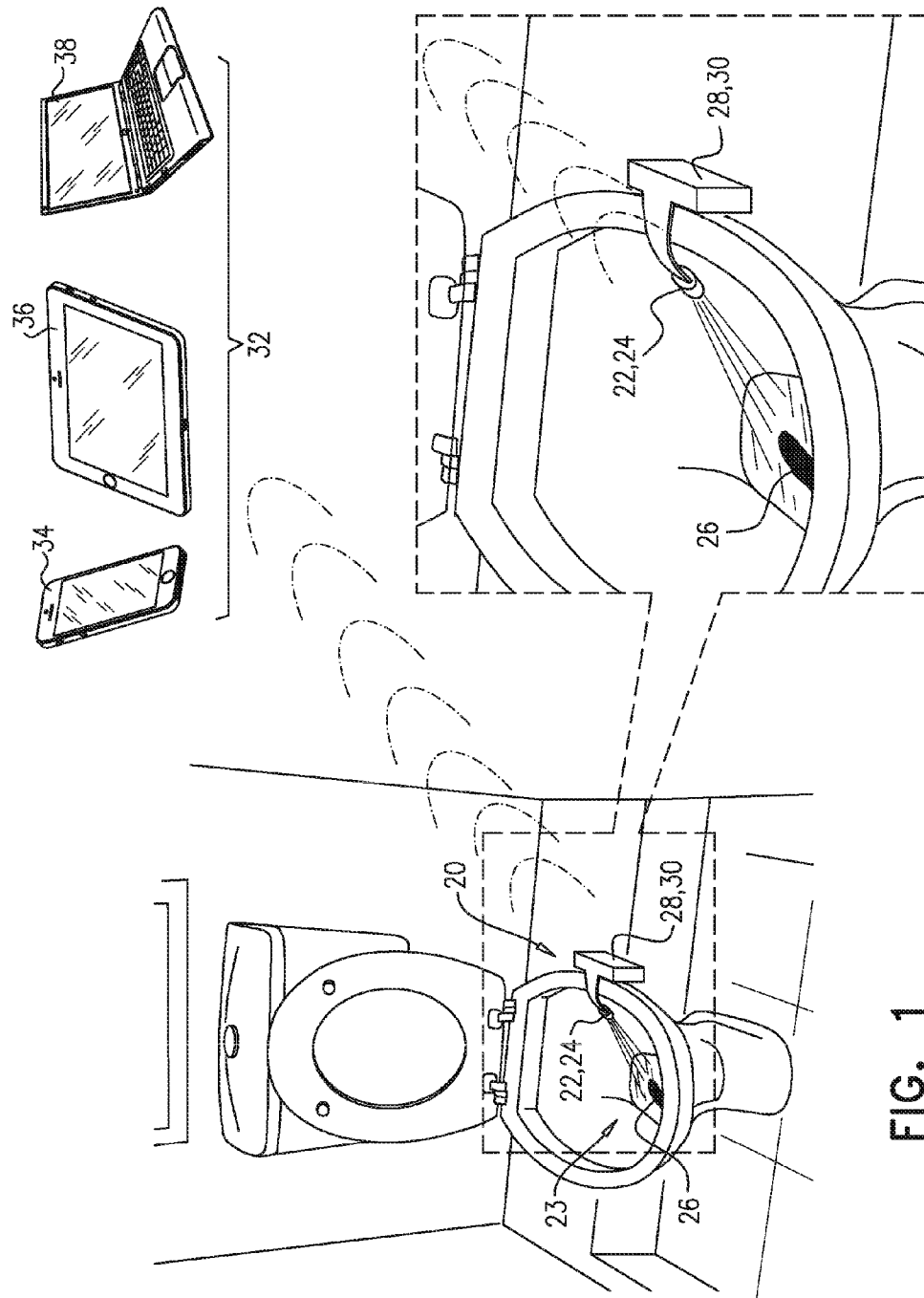


FIG. 1



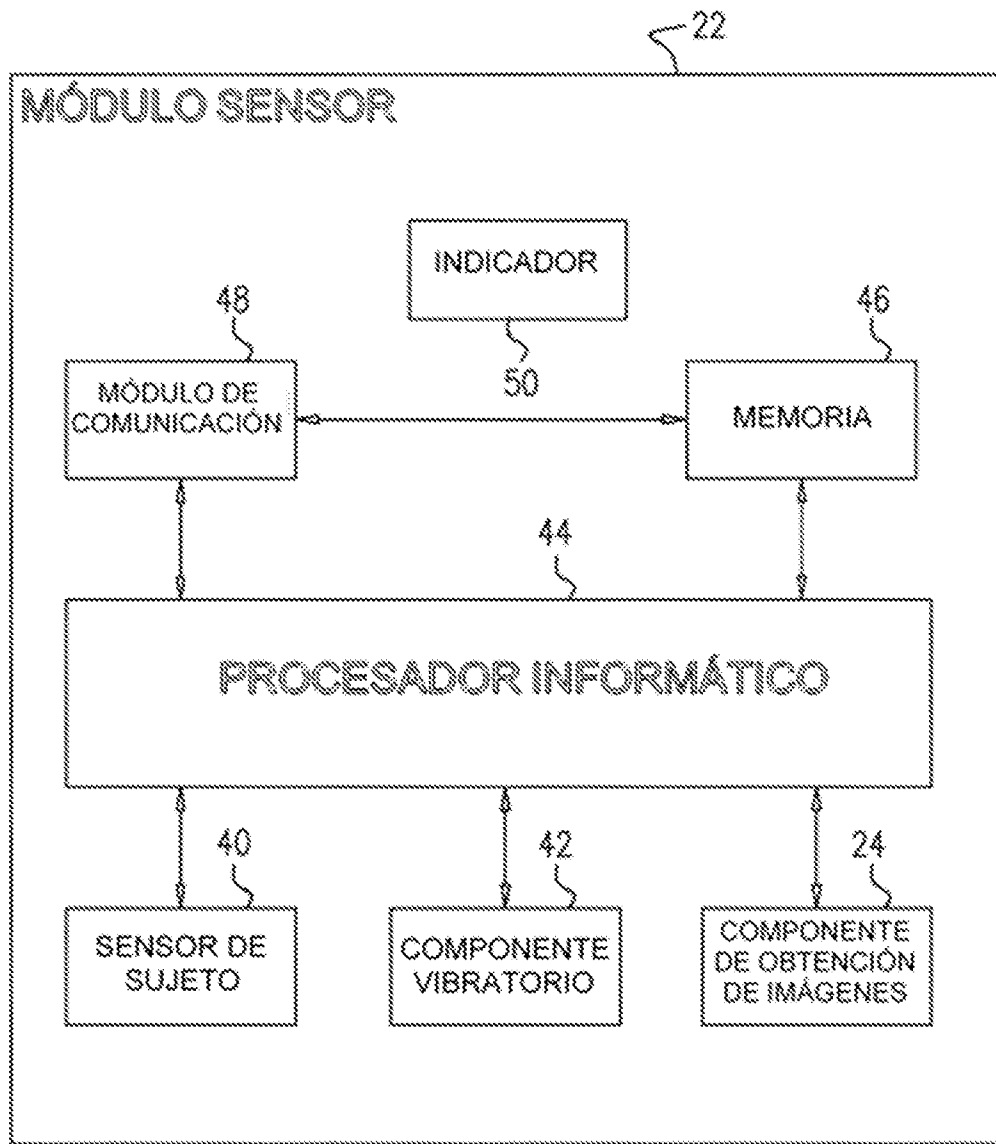


FIG. 2

FIG. 3B

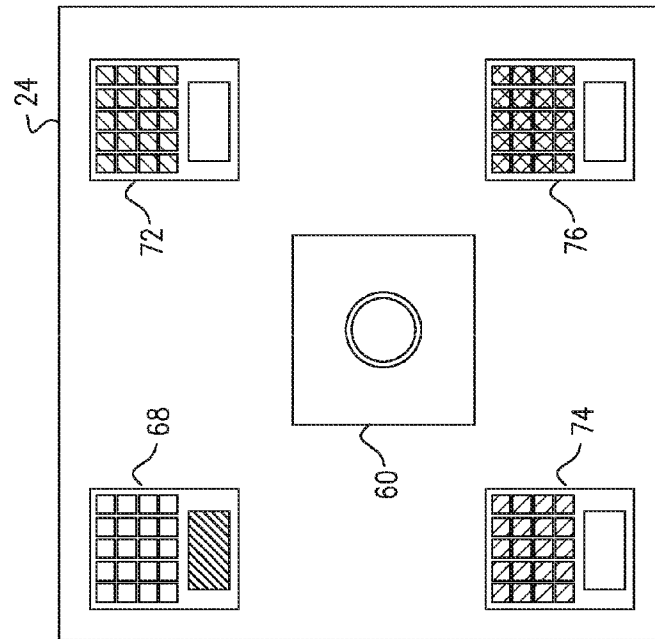
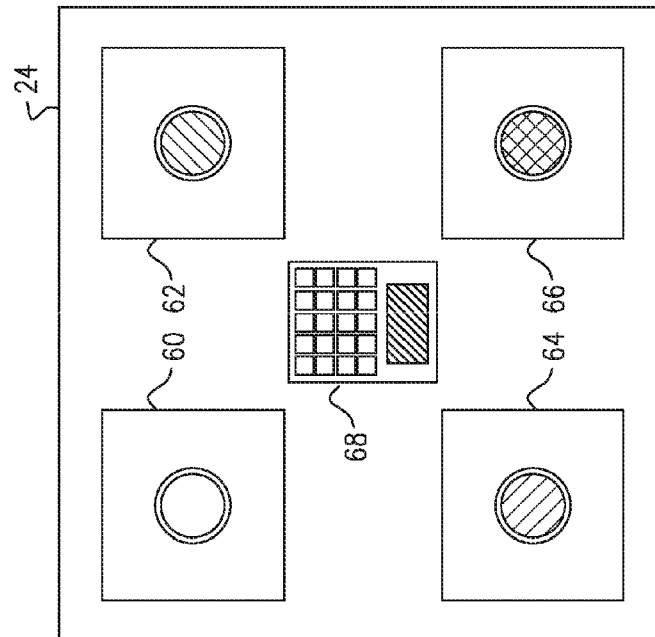
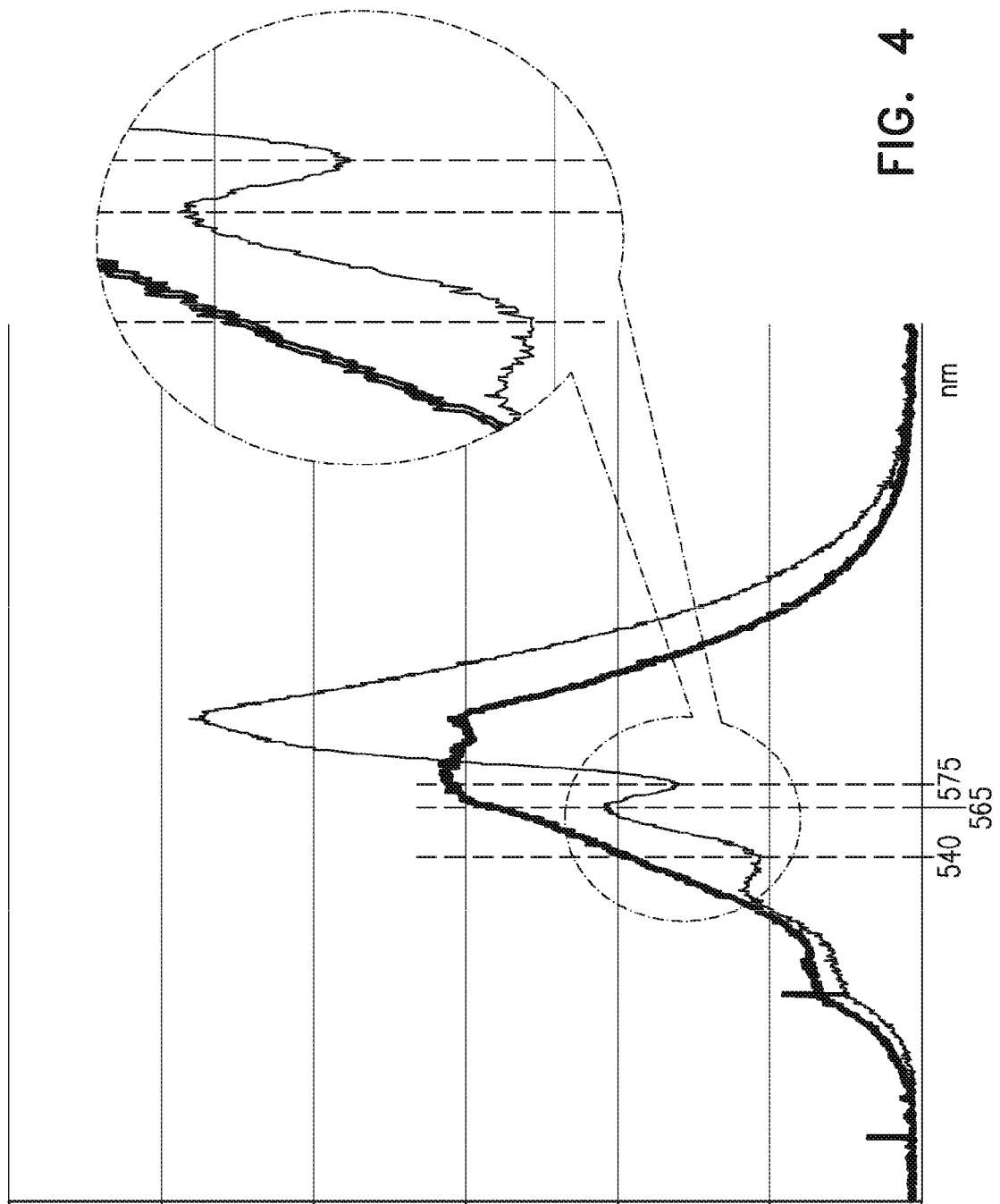


FIG. 3A





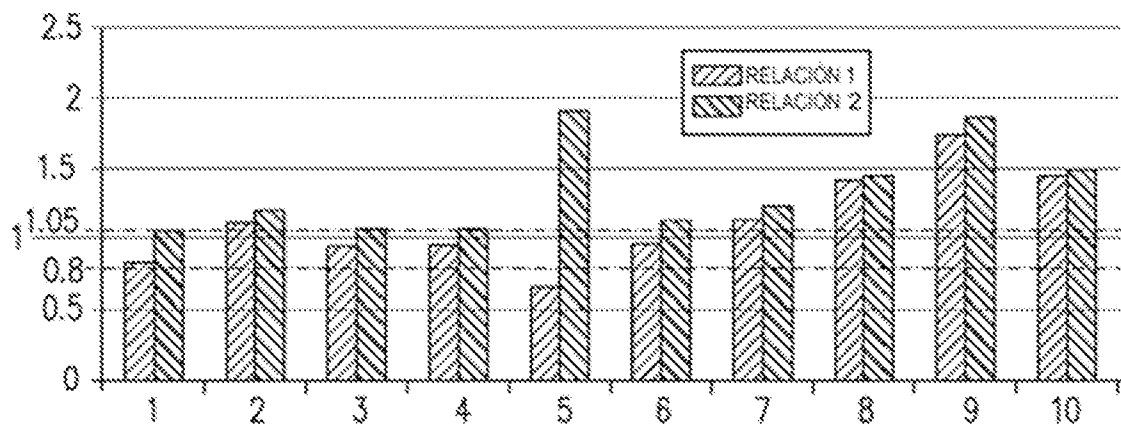


FIG. 5

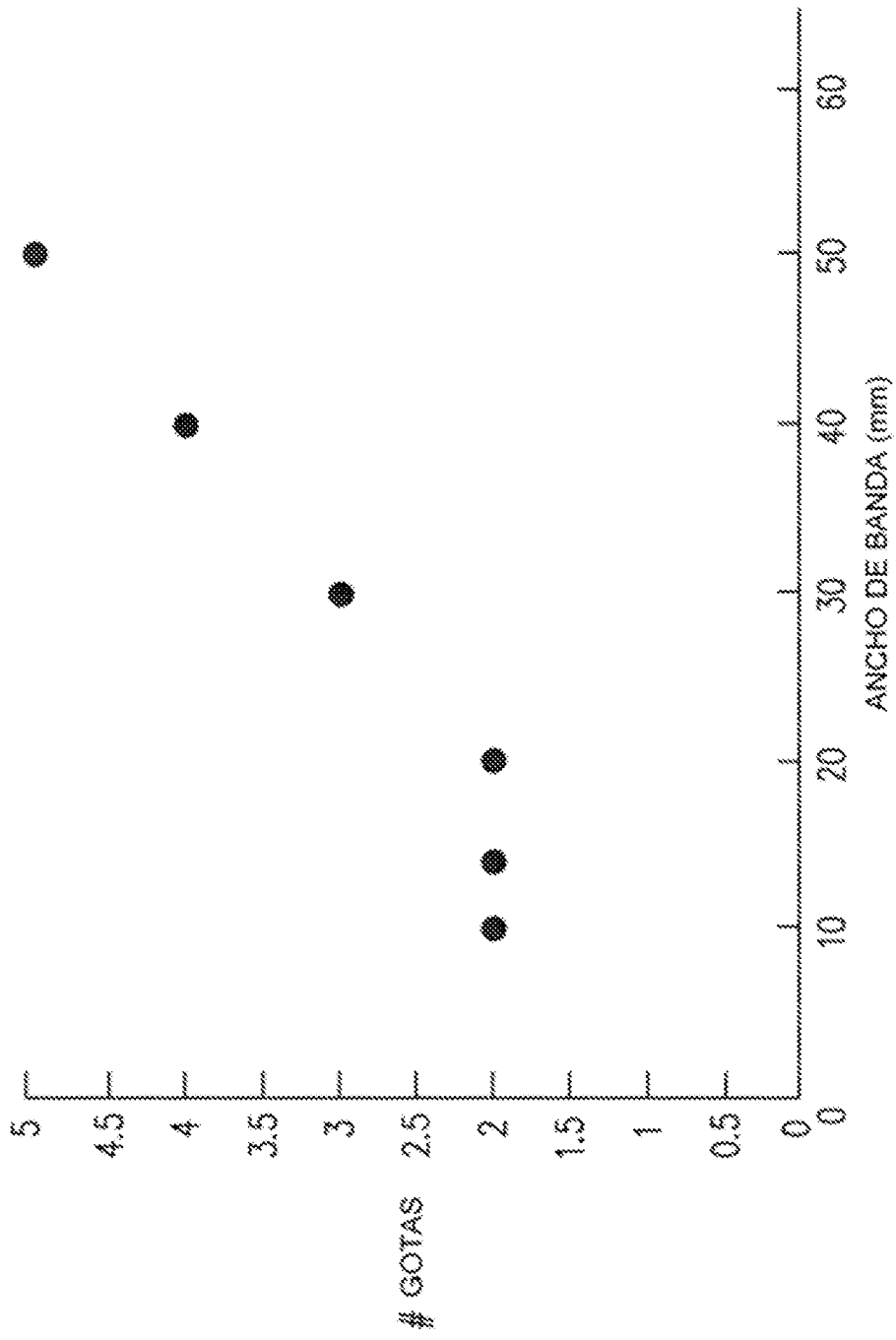


FIG. 6

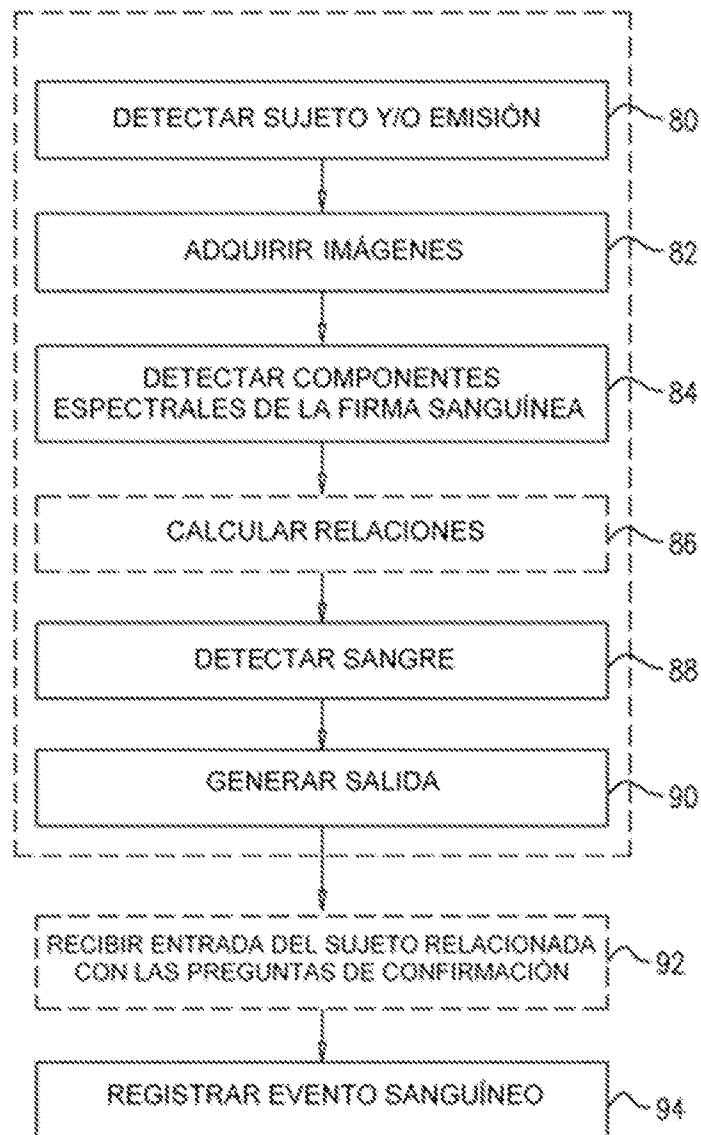


FIG. 7