

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 844 324**

(51) Int. Cl.:

**G01N 35/00** (2006.01)  
**B04B 9/14** (2006.01)  
**B04B 7/02** (2006.01)  
**B01L 3/00** (2006.01)  
**G01M 1/14** (2006.01)  
**G01N 35/04** (2006.01)  
**G01N 35/10** (2006.01)  
**B25J 15/00** (2006.01)  
**B04B 11/04** (2006.01)

(12)

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.11.2012 PCT/US2012/063929**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **16.05.2013 WO13070754**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.11.2012 E 12798483 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.11.2020 EP 2776845**

---

(54) Título: **Brazo robótico**

(30) Prioridad:

**07.11.2011 US 201161556667 P**  
**28.03.2012 US 201261616994 P**  
**06.08.2012 US 201261680066 P**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**21.07.2021**

(73) Titular/es:

**BECKMAN COULTER, INC. (100.0%)**  
**250 S. Kraemer Boulevard**  
**Brea, CA 92821, US**

(72) Inventor/es:

**JOHNS, CHARLES W.;**  
**QUINT, JOSEPH F. y**  
**CHEN, CHI S.**

(74) Agente/Representante:

**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

**ES 2 844 324 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**

Brazo robótico

**5 Referencias cruzadas a solicitudes relacionadas**

**Antecedentes**

- 10 Los sistemas de laboratorios médicos convencionales contienen muchos segmentos para procesar muestras de pacientes, algunos de los cuales son automatizados y algunos de los cuales requieren un funcionamiento manual. Actualmente, los sistemas de laboratorios se han vuelto más eficientes debido a esos segmentos que se automatizaron. Sin embargo, aún existen varios componentes de sistemas de laboratorios médicos que pueden automatizarse con el fin de reducir el tiempo que tarda un análisis de una muestra, reducir la necesidad de funcionamiento manual del sistema y reducir el espacio que precisa la maquinaria.
- 15 Generalmente, el proceso de laboratorio se puede organizar en cuatro fases: asociación, preanalítica, analítica y postanalítica. Estas cuatro fases, típicamente, ocurren dentro de cualquier proceso de laboratorio. Sin embargo, algunos laboratorios convencionales pueden tener un proceso que utilice unidades autónomas en todo el laboratorio, mientras que otros pueden tener que conectar algunas de las unidades con un sistema de transporte para desplazar la muestra de unidad en unidad. Estos dos estilos tienen algunas necesidades de procesamiento comunes y algunas diferentes. Además, algunos laboratorios convencionales pueden procesar consistentemente los mismos tipos de tubos de muestras (p. ej., como en los de un kit), mientras que otros pueden tener una amplia gama de tipos de tubos que deben acomodar. Además, muchos laboratorios pueden tener una preferencia por un fabricante específico de un analizador, mientras que otros pueden utilizar todos los analizadores de un fabricante.
- 20
- 25 Por lo tanto, existe la necesidad de contar con un sistema y un método más eficientes para procesar muestras de pacientes, que puedan acomodar tanto un proceso que utilice unidades autónomas como unidades conectadas, con un sistema de transporte, una variedad de tipos de recipientes para muestras y analizadores de cualquier fabricante.
- 30 Además, el documento US-2010/0291619 A1 describe un instrumento para realizar la identificación o caracterización de un agente microbiano en un recipiente de muestras. El recipiente de muestras se transfiere a las gradillas por medio de un mecanismo de transferencia con un sistema de visión (p. ej., cámara). El brazo de transferencia robótico puede incluir una o más cámaras de video, sensores, escáneres y/o lectores de código de barras, que pueden ayudar a ubicar el recipiente.
- 35 El documento US-2009/0047179 A1 describe una estación de trabajo para el procesamiento automático de recipientes para muestras. La estación de trabajo comprende detectores para detectar la presencia de un soporte en el sistema y un lector de marcas, tal como un lector de código de barras, para leer la marca de identificación del recipiente.
- 40 El documento US-2010/0261595 A1 describe un aparato para procesar material biológico, que comprende una unidad móvil a la que se unen un sensor óptico y un sensor de ultrasonidos. Se proporcionan medios para detectar la presencia o ausencia de un recipiente para líquidos en un soporte para el recipiente para líquidos, en función de los datos de sensor del sensor óptico. Un soporte puede contener múltiples posiciones de sujeción, cada una para un recipiente, y el sensor óptico es adecuado para detectar la presencia de un recipiente en cada posición de sujeción de la pluralidad de posiciones de sujeción. El sensor puede ser una bobina magnética, una cámara o un haz de luz.
- 45
- 50 El documento US-2011/0065193 A1 describe un dispositivo de manipulación de muestras, que tiene un mecanismo de captura de imágenes y un lector de código de barras, en donde el mecanismo de captura de imágenes comprende una cámara, un brazo robótico para sostener y desplazar la muestra, y un circuito de procesamiento de imágenes.
- 55 US-2010/129789 A1 describe la determinación del nivel de líquido mediante un brazo de pipeteo y dispensación.
- 60 US-2004/260520 A1 y WO 00/67547 A2 describen la determinación del nivel de líquido de una muestra en un recipiente para muestras utilizando un análisis de curvas de absorción y transmisión en diferentes longitudes de onda, realizado por una unidad de medición de absorción y transmisión, en donde el recipiente de muestras se coloca entre el emisor óptico y el detector óptico cuando se determine el nivel de líquido de la muestra en el recipiente de muestras.
- 65 Se conocen dispositivos de detección de volumen de muestra y de nivel de muestra. Los dispositivos convencionales de detección de volumen de muestra o de nivel de muestra son capaces de detectar el nivel total de un líquido en un recipiente de muestras, o mediante (i) un enfoque de análisis de imágenes de imágenes bidimensionales captadas por un sistema de cámaras, o (ii) una medición de absorción/transmisión de diferentes longitudes de onda en un haz de luz enfocado. Sin embargo, estos dispositivos suelen ser dispositivos autónomos que se hacen funcionar manualmente por el sistema del laboratorio.

5 También se conocen los brazos robóticos. La tecnología convencional de brazos robóticos para transportar objetos desde una posición hasta otra puede utilizar un robot XYZ que emplee una unidad de pinza para agarrar y transportar recipientes de muestras o cubetas de centrífuga. Sin embargo, la tecnología actual de brazos robóticos se limita, generalmente, al agarre de, o los recipientes de muestras, o la cubeta de centrífuga, pero no ambos. Además, la tecnología actual no puede realizar ninguna función adicional que no sea la función de agarre.

Las realizaciones de la invención tratan estos y otros problemas, individualmente y colectivamente.

## 10 Breve resumen

15 Las realizaciones de la tecnología se refieren a conjuntos y métodos para procesar eficazmente muestras de pacientes. En particular, el problema técnico subyacente de la presente invención se resolvió mediante el conjunto de la reivindicación 1 y el método de la reivindicación 10. Se describen realizaciones preferidas en las reivindicaciones dependientes.

## 15 Breve descripción de las figuras

20 Se puede obtener un mayor entendimiento de la naturaleza y ventajas de las diferentes realizaciones haciendo referencia a los siguientes dibujos.

25 La Fig. 1 representa un diagrama de bloques de componentes asociados a fases de un sistema de automatización de laboratorio.

30 La Fig. 2 representa un diagrama de bloques de componentes asociados a una fase preanalítica de un sistema de automatización de laboratorio.

La Fig. 3 representa un diagrama de bloques de componentes dentro de un módulo de alicuotador.

35 Las Figs. 4(a)-(e) representan diagramas de bloques de configuraciones de componentes asociados a módulos de salida/clasificador.

40 La Fig. 5 representa un diagrama de bloques de una configuración de un módulo de clasificador acoplado a un dispositivo taponador.

45 La Fig. 6 representa un diagrama de bloques de componentes dentro de una fase postanalítica del sistema de automatización de laboratorio.

50 La Fig. 7(a) representa un diagrama de bloques de componentes asociados a una unidad de gestor.

40 La Fig. 7(b) representa un diagrama de bloques de componentes asociados a otra realización de unidad de gestor.

Las Figs. 8(a)-(b) representan diagramas de bloques de componentes asociados a unidades de centrifugado.

45 La Fig. 9 representa un diagrama de bloques de componentes dentro de una fase preanalítica del sistema de automatización de laboratorio.

50 La Fig. 10 representa un diagrama de bloques de componentes asociados a una unidad de gestor.

55 La Fig. 11 representa un diagrama de bloques de componentes asociados a una unidad de doble centrifugación.

50 La Fig. 12 representa un diagrama de bloques de componentes asociados a una unidad de doble alicuotador.

55 La Fig. 13 representa un diagrama de bloques de componentes asociados a una unidad de salida/clasificador.

60 Las Figs. 14(a)-(d) son partes de un diagrama de flujo que muestra un ejemplo ilustrativo del flujo de trabajo del sistema de fase preanalítica.

65 La Fig. 14(e) muestra un diagrama de flujo que ilustra un método para seleccionada una muestra apropiada.

60 La Fig. 15 representa un ejemplo de un robot cartesiano o de pórtico con tres direcciones independientemente móviles; x, y, y z.

65 Las Figs. 16(a)-(c) representan diagramas de vista lateral de realizaciones de unidades de pinza.

65 La Fig. 17 representa un diagrama de vista lateral de una unidad de detección del nivel de muestra y un tubo de muestra.

La Fig. 18 representa un diagrama de bloques de detección del nivel de muestra que utiliza el análisis de curvas de absorción y transmisión en longitudes de onda diferentes.

5 La Fig. 19 representa un diagrama de bloques de un robot de combinación.

La Fig. 20 muestra un diagrama de bloques de algunos componentes de un sistema que utiliza un brazo robótico con un dispositivo de captación de imágenes.

10 La Fig. 21 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo de análisis de imágenes.

10 La Fig. 22 representa un diagrama de bloques de un aparato informático ilustrativo.

### **Descripción detallada**

15 Las realizaciones de la presente tecnología se refieren a un sistema de laboratorio y a un método para procesar muestras de pacientes. Estas realizaciones, como se describirán con más detalle más adelante, son ventajosas porque proporcionan, entre otras ventajas, una mayor velocidad, precisión, eficacia y prevención de contaminación. Como se analizó anteriormente, muchos sistemas convencionales de laboratorio pueden tener un proceso que utilice en todo el laboratorio unidades autónomas, lo que requiere que las muestras se transporten

20 manualmente entre cada unidad autónoma, mientras que otros pueden conectar algunas de las unidades con un sistema de transporte para desplazar las muestras de unidad en unidad. Además, como se analizó anteriormente, los tamaños de los tubos de muestra y de los equipos de diferentes fabricantes pueden ser una limitación en los sistemas convencionales de laboratorio. Tal tecnología convencional es lenta e imprecisa. Las realizaciones de la presente tecnología proporcionan un sistema modular de laboratorio que es capaz de acomodar diferentes unidades de laboratorio y sistemas de transporte, tamaños de tubos de muestras, y fabricantes, utilizando componentes más universales y mediante la agrupación de funciones requeridas por la mayoría de los sistemas de laboratorio, en cinco unidades funcionales básicas: unidades de (1) gestor, (2) centrífuga, (3) alicuotador, (4) salida/clasificador y (5) almacenamiento. Estas cinco unidades funcionales básicas se describirán con más detalle a continuación.

30 En realizaciones de la invención, el sistema de laboratorio hace funcionar un proceso controlado por medio de un controlador o planificador central. Al mantener las muestras bajo el control de un planificador inteligente, el sistema proporciona un uso eficiente de cada instrumento. El sistema puede mantener un tiempo de entrega mínimo constante y maximiza el rendimiento de todo el sistema al mantener el control del proceso y tan solo suministrar muestras a los instrumentos cuando esos instrumentos estén listos y disponibles.

35 En realizaciones de la invención, un “recipiente de muestra” puede ser de cualquier figura o forma adecuadas. En algunas realizaciones, el recipiente de muestra puede tener la forma de un tubo de muestra, el cual puede tener una relación de aspecto mayor de aproximadamente 3:1. Estos recipientes de muestras pueden hacerse o cualquier material adecuado, que incluye plástico, vidrio, etc. Pueden incluir además un cuerpo de tubo de muestra con un extremo cerrado y un extremo abierto, así como un tapón que se estructura para cubrir y unirse al extremo abierto del cuerpo del tubo de muestra.

40 En realizaciones de la invención, un “soporte de recipiente de muestra” puede ser de cualquier figura o forma adecuadas, y puede comprender cualquier material adecuado. En algunos casos, el soporte de tubo de muestra puede ser en forma de una gradilla de tubos de muestras. Los soportes de recipientes de muestras pueden incluir un conjunto de cavidades que pueden recibir recipientes de muestras (p. ej., tubos de muestras). También pueden comprender cualquier material adecuado que incluya plástico.

45 Las realizaciones de la invención utilizan además una o más unidades de pinza robótica montadas en brazos robóticos. Cada unidad de brazo robótico tiene una pinza robótica para agarrar tubos de muestras, y puede equiparse con uno o más medios para detectar información sobre los tubos de muestras. El medio para detectar información sobre un tubo de muestra puede incluir un primer dispositivo de captación de imágenes, tal como una cámara, para identificar un tubo de muestra entre una pluralidad de tubos de muestras en una gradilla. La pinza agarra el tubo de muestra identificado. El

50 medio para detectar información sobre los tubos de muestras puede incluir además un segundo dispositivo de captación de imágenes para obtener una imagen del tubo de muestra agarrado. El nivel de líquido en el tubo de muestra puede determinarse a partir de la imagen obtenida por el segundo dispositivo de captación de imágenes. El segundo dispositivo de captación de imágenes puede comprender un receptor que recibe transmisiones desde un emisor. En comparación con los sistemas de la técnica anterior, que tienen una cámara montada sobre una pista y, por tanto, requieren que todos los tubos de muestras estén en la pista antes de que los tubos se puedan identificar, el sistema de laboratorio descrito en la

55 presente memoria puede identificar un tubo de muestra antes de colocarse en una pista del transportador. Como resultado, las muestras que no necesiten transportarse en el transportador no se colocan en el transportador meramente para la identificación del tubo de muestra. Además, las muestras urgentes pueden tener una colocación prioritaria en la pista del transportador.

60

65

El uso de una pluralidad de unidades de pinza robótica en el sistema de laboratorio, aumenta también la eficiencia del procesamiento de muestras. Una primera pinza, tal como una pinza de módulo de entrada, identifica un tubo de muestra y hace las mediciones de datos, como se describió anteriormente. Después de que la primera pinza entregue el tubo de muestra a un área de distribución, una segunda pinza, tal como una pinza de área de distribución, suministra un tubo de muestra a un módulo subsiguiente, tal como un módulo de centrifuga o de transportador. El uso de múltiples pinzas permite un aumento en eficiencia de procesamiento con respecto a los sistemas de la técnica anterior.

10 I. Sistema general

A. Fases del sistema de laboratorio

15 La Fig. 1 representa una realización de un sistema de laboratorio médico para procesar muestras de pacientes. El sistema de laboratorio incluye componentes asociados a la fase 102 de asociación, la fase preanalítica 104, la fase analítica 106 y la fase postanalítica 108.

1. Fase de asociación

20 La fase 102 de asociación es la primera fase en el proceso de laboratorio. Durante esta fase, la información del paciente, las pruebas solicitadas para la muestra del paciente y un identificador único de laboratorio (p. ej., un código de barras) se asocian entre sí. Si bien la fase 102 de asociación podría automatizarse, en algunas realizaciones la fase de asociación se lleva a cabo manualmente. Por ejemplo, en algunas realizaciones un técnico de laboratorio (en lo sucesivo denominado "usuario") puede asignar una prioridad a las muestras. Las muestras se cargan en gradillas o directamente sobre el sistema en puntos de entrada específicos. Aunque puede ser deseable agrupar las muestras en unos pocos niveles básicos de prioridad (p. ej., urgente o prioridad alta, prioridad media, prioridad baja, etc.), para proporcionar un tiempo de respuesta más constante, no es necesario. El procesamiento de muestras de pacientes puede basarse en cualquier prioridad definida por el usuario. Sin embargo, si no se especifica una prioridad, se puede asignar una prioridad en base a factores, tales como minimizar el tiempo de entrega, maximizar la productividad, la disponibilidad de procesos, etc.

30 2. Fase preanalítica

35 La fase preanalítica 104 incluye la preparación de muestras de pacientes para su análisis. Durante la fase preanalítica 104, se descifra el paciente y la información de la prueba, se planifica el proceso para el análisis, se realizan controles de calidad, se puede separar la muestra en sus componentes constituyentes (p. ej., centrifugados), se puede dividir la muestra para procesos analíticos paralelos y/o se puede suministrar la muestra a uno o más analizadores y/o a gradillas. La fase preanalítica 104 gestiona el flujo de muestras para diferentes instrumentos y diferentes analizadores dentro del sistema de laboratorio. Esta gestión del proceso permite que el sistema funcione eficientemente y con un mínimo de instrumentos. Además, la fase preanalítica 104 asegura que no se produzcan acumulaciones en las muestras de los pacientes en diferentes puntos dentro del sistema de laboratorio a lo largo del proceso, o si se produce una acumulación, la fase preanalítica 104 asegura que la acumulación se pueda despejar rápidamente y sin un impacto significativo en el resto del sistema.

45 Las realizaciones del sistema pueden identificar las muestras de pacientes tan rápido como sea posible y determinar la mejor programación de cada muestra, para proporcionar un tiempo mínimo de respuesta constante y un máximo rendimiento de los procesos analíticos. Las etapas y la organización de esas etapas en el proceso se diseñan para evitar acumulaciones en las muestras de pacientes. Los módulos del sistema de laboratorio pueden funcionar a una velocidad de rendimiento que asegure el procesamiento de muestras al máximo rendimiento de los procesos aguas arriba. Sin embargo, en algunas realizaciones, en la unidad de alicuotador, el rendimiento se puede controlar mediante la introducción de muestras aguas arriba y pequeñas colas en cada estación de alicuotado.

55 La Fig. 2 es una representación más detallada de los componentes asociados a la fase preanalítica 104. Los componentes asociados a la fase preanalítica 104 incluyen siete módulos: módulo 202 de entrada, 204 de área de distribución, 206 de centrifuga, 208 de destaponador, 210 de dispositivo de medición de índices de suero, 212 de alicuotador y 214 de salida/clasificador.

60 (a) Módulo de entrada

65 El módulo 202 de entrada mostrado en la Fig. 2 puede alojar una variedad de tubos, gradillas, priorizaciones, etc., y es capaz de recibir una muestra. Las gradillas de tubos y/o los tubos individuales se pueden cargar en uno de varios carriles 216, que pueden ser cajones que se hacen funcionar manualmente y/o dispositivos automatizados. En la Fig. 2 se representan cinco carriles 216. Sin embargo, el sistema de laboratorio puede tener cualquier número de carriles 216. A los carriles 216 se les asignan prioridades acorde con las que asigna el usuario. En algunas realizaciones, el carril de prioridad más alta (short turnaround time [tiempo breve de respuesta] o "STAT") puede

tener una posición fija para aceptar un grupo de tubos individuales del usuario. Una vez que los tubos se cargan en el carril de STAT, estos son los siguientes tubos procesados. A otros carriles se les pueden asignar diferentes niveles de prioridad de cualquier manera. Por ejemplo, cuando los cajones se hacen funcionar manualmente, el asignar una prioridad a al menos dos de los cajones y otra prioridad a al menos otros dos cajones, puede permitir que el sistema funcione continuamente en un cajón, mientras que el otro cajón de la misma prioridad está disponible para el usuario.

En algunas realizaciones, mientras el módulo 202 de entrada procesa un cajón de muestras, al usuario se le puede informar de que el cajón no debe abrirse, utilizando una indicación, tal como una luz en el cajón o un bloqueo en el cajón. Esto puede ayudar a mantener la integridad del proceso y maximizar el rendimiento. Cuando el procesamiento se completa en el primer cajón, al usuario se le puede identificar como que está disponible, y el sistema puede comenzar automáticamente a procesar otro cajón. Además, las muestras se pueden transferir hacia y desde los cajones 216 del módulo 202 de entrada utilizando una pinza 228 del módulo de entrada.

#### 15 (b) Módulo de área de distribución

Desde los carriles 216 dentro del módulo 202 de entrada de la Fig. 2, una de al menos dos o más pinzas 218 de área de distribución (descritas en mayor detalle más adelante) pueden seleccionar el tubo de máxima prioridad y transportarlo a una matriz fija denominada el área 204 de distribución. El área 204 de distribución es capaz de distribuir una muestra a un componente deseado (p. ej., un subsistema) del sistema de automatización del laboratorio. Durante la transferencia a este módulo por la pinza 228 del módulo de entrada, se miden los niveles de los componentes constituyentes de la muestra y se toman fotografías del tubo de muestra. Estas fotografías se pueden analizar para determinar el fabricante, diámetro, altura, color del tapón, etc., del tubo. Partiendo de esta información, se pueden calcular los volúmenes de los componentes de la muestra, y se puede hacer un cálculo del peso total de tubo. Este peso puede usarse más adelante para ayudar a equilibrar las cubetas centrífugas en el módulo 206 de centrífuga, como se analizará con mayor detalle más adelante.

Para evitar que el área 204 de distribución se llene de tubos de baja prioridad, se puede establecer un límite en el número de tubos cargados en esta área, desde los carriles de entrada de baja prioridad. Además, el área 204 de distribución puede tener un área reservada para garantizar que las muestras de STAT tengan acceso continuo al área 204 de distribución desde el cajón de STAT en el módulo 202 de entrada.

El área 204 de distribución puede ser el área de contención que permita que el sistema acceda a la información de prueba asociada al tubo de muestra en la fase 102 de asociación y planificar el proceso de análisis para la muestra. Esto permite que el sistema programe un proceso de un tubo de muestra con respecto a los otros tubos de muestras actualmente en el sistema. La programación permite el procesamiento eficiente de muestras en base a la prioridad, sin sobrecargar ninguna etapa del sistema global, lo que permite optimizar el tiempo de entrega y el rendimiento. Además, la programación de la muestra se puede actualizar a lo largo del proceso a medida que cambie la actividad o la disponibilidad del sistema, proporcionando control activo en tiempo real de la muestra.

40 Una vez que se planea el programa mediante el módulo 204 de área de distribución, una de las al menos dos o más pinzas 218 robóticas de área de distribución selecciona luego el tubo de muestra que haya de ser el siguiente tubo a transferirse al próximo módulo, en base a la prioridad de los tubos dentro del área 204 de distribución. El tubo de muestra seleccionado se transporta desde el área 204 de distribución al sistema 220 de transporte, al módulo 206 de centrífuga, o a un área 222 de error en base al análisis realizado por el módulo 204 de área de distribución.

45 Si el tubo de muestra se desplaza al módulo 206 de centrífuga, el tubo se puede colocar en el adaptador de centrífuga adecuado en base a la estimación de peso previa, para asegurar el equilibrio adecuado del rotor de la centrífuga. El adaptador de centrífuga es el componente que lleva los tubos desde el área 204 de distribución hasta la cubeta de centrífuga de la centrifugadora.

50 Si el módulo 204 de área de distribución determina que el tubo de muestra no requiere centrifugación y ningún otro tubo se coloca en el carril de transporte por el módulo 206 de centrifugación, la pinza 218 de robot de área de distribución coloca la muestra en un portador en el sistema 220 de transporte con la etiqueta del código de barras correctamente alineada con el portador. Se analizarán a continuación más detalladamente el sistema 220 de transporte y los portadores. Un portador puede hacer referencia a cualquier dispositivo adecuado, que pueda estar presente en un sistema de transporte y que pueda llevar o transportar uno o más recipientes o tubos de muestras. Los portadores ilustrativos pueden contener cavidades que pueden sostener los recipientes o tubos. Si existe un problema con la muestra (p. ej., el volumen es demasiado bajo, el código de barras es ilegible, no se descarga información de la prueba, etc.), el tubo de muestra se desplaza al área 222 de error y se avisa del problema al usuario.

#### 60 (c) Módulo de centrífuga

65 El tubo de muestra puede que se desplace desde el área 204 de distribución de la Fig. 2 hasta el módulo 206 de centrífuga si el módulo 204 de área de distribución determina que la muestra requiere centrifugación antes del análisis de la muestra. Cuando se va a transportar un tubo de muestra desde el área 204 de distribución hasta el módulo 206 de centrífuga, el

- tubo de muestra se carga por medio de la pinza 218 de robot de área de distribución en un adaptador de centrífuga en el área 204 de distribución. Los adaptadores pueden ubicar y alojar múltiples tamaños de tubos para la centrifugación. El adaptador se sitúa en una lanzadera 224 que se desplaza entre el área 204 de distribución y el módulo 206 de centrífuga, una vez que el adaptador se llena con los tubos de muestras. Un adaptador puede ser un dispositivo que aloje recipientes para muestras y pueda usarse en una centrífuga. Dichos adaptadores se fabrican, comúnmente, de un material polimérico, pero no se limitan a ello, y se construyen en una sola pieza con una forma que permita la retención de uno o más recipientes en los que pueda colocarse una muestra. En algunos casos, se inserta un adaptador en un dispositivo montado sobre, o en, un rotor de centrífuga. En el adaptador se inserta Labware (p. ej., recipientes o tubos de muestras) que aloja la muestra.
- Cuando los tubos de muestras en los adaptadores llegan al módulo 206 de centrífuga desde el área 204 de distribución, a través de la lanzadera 224, los adaptadores se cargan en una cubeta de centrífuga disponible. La configuración de los adaptadores permite simplificar suministrarlos a, y retirarlos de, las cubetas de centrifugación. Una vez cargadas en una cubeta de centrífuga, las muestras se pueden centrifugar. El módulo 206 de centrífuga puede incluir una o más centrífugas que se refrigeran para mantener la temperatura de la muestra. En la Fig. 2 se representan dos centrífugas 206-1 y 206-2. Las centrífugas usan un rotor de cubeta de centrífuga oscilante que produce capas de sedimentación niveladas desde las que los analizadores y pipeteadores pueden succionar consistentemente el volumen máximo de fluido. Una vez completada la centrifugación, los adaptadores pueden retirarse de la cubeta de centrifugación y colocarse en un área de descarga. Posteriormente, los tubos de muestras se retiran de los adaptadores en el área de descarga y se colocan en portadores en el sistema 220 de transporte para transportarlos al próximo módulo.
- El momento de cargar los tubos en un adaptador en el módulo 204 de distribución, enviando los tubos en el adaptador al módulo 206 de centrífuga por medio de la lanzadera 224, cargando el adaptador en una cubeta de centrífuga, centrifugando las muestras, descargando el adaptador de la cubeta de centrífuga, y descargando los tubos del adaptador, es tal, que el proceso es continuo, lo que permite la centrifugación continua de las muestras a medida que llegan al módulo 206 de centrífuga desde el área 204 de distribución. A medida que la centrífuga completa un ciclo de centrifugado, el último tubo en el área 204 de distribución se carga mediante la pinza 218 de área de distribución a un adaptador, y la lanzadera 224 desplaza el adaptador a una centrífuga en el módulo 206 de centrífuga. Al mismo tiempo, se abre una puerta automatizada en la centrífuga y permite el acceso a una cubeta cuando el rotor se oriente en posición en la entrada. Una pinza 226 del módulo de centrífuga en el módulo 206 de centrífuga retira el adaptador que ya esté en la cubeta y desplaza ese adaptador a un área en donde los tubos se descargarán a portadores en el sistema 220 de transporte. A continuación, la pinza 226 del módulo de centrífuga selecciona un adaptador que recientemente se cargase con tubos desde el área 204 de distribución, y lo deposita en la cubeta vacía. Mientras el rotor se orienta a la siguiente cubeta, un adaptador previamente vaciado se desplaza a la posición abierta en la lanzadera 224 para cargarse con tubos desde el área 204 de distribución cuando la lanzadera 224 regrese al área 204 de distribución.
- Después de que se cargue el adaptador final en la centrífuga, la puerta se cierra y comienza el ciclo de centrifugado. La lanzadera 224 del adaptador regresa al área 204 de distribución, y una pinza 226 de módulo de centrífuga comienza a descargar en los portadores en el sistema 220 de transporte tubos de los adaptadores retirados de las cubetas. A medida que los tubos se desplazan desde el adaptador al portador, se miden las alturas de las capas de sedimentación y se alinea el código de barras en cada tubo con el portador. Si no hay suficiente suero o plasma, el tubo se enviará a un área de error ubicada en el módulo 214 de salida.
- Si el algoritmo de planificación predice la sobrecarga de un analizador con muestras del módulo 206 de centrífuga, la pinza 226 del módulo de centrífuga puede descargar las muestras y distribuir las muestras desde los adaptadores al sistema 220 de transporte tan rápido solamente como el proceso aguas abajo pueda manipularlas. Como resultado, el tiempo de ciclo completo de las centrífugas puede ser superior o igual a, p. ej., 360 segundos. Si mientras se realizan dos centrífugas, una de las fases de descarga se retrasa como resultado de estar un analizador ocupado, la centrífuga rezagada se puede mantener, p. ej., 180 segundos fuera de fase para asegurar que no derivan en fase con el tiempo.
- El módulo 206 de centrífuga puede incluir una centrífuga automatizada controlada por un controlador de centrífuga. La centrífuga automatizada puede cargarse con múltiples cubetas o receptáculos de centrífuga, recibiendo cada cubeta múltiples tubos de muestras. La centrífuga incluye un motor acoplado a un husillo que recibe las cubetas, un controlador y, opcionalmente, una tapa y un accionamiento de la tapa. El controlador de la centrífuga orienta o detiene el husillo en posiciones seleccionadas para la colocación y retirada automatizada de las cubetas, en respuesta a las señales desde el controlador central. La tapa tiene una posición cerrada y una posición abierta, y el accionamiento de la tapa se abre y cierra en respuesta a las instrucciones desde el controlador de centrífuga.
- En algunos casos, antes de que las cubetas cargadas se coloquen en la centrífuga, las cubetas se equilibran, típicamente, en un sistema de equilibrio. El sistema de equilibrio, que puede ser una parte incluida en el módulo 206 de centrífuga, comprende una báscula con sitios para recibir y retener una pluralidad de cubetas, y un controlador de equilibrio para depositar selectivamente los tubos de muestras en las cavidades de las cubetas a la vez que se

correlacionan los cambios de peso incrementales con las ubicaciones de cada depósito para igualar en pares el peso de las cubetas. El controlador de equilibrio puede implementarse como un programa de equilibrio dentro del controlador central, manteniendo el programa de equilibrio una base de datos de ubicaciones de los tubos de muestras y los pesos asociados, y dirigiendo el brazo robótico para depositar los tubos de muestras. El sistema de equilibrio, también puede

5 incluir un suministro de cargas ficticias en las cubetas para limitar las variaciones de peso entre las cubetas. Las cargas ficticias pueden pesarse para limitar las variaciones de peso a no más de, p. ej., 10 gramos entre elementos de cada par de cubetas.

10 En otras realizaciones de la invención, no es necesario que un sistema de equilibrio esté presente o se use en las realizaciones de la invención. Como se explica más adelante, en realizaciones de la invención, el peso de un tubo de muestra se puede determinar automáticamente mediante una unidad que puede determinar un nivel de líquido de una muestra en el tubo de muestra. Por lo tanto, las realizaciones de la invención son más eficientes que los sistemas que requieren un sistema de equilibrio, debido a que no es necesario realizar una etapa de pesaje del tubo de muestra. Las realizaciones de la invención también pueden ser menos complejas, ya que no se requiere un sistema de equilibrio en algunas realizaciones de la invención.

15 El controlador de la centrífuga puede funcionar para realizar una serie de funciones, tales como recibir y almacenar un perfil de giro de la centrífuga que incluya una velocidad y duración del husillo del rotor, orientar el rotor para hacer avanzar una de las seleccionadas estaciones de muestra a una posición de acceso, centrifugar el rotor según el perfil del ciclo, detener el rotor con una estación de muestra predeterminada en la posición de acceso, etc.

(d) Módulo de destaponador

20 25 El módulo 208 de destaponador de la Fig. 2 es capaz de destapar el tapón de los tubos de muestras en los portadores en el sistema 220 de transporte antes de que se analicen. El sistema de destaponador puede sujetar un tubo de muestra y retirar el tapón de un tubo de muestra. El módulo 208 de destaponador sigue al módulo 204 de distribución y al módulo 206 de centrífuga. Para los tubos de muestras que no requieran que se retire el tapón (p. ej., para casos en que las muestras solamente requieran clasificarse), el portador en el sistema 220 de transporte eludirá el módulo 208 de destaponador. Para tubos de muestras que requieran que se retire el tapón, el módulo 208 de destaponador puede retirar el tapón del tubo de muestra y depositar el tapón en un recipiente de eliminación de desechos biológicos peligrosos debajo de la cubierta del módulo 208 de destaponador. El recipiente de eliminación de desechos biológicos peligrosos es extraíble y reemplazable para proteger al usuario de los desechos biológicos peligrosos.

30 35 (e) Módulo de índices de suero

40 45 El módulo 210 de índices de suero de la Fig. 2 es capaz de medir el índice de suero de una muestra. Por lo general, esta función se realiza durante la fase analítica 106. Sin embargo, en algunos casos, ciertos laboratorios pueden preferir abordar cualquier problema de calidad antes de suministrar las muestras al analizador. Por lo tanto, el módulo 210 de índices de suero proporciona esta opción de control de calidad para las muestras que deben analizarse. Para las muestras que no requieran una medición del índice de suero, la muestra puede eludir el módulo 210 de índices de suero.

50 55 El módulo 210 de índices de suero puede ser el siguiente módulo tras el módulo 208 de destaponador, ya que una medición de índices de suero, típicamente, precisa acceder a la muestra. De manera similar al módulo 208 de destaponador, el módulo 210 de índices de suero puede tener un recipiente de eliminación de desechos biológicos peligrosos debajo de la cubierta de este módulo. El recipiente puede ser extraíble y reemplazable para proteger al usuario de los desechos biológicos peligrosos.

60 65 (f) Módulo de alicuotador

65 70 El módulo 212 de alicuotador de la Fig. 2 se representa con mayor detalle en la Fig. 3. El módulo 212 de alicuotador divide la muestra primaria 304 en múltiples tubos secundarios 306 en función de la cantidad de tubos necesarios para el análisis. Este módulo puede contener uno o más pipeteadores 302 para dividir la muestra primaria 304 en muestras secundarias 306. El módulo 212 de alicuotador facilita además el etiquetado de las muestras secundarias 306 con una etiqueta de código de barras que especifica el paciente y la información de la prueba. Las etiquetas de código de barras se adjuntan a los tubos secundarios 306 de debajo de la cubierta del módulo 212 de alicuotador en un dispositivo denominado Secondary Tube Preparation Unit (Unidad de preparación del tubo secundario - STPU). La STPU puede producir tubos etiquetados más rápido que lo que tarda un solo pipeteador en transferir una muestra. Sin embargo, cuando se incorporan dos o más pipeteadores, la STPU limita el rendimiento combinado de los dos o más pipeteadores. Se pueden suministrar nuevos tubos secundarios al módulo 212 de alicuotador en las gradillas y cargarlos en los cajones bajo el módulo 212 de alicuotador. Las etiquetas se suministran en un rodillo y se imprimen bajo la cubierta del módulo 212 de alicuotador antes de adjuntarlas a los tubos.

Para minimizar la contaminación de las muestras de los pacientes, los pipeteadores 302 utilizan puntas desecharables 308. Estas puntas llegan en gradillas que se cargan en cajones en la cubierta. El pipeteador 302 carga una punta desecharable desde estas gradillas, succiona 310 la muestra del tubo primario 304 y dispensa 314 la muestra en uno o más tubos secundarios 306 y/o a una placa 312 de microvaloración. En una realización, la punta puede limitarse a una cantidad específica (p. ej., 1 millilitro) de la muestra. En tal caso, los volúmenes que se dispongan que excedan esa cantidad específica pueden requerir múltiples succiones. Una vez que finalice el pipeteado para una muestra, la punta puede desecharse en el recipiente 320 de desechos.

5 Para gestionar los tubos durante la succión 310 y la dispensación 314, los tubos primarios 304 y secundarios 306 se  
10 retiran del carril de recorrido del sistema 220 de transporte y se ponen en la cola en carriles suplementarios. Debido a que el módulo 212 de alicuotado puede funcionar a una velocidad más lenta que los otros módulos, las colas minimizan el efecto del alicuotado en el resto del sistema. Aunque el proceso de puesta en cola puede variar dependiendo del sistema 220 de transporte, los portadores con los tubos primarios 304 se transfieren a una rueda de cola. Los portadores vacíos para los tubos secundarios 306 se transfieren a una rueda de cola separada adyacente a los tubos primarios 304. El tubo secundario 306 etiquetado se carga 316 en el portador vacío desde debajo de la cubierta por medio de un elevador 318 que gira para alinearse con el portador vacío. La STPU transfiere el tubo al elevador 318 en la orientación correcta para asegurarse de que el código de barras se alinea correctamente con el portador. En el caso de un módulo 212 de alicuotador que tenga más de un pipeteador, el elevador 318 gira en dirección contraria para colocar el tubo en el portador.

15 20

(g) Módulo de salida/clasificador

25 Las Figuras. 4(a)-(e) representan ejemplos de un módulo 214 de salida/clasificador. El módulo 214 de salida/clasificador transfiere tubos a y/o desde las gradillas ubicadas en cajones 402 o estanterías. Las gradillas pueden ser, o bien gradillas de analizador, o bien gradillas de almacenamiento estándar, o bien cualquier gradilla que cumpla las normas del Clinical and Laboratory Standards Institute (Instituto de normas clínicas y de laboratorio - CLSI). Una pinza 404 de salida/clasificador retira los tubos del portador y los deposita en las gradillas. Si fuera necesario, el código de barras se alinea con la gradilla, según se deseé. El módulo 214 de salida/clasificador puede tener cualquier cantidad de cajones 402 y puede tener cualquier cantidad de pinzas 404 de salida/clasificador. La cantidad de pinzas 404 de salida/clasificador puede depender de cuántos cajones 402 contenga el módulo 214 de salida/clasificador. Es decir, se pueden necesitar más pinzas 404 de salida/clasificador para los módulos 214 de salida/clasificador que tengan una gran cantidad de cajones 402. La Fig. 4(a) representa un ejemplo de una unidad 406 de salida de única pinza que se conecta al sistema 220 de transporte y a un clasificador autónomo de única pinza con entrada y salida 408. La Fig. 4(b) representa un ejemplo de un clasificador de doble pinza con entrada y salida. Dependiendo de la aplicación, la unidad puede conectarse al sistema 220 de transporte o puede funcionar como un sistema autónomo.

30 35 40

45 El módulo 214 de salida/clasificador puede funcionar como un componente para manejar la salida de la fase preanalítica 104 y puede también funcionar como un clasificador para ordenar los tubos en base al tipo de análisis al que se deban someter las muestras. La Fig. 4(c) representa otra realización del módulo 214 de salida/clasificador. El módulo 214 de salida/clasificador puede incluir cajones para manejar la salida 414 de la fase preanalítica 104, cajones para la manipulación de los tubos que están introducidos 410 en el módulo 214 de salida/clasificador para ser ordenados, y cajones para la manipulación de los tubos que se deban reintroducir 412 en la fase analítica para su análisis posterior.

50 El módulo 214 de salida/clasificador incluye áreas para cargar y/o descargar gradillas de tubos. Además, algunos de los cajones en el módulo 214 de salida/clasificador pueden especificarse como entrada, y algunos como salida. En el modo clasificador, las unidades con una única pinza robótica 404 seleccionan un tubo desde un cajón de entrada, leen el código de barras, miden la altura de los componentes constituyentes de la muestra, toman una fotografía del tubo y analizan los datos para registrar su fabricante, diámetro, altura y color de tapón. En base a la información recibida desde el laboratory information system (sistema de información del laboratorio - LIS), la pinza 404 deposita el tubo en la gradilla correcta mientras alinea el código de barras según corresponda. Si se identifica una condición de error, el tubo se coloca en una gradilla de error.

55 Un módulo 214 de salida/clasificador que tenga una mayor cantidad de cajones 402 y más de una pinza 404 robótica de salida/clasificador puede alcanzar un mayor rendimiento. Una primera pinza 404 de salida/clasificador puede realizar las mismas funciones, tal como se describió anteriormente. Sin embargo, dado que el destino es, por lo general, un único punto en el sistema 220 de transporte, puede no tener que esperar información desde un LIS (laboratory information system - sistema de información del laboratorio). A medida que el tubo se transporta al punto de extracción por una segunda pinza de salida/clasificador, el LIS tiene tiempo para responder con la información apropiada. La segunda pinza de salida/clasificador puede retirar el tubo del portador, y depositar y alinear el tubo en la gradilla apropiada. Dado que estas unidades pueden funcionar como una entrada 410 o una salida 414, pueden ensamblarse junto con el sistema 220 de transporte para crear áreas de entrada y/o de salida aún mayores. La Fig. 4(d) representa

un ejemplo de esta realización de un módulo 214 de salida/clasificador. Las unidades se combinan con el sistema 220 de transporte para permitir la creación de un clasificador que tenga una entrada 410 con cinco cajones y una salida 414 con diez cajones.

5      3. Fase analítica

Haciendo referencia de nuevo a las Figs. 1 y 2, la fase analítica 106 incluye realizar las mediciones reales necesarias para procesar una muestra y producir resultados. Esta fase se compone, de forma típica, predominantemente de uno o más instrumentos de análisis o analizadores. Los instrumentos de análisis o analizadores pueden ser cualquier instrumento de análisis o analizadores conocidos en la técnica. Por lo general, un analizador puede comprender un mecanismo para realizar selectivamente uno o más tipos de análisis en una muestra, y un controlador del analizador en comunicación con el controlador central, de manera que el controlador central pueda instruir al controlador del analizador sobre qué análisis realizar para la muestra. Cada analizador también puede incluir un sistema de salida para proporcionar resultados de análisis a la memoria del controlador central.

Para un sistema de laboratorio que tenga los componentes asociados a las fases preanalíticas 104, analíticas 106 y postanalíticas 108, conectadas entre sí por medio de un sistema 220 de transporte, las muestras pueden desplazarse más allá del módulo 214 de salida/clasificador y a los analizadores. Cuando el portador alcance al analizador de destino para esa muestra específica, el portador se retira del carril de recorrido principal y forma una cola aguas arriba del punto de acceso del analizador al sistema 220 de transporte. La longitud de la cola es mínima debido a la planificación realizada por el planificador mientras el tubo todavía estaba en el área 204 de distribución, y debido a la liberación controlada de los tubos por parte del módulo 204 de distribución y del módulo 206 de centrífuga.

25     Si algunos de los analizadores se conectan mediante el sistema 220 de transporte y algunos no lo hacen, las muestras destinadas a los analizadores no conectados saldrán del sistema en el módulo 214 de salida/clasificador. Sin embargo, estas muestras pueden necesitar reingresar en el sistema conectado para un procesamiento adicional. La función de reingreso del módulo 214 de salida/clasificador realiza esta función al introducir 410 los tubos que deben reingresar al sistema para el análisis. Por lo tanto, dado que el módulo 214 de salida/clasificador puede funcionar como una entrada 410, no es necesario otro módulo, aumentando la eficacia del sistema. La ubicación de esta función puede variar según el esquema del laboratorio del usuario. En una realización, la ubicación de esta función puede ser adyacente a y aguas abajo de la salida/clasificador 214 en la fase preanalítica 104. En una realización, se utilizan dos marcos separados para realizar estas funciones, tal como el ejemplo representado en la Fig. 4(d). En otra realización, las funciones pueden combinarse en un solo marco de un módulo 214 de salida/clasificador, como se muestra en la Fig. 4(e). Sin embargo, puede utilizarse cualquier combinación de las configuraciones mostradas en las Figs. 4(a)-4(e).

40     Los rendimientos de la salida 414 y de la entrada 410 o del reingreso 412 pueden adaptarse para coincidir con las necesidades del usuario. Por ejemplo, un usuario con pocas muestras destinadas a un analizador no conectado, puede necesitar solamente un módulo 214 de salida/clasificador que tenga una única pinza 404 de salida/clasificador. Por otro lado, un usuario con analizadores no conectados y un alto rendimiento puede preferir un gran área de salida y un clasificador separado.

45     4. Fase postanalítica

La fase final del proceso de laboratorio es la fase postanalítica 108. En esta fase, la muestra se prepara para su almacenamiento y se almacena. Una vez que la muestra finalice la prueba y el análisis requeridos, la muestra se tapa y se almacena. Esto puede ser, o bien un almacenamiento a temperatura ambiente, o bien uno refrigerado, dependiendo de la muestra y del proceso de laboratorio. Además, los usuarios con sistemas que tengan analizadores conectados pueden desear un almacenamiento en frío conectado para algunas muestras, y para otras un almacenamiento a temperatura ambiente fuera de línea. Sin embargo, los usuarios con analizadores no conectados, probablemente, almacenarán todas sus muestras fuera de línea.

55     El usuario con analizadores no conectados puede usar un clasificador en combinación con un dispositivo de taponado para preparar sus muestras para su almacenamiento. La Fig. 5 muestra un ejemplo de un módulo 500 de clasificador acoplado a un dispositivo 502 de taponado. El módulo 500 de clasificador puede ser similar a los módulos 214 de salida/clasificador que se representan en las Figs. 4(a)-(e). Cuando un tubo completa una prueba, el usuario carga la muestra en el lado 508 de entrada o de reingreso del clasificador, y recupera la muestra en el lado 510 de salida. Las muestras se transfieren a través del sistema 220 de transporte utilizando pinzas robóticas 504 en el lado 508 de reingreso, el retaponador 502, y el lado 510 de salida. El lado 510 de salida de la unidad tiene áreas de gradillas 512 de almacenamiento y/o gradillas para tubos que requieran pruebas adicionales. Las muestras que requieran pruebas adicionales se suministran a los analizadores subsiguientes y, posteriormente, se devuelven a la unidad 500 de clasificador. Dado que este proceso es funcionalmente intensivo en la unidad 500 de clasificador con múltiples pasadas, esta parte del proceso puede dimensionarse adecuadamente para el rendimiento del laboratorio, para evitar

acumulaciones innecesarias. Una vez que las muestras se tapan y colocan en una gradilla 512 de almacenamiento, las gradillas se retiran y almacenan en otra parte del laboratorio.

- 5 Un usuario con analizadores conectados puede preferir tener una unidad de almacenamiento refrigerada conectada, como se muestra en la Fig. 6. En el ejemplo mostrado en la Fig. 6, el clasificador 600 desempeña funciones similares a las realizadas por la unidad 500 de clasificador de la Fig. 5. Es decir, el clasificador 600 puede tomar una muestra del sistema 220 de transporte utilizando una pinza robótica 604 y tapar de nuevo las muestras utilizando el retaponador 602 y los tapones del cajón 656 de tapones. A las muestras tapadas de nuevo se les puede, o bien dar salida 610, o bien enviar al almacenamiento 612 utilizando la pinza robótica 604. En 10 algunos casos, a la muestra se le puede dar salida para que pueda enviarse a una unidad de almacenamiento a temperatura ambiente, o puede almacenarse en una unidad de almacenamiento refrigerada. Las muestras se pueden recuperar automáticamente de la unidad de almacenamiento refrigerada para cualquier prueba adicional que pudiera ser necesaria.
- 15 Una environmentally controlled storage unit (unidad 614 de almacenamiento ambientalmente controlado - ECSU) especial puede diseñarse para almacenar cualquier cantidad de tubos (p. ej., 15.000 tubos). La unidad puede contener gradillas que puedan alojar tubos de múltiples tamaños con tapones que puedan minimizar el espacio requerido entre tubos. Como se muestra en el ejemplo de la Fig. 6, cuatro de las gradillas 612 de almacenamiento pueden disponerse sobre la superficie de un módulo de preparación de gradillas para permitir la carga o descarga continua y el acceso a muestras 20 almacenadas para nuevas sesiones. Durante una entrada de sistema baja, la ECSU 614 puede tener la capacidad de recuperar muestras caducadas y desecharlas en un recipiente de desecho bajo la cubierta del módulo de preparación de gradillas.
- 25 A medida que las muestras se introducen en la unidad 600 de clasificador, la retaponadora 602 coloca un tapón según sea necesario. La retaponadora 602 puede tener acceso a diferentes tipos de tapones. Por ejemplo, a partir de un alimentador vibratorio de cuenco, la retaponadora 602 puede acceder a un tapón de tipo presión, y desde un cajón la retaponadora 602 puede acceder a tapones de tipo rosca que se dispongan en gradillas que se carguen en un cajón. Tras el proceso 30 taponador, una pinza robótica 604 retira el tubo de su portador y lo deposita y alinea en una gradilla 612 de almacenamiento. La gradilla de almacenamiento puede ubicarse en un cajón 610 de salida o en un puesto destinado a la ECSU 614. Cuando la gradilla esté lista para el almacenamiento, la ECSU 614 recupera la gradilla desde la cubierta y la carga en una matriz dentro de la ECSU 614. La ECSU 614 puede ser de cualquier tamaño y puede alojar cualquier cantidad de tubos.
- 35 Cuando se precise, la ECSU 614 puede tener la capacidad de recuperar tubos para pruebas adicionales. También puede tener la capacidad de desechar muestras cuando llegue su fecha de caducidad. En una realización, esto puede hacerse simultáneamente con el archivado, pero con una menor prioridad. Un recipiente de desechos biológicos peligrosos puede mantenerse bajo la cubierta. Los tubos que se introducen en el recipiente de desechos pueden taparse para minimizar la contaminación por el salpicado de desechos biológicos peligrosos.
- 40 En algunas realizaciones, la ECSU 614 puede no ser suficientemente grande como para archivar todas las muestras de un laboratorio antes de su caducidad. Por lo tanto, puede realizarse un vaciado periódico de las muestras. Esto se logra por medio de grandes puertas en el lado posterior de la ECSU 614. Cuando las puertas se abran, las gradillas se pueden recuperar de la matriz de almacenamiento. Las gradillas seleccionadas para retirarse se identifican por el usuario para 45 reducir la posibilidad de retirar la gradilla incorrecta. Las gradillas se pueden retirar individualmente de la unidad y transportarse en un carrito de laboratorio a una unidad de almacenamiento fuera de línea, tal como una cámara de refrigeración.
- 50 Si se solicita una muestra de la unidad de almacenamiento fuera de línea, la gradilla se puede volver a cargar sobre la ECSU 614 y que la ECSU 614 la recupere, o el usuario puede retirar el tubo y cargarlo en la entrada o el reingreso 508. Si las muestras caducan mientras se encuentran en el almacenamiento fuera de línea, las gradillas pueden volver a cargarse en la ECSU 614 y que se dispongan mediante la ECSU 614, o el usuario puede disponer de las muestras manualmente.
- B. Unidades funcionales del sistema de laboratorio
- 55 Como se analizó anteriormente, los componentes del sistema de laboratorio descritos de forma general anteriormente, pueden agruparse en unidades funcionales básicas, ya que muchas fases y módulos pueden realizar funciones similares a las funciones realizadas en otras fases o módulos. En una realización, los componentes pueden agruparse en cinco unidades funcionales básicas: unidades de (1) gestor, (2) centrífuga, (3) alicuotador, (4) salida/clasificador y (5) almacenamiento. Para simplificar, los grupos funcionales se analizarán con respecto a estas 60 cinco unidades funcionales. Sin embargo, cualquier función se puede agrupar de cualquier manera. El agrupamiento de las funciones en unidades funcionales generales permite que el diseño del sistema de laboratorio sea algo general, flexible y fácilmente configurable para cualquier usuario y para las necesidades de laboratorio del usuario, de manera que no sea necesario el diseño de un sistema altamente adaptable para cada laboratorio. Dentro de cada una de las unidades funcionales, la funcionalidad específica puede variar dependiendo de las necesidades del laboratorio. Estas unidades funcionales pueden permitir el diseño de productos estándares que, cuando se 65

combinan de varias maneras, pueden satisfacer cualquier necesidad de un laboratorio con una cantidad mínima de productos estándar.

5 La Fig. 7(a) representa un ejemplo de una unidad 700 de gestor. La unidad 700 de gestor representada en la Fig. 7(a) incluye el módulo 202 de entrada, el área 204 de distribución, el destaponador 208 con un robot destaponador 710, y el dispositivo para medir los índices 210 de suero de la fase preanalítica 104 (véase la descripción con respecto a la Fig. 2). Dependiendo de las necesidades del laboratorio, cualquiera de los módulos puede omitirse y/o configurarse dentro de la unidad 700 de gestor. Por ejemplo, en base a las necesidades del laboratorio, se puede omitir el área para retener las muestras 204 mientras se prepara un plan de ruta del proceso y/o el dispositivo para medir los índices 210 de suero de la muestra. La Fig. 7(a) también muestra un cajón de STAT, así como un cajón 222 de error.

10 15 La Fig. 7(b) muestra otra realización de unidad de gestor. En las Figs. 7(a) y 7(b), números similares designan elementos similares. La Fig. 7(b) muestra específicamente un área 222 de error en una cajón 222a de salida. La Fig. 7(b) muestra también un sistema 220 de transporte, una lanzadera 224, un adaptador 1002 de centrífuga, y una posición 1004 de carga de centrífuga. Estos elementos se analizan en más detalle a continuación.

20 25 La Fig. 8(a) y la Fig. 8(b) representan ejemplos de unidades de centrífuga. Las unidades de centrífuga incluyen centrífugas que tienen la capacidad de centrifugar una muestra. La unidad 802 de centrífuga en la Fig. 8(a) representa una unidad de centrífuga simple, mientras que la unidad 804 de centrífuga en la Fig. 8(b) representa una unidad de doble centrífuga. Sin embargo, la unidad de centrífuga puede tener cualquier cantidad de centrífugas, en función de las necesidades del laboratorio. Las unidades de centrífuga pueden usarse como parte del módulo 206 de centrifugación en la fase preanalítica 104 descrita en la Fig. 2.

30 35 40 Un ejemplo de la unidad de alicuotador se puede encontrar en la Fig. 3. Una unidad de alicuotador puede ser capaz de pipetear una muestra. La Fig. 3 muestra un ejemplo de una unidad de doble alicuotador que tiene dos funciones de pipeteo. Sin embargo, puede incluirse cualquier cantidad de pipetas en la unidad de alicuotador, dependiendo de las necesidades del laboratorio.

45 50 55 60 En las Figs. 4(a)-(e) y la Fig. 5 se describen ejemplos de unidades de salida/clasificador. Cualquier configuración de salida/clasificador puede usarse en base a las necesidades del laboratorio. Típicamente, la unidad de salida/clasificador es capaz de recibir una muestra desde la unidad de gestor, la unidad de centrífuga, la unidad de alicuotador, y/o un analizador. La unidad de salida/clasificador puede incluir áreas para cargar y/o descargar gradillas de tubos, y puede incluir cualquier cantidad de pinzas robóticas para realizar funciones necesarias cualesquiera para el laboratorio.

### C. Sistema de fase preanalítica ilustrativo

#### 1. Esquema del sistema de fase preanalítica

45 La Fig. 9 representa un ejemplo detallado de la unidad 700 de gestor, unidad 804 de centrífuga, unidad 212 de alicuotador, posición 1004 de carga de centrífuga, y la unidad 214 de salida/clasificador de la fase preanalítica 104. Cada una de estas unidades se describirá con más detalle a continuación.

50 55 60 La Fig. 10 ilustra una vista más detallada de la unidad 700 de gestor. La unidad 700 de gestor de la Fig. 10 incluye el módulo 202 de entrada, el módulo 204 de área de distribución, el módulo 208 de destaponador con un robot destaponador 710, los cuales se describieron con más detalle en la descripción de la Fig. 7(a), y el módulo 210 de índices de suero con la unidad 211 de medición de índices de suero. El módulo 202 de entrada incluye cajones 216 de entrada, que incluyen un cajón 1056 de STAT cargado con gradillas de muestras, y un robot 228 de entrada que puede agarrar un tubo de muestra, leer un código de barras, identificar el tubo por las características, y puede detectar el nivel de muestra dentro de un tubo. El módulo 204 de área de distribución incluye una pinza 218 de robot de distribución para agarrar tubos de muestras, un cajón 222 de error y adaptadores 1002 de centrífuga. La posición 1004 de carga de centrífuga es la ubicación para cargar los adaptadores 1002 de centrífuga con tubos de muestras que hayan de enviarse al módulo 206 de centrífuga por medio de una lanzadera 224. El módulo 208 de destaponador incluye el robot destaponador 710 y el recipiente 1058 de desechos.

La Fig. 11 ilustra una vista más detallada de una unidad 804 de doble centrífuga, la cual se describió con más detalle en la descripción de la Fig. 2. La unidad 804 de centrífuga incluye dos centrífugas simples 206-1 y 206-2, una lanzadera 224 de adaptador que contiene adaptadores 1002 de centrífuga, y pinzas 226 robóticas del módulo de centrífuga.

65

La Fig. 12 representa una vista más detallada de una unidad 212 de doble alicuotador, la cual se describió con más detalle en las descripciones de la Fig. 2 y la Fig. 3. La unidad 212 de alicuotador incluye una cola 1104 de tubos primarios, una cola 1106 de tubos secundarios, un elevador 318 de tubos secundarios con almacenamiento de tubos, y una etiquetadora bajo el elevador 318 de tubos secundarios, un recipiente 320 de desechos, un robot 302 de pipeta, cajones 308 de puntas y cajones 312 de microplacas.

La Fig. 13 representa una vista más detallada de una unidad 214 de salida/clasificador que es capaz de volver a tapar los tubos de muestras y dar salida, clasificar y/o almacenar los tubos de muestras. La unidad 214 de salida/clasificador de la Fig. 13 incluye un robot 404 de salida y cajones 414 de salida. Los componentes de la unidad 214 de salida/clasificador se describen con más detalle en la descripción de las Figs. 4(a)-(e) y la Fig 5.

## 2. Flujo de trabajo del sistema de fase preanalítica

Como se analizó anteriormente, la fase preanalítica puede contener siete módulos. Las Figs. 14(a)-(d) son partes de un diagrama de flujo que muestra un ejemplo ilustrativo del flujo de trabajo del sistema de fase preanalítica que se describe con referencia a las Figs. 9-12.

Haciendo referencia a la Figura 14(a), al comienzo de la fase preanalítica, las gradillas 1806 que se llenan con los tubos de muestras, se cargan en los cajones 216 en el módulo 202 de entrada, como se indica en la operación 1402. La prioridad de procesamiento para un tubo de muestra, puede indicarse colocando el tubo de muestra en el cajón 1056 de STAT del módulo 202 de entrada o aplicando un marcador de tubos de muestras al tapón del tubo de muestra, que se puede detectar por una unidad de detección de presencia de tubo y de gradilla, lo que se describirá con más detalle a continuación. La prioridad de la muestra se determina en base a si un tubo de muestra de STAT se ubica en la gradilla, como se indica en la operación 1404. A continuación, el sistema de fase preanalítica selecciona los tubos de muestras del módulo 202 de entrada en base a la prioridad de procesamiento, como se indica en la operación 1406. Si se detecta un tubo de muestra de STAT, el tubo de muestra de STAT será el primer tubo que se ha de elevar mediante una pinza 228 de módulo de entrada, como se indica en la operación 1408. Si no se detecta un tubo de muestra de STAT, un tubo de muestra que no sea un tubo de muestra de STAT se eleva mediante la pinza 228 de módulo de entrada, como se indica en la operación 1410. Se miden los niveles de los componentes constituyentes (p. ej., gel o concentrado de glóbulos rojos) de la muestra en el tubo de muestra, como se indica en la operación 1412. Los niveles de los componentes constituyentes de la muestra se pueden medir conforme el tubo se eleva mediante la pinza 228 de módulo de entrada. El nivel de líquido puede determinarse a partir de un medio para inspeccionar un tubo. Por ejemplo, el nivel de líquido se determina a partir de una imagen bidimensional capturada del contenido del tubo, como se describe a continuación. En las realizaciones de la invención, el nivel de líquido también se determina utilizando una unidad de medición de absorción y transmisión, como se describe a continuación. Mientras el tubo está en la pinza 228 del módulo de entrada, se toma una imagen bidimensional (p. ej., una fotografía) del tubo. Una o más de las características de los códigos de barras, tubo y tapón se determinan analizando la imagen del tubo, como se indica en la operación 1414.

En algunas realizaciones, todas las muestras tienen una prioridad asignada, o bien a través de información hallada en el LIS (laboratory information system - sistema de información del laboratorio), o bien en función de la gradilla o posición en la que residan dentro de la entrada. Los tubos de muestra se seleccionan del módulo de entrada están en orden de prioridad. Si la prioridad asignada por el LIS y la prioridad asignada debido a la ubicación de la muestra en el módulo de entrada no coinciden, a la muestra se le asigna la máxima prioridad de las dos. Dentro de un nivel de prioridad, las muestras se seleccionan por el momento de entrar a la entrada (es decir, first in first out [primero en entrar, primero en salir – FIFO]). Finalmente, se seleccionan muestras de dentro de una gradilla en un orden establecido (p. ej., de izquierda a derecha y de atrás hacia delante). Las muestras de STAT tienen la máxima prioridad.

En la operación 1416, el tubo de muestra se deposita mediante la pinza 228 de módulo de entrada en el área 204 de distribución. El código de barras del tubo de muestra puede orientarse mediante la pinza 228 de módulo de entrada, de manera que pueda leerse posteriormente. La orientación del código de barras puede ocurrir antes del traslado, durante el traslado o después del traslado de la muestra al área 204 de distribución.

Mientras las muestras reposan en el área 204 de distribución, se pueden realizar varios procesos para optimizar el funcionamiento del sistema dentro del área de distribución. Un planificador puede realizar algunos de estos procesos. Tal como se describió anteriormente, el planificador puede ser un procesador de control y/o software que planifique la programación del procesamiento de cada tubo de muestra para organizar y optimizar el flujo de los tubos de muestras a través del sistema de automatización del laboratorio. En general, el procesador puede generar un plan de ruta para cada muestra en base a la disponibilidad de unidades de procesamiento (que incluye analizadores que tengan colas), y planificar la programación de todas las muestras ubicadas en la acumulación de distribución en base a planes de única ruta y la priorización para cada muestra. En algunas realizaciones, la información de la prueba y el plan de ruta pueden generarse y/o extraerse de un planificador en base al tipo de pruebas necesarias y a la urgencia asociada a la muestra. El planificador también puede tener en cuenta y utilizar información de la muestra (p. ej., peso, tapón, color, centrifugado, STAT [tiempo breve de respuesta], etc.) para

desarrollar información de la prueba y el plan de ruta. Un ejemplo de un planificador pueden encontrarse en la patente US-6.721.615.

5 El planificador también puede determinar qué muestra, de la pluralidad de muestras situadas en el área 204 de distribución, es la siguiente muestra apropiada para comenzar el procesamiento. La muestra apropiada puede ser una que se seleccione de una lista de muestras que residan en un área de distribución. Puede ser la muestra con la máxima prioridad y/o la muestra que se pueda procesar utilizando los recursos disponibles según su plan de ruta, para maximizar el rendimiento y/o el TAT (turn around time [tiempo de respuesta – TAT]). Si una muestra requiere centrifugación, el peso del tubo puede calcularse en base a las características del tubo y del tapón, los niveles de  
10 muestra y un cálculo de la densidad realizado dentro del área de distribución. En algunas realizaciones, una base de datos accesible a un procesador central puede almacenar datos relacionados con varios tipos de recipientes de muestras. Los datos pueden comprender el peso de los recipientes (sin ninguna muestra en ellos), así como sus dimensiones (p. ej., el diámetro interior y la altura). La base de datos puede también almacenar información con respecto a las densidades de varios tipos de muestras. El peso de la muestra puede determinarse utilizando el nivel de líquido de la muestra en un recipiente de muestra, y las dimensiones internas del recipiente de muestra. El peso del recipiente para muestra (sin una muestra) se puede extraer de la base de datos para determinar el peso total de la muestra y del recipiente de muestra.

20 Se puede describir un proceso para seleccionar una muestra apropiada con referencia a la Fig. 14(e). La Fig. 14(e) muestra un diagrama de flujo. Como se muestra en el diagrama de flujo, la selección de la muestra apropiada puede ser de naturaleza algo dinámica y puede cambiar en función de cantidad factores, que incluyen la disponibilidad de varias subunidades dentro del sistema, así como de la naturaleza de la muestra específica que se ha a procesar.

25 En la Etapa 1470, un procesador central puede generar una lista de todas las muestras que pueden programarse. Se puede programar una muestra si se encuentran disponibles instrucciones de trabajo relacionadas con la muestra. A continuación, la lista de muestras se agrupa en grupos de prioridad (Etapa 1472). Por ejemplo, una lista de muestras puede contener una primera muestra de STAT que tenga un tiempo de procesamiento de 10 minutos, una segunda muestra de STAT que tenga un tiempo de procesamiento de 20 minutos, una tercera muestra de no STAT que tenga un tiempo de procesamiento de 15 minutos, y una cuarta muestra de no STAT que tenga un tiempo de procesamiento de 9 minutos. Las muestras pueden agruparse en dos grupos: STAT y no STAT. Dentro de estos grupos, las muestras se ordenan según el tiempo de inactividad creciente (al tiempo de inactividad se le puede, alternativamente, hacer referencia como tiempo de maduración, o el tiempo en que la muestra estuvo en el área de distribución) o el tiempo más corto de procesamiento a través del sistema de automatización del laboratorio (Etapa 1474). Haciendo referencia al ejemplo anterior, las muestras se pueden ordenar de la siguiente manera, según el tiempo más corto de procesamiento. Para las muestras de STAT, la priorización sería la primera muestra de STAT y la segunda muestra de STAT. Para las muestras de no STAT, la priorización sería la cuarta muestra de no STAT y la tercera muestra de no STAT. A continuación, se seleccionan los tres tubos no programados superiores (Etapa 1476). Por ejemplo, en el ejemplo mencionado anteriormente, los tubos seleccionados pueden comprender la primera muestra de STAT, la segunda muestra de STAT y la cuarta muestra de no STAT. Aunque los tres tubos superiores se seleccionen en este ejemplo, pueden seleccionarse más o menos tubos de muestras en otros ejemplos.  
30  
35  
40

En la Etapa 1478, se realiza una determinación en cuanto a si hay más muestras para programar. Si no, entonces la lista se puede ordenar de nuevo con muestras programadas según el tiempo de descarga (Etapa 1484). Si es así, entonces la siguiente muestra de máxima prioridad en la lista se selecciona para el procesamiento (Etapa 45 1486). Como se mencionó anteriormente, una muestra de STAT siempre tiene una mayor prioridad que una muestra de no STAT. En el ejemplo anterior, no se planificó solamente la tercera muestra de no STAT.

A continuación, se determina el siguiente tiempo de descarga disponible (Etapa 1488). El tiempo de descarga puede ser cuando la muestra se traslade fuera del área de distribución. A continuación, se determina un programa preliminar para la muestra seleccionada (Etapa 1490).

A continuación, se realiza una determinación acerca de si el tiempo de descarga de la muestra resultante es superior a un tiempo umbral predefinido (Etapa 1492). Si la determinación es positiva, entonces el método pasa a la Etapa 1482. En la Etapa 1482, se descarta el programa preliminar para la muestra seleccionada. En la Etapa 1480, la muestra seleccionada se marca como que no se ha de programar hasta un tiempo umbral predefinido antes de su tiempo de descarga. A continuación, el método pasa a la Etapa 1478.

Si el tiempo de descarga de la muestra resultante no es mayor que el tiempo umbral predefinido, entonces se solicita un portador a la ubicación de pista necesaria por la muestra seleccionada (Etapa 1494). Si se puede satisfacer la solicitud de portador (Etapa 1502), el sistema puede entonces asignarse al programa preliminar para la muestra seleccionada (Etapa 1506), y el método puede girar de vuelta a la Etapa 1478 para determinar si hay más muestras que se hayan de programar.

65 Si no se puede programar la solicitud del portador, entonces el programa preliminar para la muestra seleccionada se descarta (Etapa 1500). El tiempo de descarga puede que se retrase entonces en función del tiempo de retención predefinido (Etapa 1498). A continuación, se realiza una determinación de si el tiempo de descarga de la muestra

resultante es superior a un tiempo umbral predefinido (Etapa 1496). Si el tiempo de descarga resultante determinado no es mayor que el tiempo umbral predefinido, entonces el método pasa a la Etapa 1490. Si el tiempo de descarga resultante determinado es mayor que el tiempo umbral predeterminado, entonces se marca la muestra seleccionada para que no se programe hasta un tiempo de retención predefinido desde el momento actual (Etapa 1504). El método puede entonces proceder a la Etapa 1478.

En algunas realizaciones, una muestra se envía a una pista solamente si los recursos necesarios están disponibles. Si la priorización es igual para todas las muestras, la primera muestra en el área 204 de distribución se envía al sistema 220 de transporte (p. ej., pista).

Los sistemas convencionales pueden utilizar carriles de desvío para las acumulaciones (p. ej., US-2012179405 A1) o saltos de cola (p. ej., US-2011112683 A1) o acumulaciones de acceso aleatorio en una lado de la pista (p. ej., US-7.681.466 B2). Las realizaciones de la invención tienen ventajas sobre dichos sistemas convencionales. Dichas ventajas incluyen hardware reducido (p. ej., menos acumulaciones y colas). Asimismo, las realizaciones de la invención tienen un mejor acceso aleatorio a los recipientes de muestras, ya que no se limitan por estar presentes en una acumulación o en una cola.

De nuevo haciendo referencia a la Fig. 14(a), en un flujo de trabajo ilustrativo, el planificador planifica un programa para el tubo de muestra, en base a la prioridad de procesamiento de la muestra, el nivel de líquido y el código de barras, el tubo y la información de análisis de las características del tapón, como se indica en la operación 1418. En la operación 1420, cuando el tubo de muestra sea el siguiente tubo que se ha de transferir, una pinza 218 de área de distribución deposita el tubo de muestra en uno del adaptador 1002 de centrífuga, un área 222 de error (que puede ser un cajón de salida) o en el sistema 220 de transporte. Con los cambios en ciertos subsistemas, el instrumento actual puede aprovechar por completo el cajón que aloja las gradillas de SIQ. Por tanto, pueden utilizarse gradillas completas en este cajón, lo que lo hace funcionar como un área de salida normal.

Como se muestra en la Fig. 14(b), cuando el planificador selecciona una muestra para la centrifugación, el tubo se puede cargar mediante la pinza 218 de área de distribución en el adaptador 1002 de centrífuga adecuado en la posición 1004 de carga centrífuga para garantizar un rotor de centrífuga equilibrado. En la operación 1422, si se selecciona la muestra para la centrifugación, el tubo se transporta mediante la pinza 218 de área de distribución desde el área 204 de distribución hasta el adaptador 1002 de centrífuga, como se indica en la operación 1424.

En realizaciones de la invención, el nivel de muestra de una muestra en un tubo de muestra se determina después de tomar una fotografía del tubo de muestra con un conjunto móvil que comprende una unidad de pinza y una cámara. Las realizaciones de la invención utilizan una absorción que utiliza un dispositivo de medición de transmisión que tiene múltiples fuentes de luz que tienen longitudes de onda capaces de pasar a través de etiquetas, pero puede que les afecte, o puede que no, el medio de muestra. Después de pasar a través de las etiquetas y la muestra, la luz se detecta con un sensor o sensores fotoeléctricos. Los diversos medios de muestra pueden bloquear o nada, o parte, o la totalidad de la luz emitida por los LEDs. Como resultado, se pueden determinar y medir las alturas de las capas de la muestra. Más detalles con respecto a esta realización se proporcionan a continuación.

El peso del tubo de muestra se puede calcular mediante un dispositivo de análisis de imágenes mientras se desplaza la muestra. El volumen de la muestra puede calcularse mediante las alturas de capas acopladas con propiedades geométricas del tubo, determinado a partir de un análisis de la imagen capturada por la cámara en el robot. El cálculo de peso comienza después de que se obtenga la información de la imagen y de la capa. El peso de la muestra se calcula a partir de los cálculos de volúmenes y densidad de las capas de la muestra para los contenidos que se archivan en una base de datos del software del sistema. El peso de la muestra se combina con el peso del recipiente de muestra que también se archivó previamente en una base de datos del software del sistema. Este peso combinado se utiliza por el software del sistema para determinar en qué posición del adaptador de centrífuga depositar el tubo de muestra para garantizar un rotor de centrífuga equilibrado. La cámara también puede tomar una foto de un adaptador de centrífuga y puede determinar qué ubicaciones en el adaptador de centrífuga se pueden llenar de manera que permita que la centrífuga se equilibre una vez que se llenen otros adaptadores de centrífuga. Por ejemplo, los adaptadores de centrífuga que se colocarán opuestos entre sí en la centrífuga, cada uno se puede cargar con una pluralidad de tubos de muestras que colectivamente pesen lo mismo.

Como finaliza el ciclo de centrífuga para los adaptadores ya cargados en la centrífuga 206-1 o 206-2, los adaptadores 1002 de centrífuga recién cargados se desplazan a la centrífuga 206-1 o 206-2 apropiada. Los adaptadores se sitúan en una lanzadera 224 del adaptador que se desplaza desde la posición 1004 de carga centrífuga, entre la unidad 700 de gestor y la unidad 804 de centrífuga, hasta la centrífuga 206-1 o 206-2 apropiada, como se indica en la operación 1426. El adaptador puede cargarse mediante la pinza 226 del módulo de centrífuga en una cubeta de centrífuga, como se indica en la operación 1428. La muestra se centrifuga, como se indica en la operación 1430. El adaptador se retira de la cubeta de centrifugación, como se indica en la operación 1432. El adaptador se transfiere a una zona de descarga, como se indica en la operación 1434, el tubo de muestra se retira

del adaptador mediante una pinza 226 del módulo de centrífuga, como se indica en la operación 1436, y el tubo de muestra se coloca mediante la pinza 226 del módulo de centrífuga en un portador en el sistema 220 de transporte, como se indica en la operación 1438.

5 Los adaptadores 1002 de centrífuga recién cargados se intercambian con los adaptadores en la unidad 206-1 o 206-2 de centrífuga mediante la pinza 226 del módulo de centrífuga. Durante la primera etapa del intercambio, los adaptadores centrifugados se retiran de la unidad 206-1 o 206-2 de centrífuga, y se colocan sobre puntos específicos en la lanzadera, de manera que cuando la lanzadera vuelve a la unidad 700 de gestor, los tubos se puedan descargar mediante la pinza 226 de módulo de centrífuga desde los adaptadores, y colocarlos en el sistema 220 de transporte. Los adaptadores 1002 recientemente cargados desde la unidad 700 de gestor se colocan dentro de la centrífuga 206-1 o 206-2. Los adaptadores que previamente se vaciaron de tubos, se desplazan mediante la pinza 226 de módulo de centrífuga desde los puntos de descarga en la lanzadera 224 hasta los puntos en la lanzadera en donde puedan cargarse con tubos en la unidad 700 de gestor.

10 15 Mientras los adaptadores se intercambian en la unidad 804 de centrífuga, el planificador puede mandar que los tubos que no requieran centrifugación se desplacen mediante la pinza 218 de área de distribución desde el área 204 de distribución hasta el sistema 220 de transporte, evitando la unidad 804 de centrifugación, como se indica en la operación 1440. Esto puede ocurrir en cualquier momento que el planificador determine que es mejor avanzar un tubo desde el área 204 de distribución hasta el sistema 220 de transporte. Esto depende de las prioridades y los 20 requisitos de procesamiento de las muestras en el área de distribución y la disponibilidad de procesamiento aguas abajo.

25 El planificador determina qué tubos son los apropiados para seleccionar del área 204 de distribución y los adaptadores 1002 de centrífuga que se descarguen al sistema 220 de transporte, para garantizar el flujo adecuado de las muestras aguas abajo. Los adaptadores de centrífuga pueden descargarse para garantizar que el siguiente ciclo de centrífuga pueda comenzar a tiempo. Esto depende de la disponibilidad del proceso aguas abajo.

30 35 Cuando las muestras se cargan en el sistema 220 de transporte, la pinza 218 de área de distribución alinea el código de barras del tubo con el portador usado para transportar el tubo en el sistema 220 de transporte. La orientación del portador se mantiene en el sistema de transporte, simplificando el proceso de lectura del código de barras en los procesos aguas abajo.

40 45 Como se muestra en la Fig. 14(c), una vez que el tubo está en el portador del sistema 220 de transporte, el destaponador 710 puede retirar el tapón del tubo de muestra si la muestra requiere destaparse, como se indica en las operaciones 1446 y 1448. A las muestras que se hayan destapado se les puede medir sus índices de suero en la unidad 210 de índices de suero si se requiere un índice de suero para la muestra, como se indica en las operaciones 1450 y 1452.

50 55 En ciertas circunstancias, puede ser necesario dividir las muestras en más de un tubo de muestra. Estos tubos de muestras pueden salir del sistema 220 de transporte de la fase preanalítica, e ingresar en la unidad 212 de alicuotador en la cola 1104 de tubos primarios si se requiere realizar alicuotado, como se indica en las operaciones 1454 y 1456. Las muestras se dividen en tubos secundarios bajo la dirección del sistema de planificación. Antes de que el alicuotado se realice mediante el robot 302 de pipeteado, los tubos secundarios vacíos se proporcionan, mediante el elevador 318 de tubos secundarios, a los portadores en la cola 1106 de tubos secundarios, como se indica en la operación 1458. Parte de la muestra se transfiere desde un tubo primario 304 a un tubo secundario 306 mediante el robot 302 de pipeteado, como se indica en la operación 1460. A continuación, los tubos primarios y los nuevos secundarios abandonan la unidad 212 de alicuotador y se vuelven a introducir en el sistema 220 de transporte, como se indica en la operación 1462.

60 65 Como se muestra en la Fig. 14(d), una vez que se realice cualquier centrifugación, destaponado o alicuotado necesarios, y una vez que la muestra esté lista para analizarse, el tubo de muestra puede continuar a la fase analítica a lo largo del sistema 220 de transporte si se requiere un análisis adicional, como se indica en las operaciones 1464 y 1466, o puede desplazarse mediante una pinza 404 de salida/clasificador para dar salida a las gradillas ubicadas en los cajones de la unidad 214 de salida/clasificador, como se indica en la operación 1468.

Se reconocerá que se puede utilizar una pluralidad de pinzas para las funciones descritas como si se realizaran mediante cualquier pinza sencilla. La funcionalidad descrita para cada pinza se puede combinar y realizar mediante una o más pinza.

## 60 II. Brazos y pinzas robóticas

Como se describió anteriormente, se puede utilizar un brazo robótico para desplazar un tubo de muestra o cualquier otro objeto (p. ej., un adaptador de centrífuga) desde muchas ubicaciones diferentes dentro del sistema de laboratorio (p. ej., el robot 228 de entrada, el robot 218 de distribución, el robot 226 de centrífuga, el robot 710 de destaponador, el robot 302 de alicuotador, el robot 404 de salida/clasificador, el robot 504 de retaponador, el elevador de tubos secundarios, etc.).

- La arquitectura del brazo robótico puede diferir en complejidad en función de la tarea determinada. La Fig. 15 muestra un ejemplo de un robot 1270 cartesiano o de pórtico con tres direcciones independientemente móviles; x, y, y z. El eje x puede definirse mediante un raíl 1272 de eje x, y el eje y puede definirse mediante un raíl 1274 de eje y.
- 5 El eje z puede definirse mediante una orientación de un brazo robótico 1276 que se extienda en la dirección z. El robot 1270 de pórtico comprende un brazo robótico 1276, y una unidad 1280 de pinza funcionalmente y físicamente acoplada al brazo robótico 1276. Los brazos robóticos más complejos pueden incluir, por ejemplo, el Selective Compliant Assembly Robot Arm (Brazo robótico para ensamblaje de conformidad selectiva - SCARA) o el brazo robótico articulado con múltiples brazos unidos. La unidad 1280 de pinza comprende una carcasa 1280(a) de pinza y dedos 1280(b) de pinza que se extienden hacia abajo desde la carcasa 1280(a) de pinza. Los dedos de la pinza pueden moverse hacia adentro uno hacia el otro para agarrar un tubo 1282 de muestra, y hacia afuera para liberar un tubo 1282 de muestra.
- 10
- 15 El brazo robótico que incluye la unidad de pinza se emplea para identificar y para determinar las características físicas del objeto desplazado. Por lo tanto, el brazo robótico se equipa con un medio de identificación y determinación apropiado (tal como, una cámara, un lector de código de barras y una unidad de medición de absorción y transmisión). La identificación del tubo, la detección del nivel y las unidades de detección de presencia de tubos se describen con mayor detalle a continuación.
- 20 La siguiente descripción de una unidad de manipulación de tubos, una pinza de adaptador de centrífuga, un dispositivo de identificación de tubos, un dispositivo de detección de niveles de muestras, un dispositivo de detección de la presencia de tubos o de gradillas, y una combinación de estas funciones en un solo brazo robótico, se analizará a la luz del brazo robótico de pórtico representado en la Fig. 15.
- 25 A. Unidades de manipulación de tubos
- Los brazos robóticos, según realizaciones de la invención, pueden emplear una unidad de pinza para agarrar y transportar tubos de muestras a ubicaciones deseadas. Las Figs. 16(a)-16(c) representan varias unidades de pinza diferentes para agarrar y transportar tubos de muestras a ubicaciones deseadas.
- 30 La Fig. 16(a) representa un ejemplo para una unidad 1301 de pinza para tubos de muestras, que comprende una carcasa 1301(a) de pinza que comprende dos o más dedos móviles 1302 que se extienden hacia abajo y que comprenden estructuras 1302(a) de contacto que se proyectan hacia adentro. Las estructuras 1302(a) de contacto que se proyectan hacia adentro agarran un tubo 1282 de muestra mediante un movimiento hacia la pared externa del tubo 1282.
- 35 La Fig. 16(b) describe un ejemplo para una unidad 1303 de pinza interior que comprende una carcasa 1303(a) de pinza que comprende dos o más dedos 1304 que se extienden hacia abajo desde la carcasa 1303(a) de pinza. En esta realización, los dos o más dedos 1304 se mueven hacia afuera hacia la pared interior de un tubo 1282 de muestra.
- 40 Otra realización de una unidad 1305 de pinza interior se representa en la Fig. 16(c). La unidad 1305 de pinza emplea un elemento 1306 de anillo flexible que se extiende radialmente desde un portador lineal 1307 para agarrar una superficie interior de un tubo 1282 de muestra. El portador lineal 1307 se extiende desde una carcasa 1303(a) de pinza. El elemento 1306 de anillo flexible (p. ej., junta tórica de silicio) se comprime al mover el segmento 1308 de émbolo inferior del portador lineal 1307 hacia arriba.
- 45
- B. Pinza de cubeta de centrífuga
- Un brazo robótico con una unidad de pinza mecánica, como las que se muestran en las Figs. 16(a)-(c), puede ser una pinza combinada capaz de agarrar muestras de tubos, así como cubetas y/o adaptadores de centrífuga utilizados en el módulo 206 de centrífuga. Como se describió anteriormente, las cubetas y adaptadores de centrífuga son recipientes utilizados para alojar tubos de muestras listos para centrifugarse. Las cubetas de centrífuga pueden ser las propias cubetas que se colocan en, y que son parte de, la centrífuga. Además, se pueden utilizar adaptadores de centrífuga junto con las cubetas de centrífuga. Los adaptadores de centrífuga son cartuchos de centrífuga extraíbles que pueden colocarse en la cubeta de centrífuga que está unida al rotor de centrífuga. El brazo robótico es capaz de recoger y transportar tanto una cubeta de centrífuga como un adaptador de centrífuga. Por ejemplo, las cubetas y/o los adaptadores de centrífuga que se cargan con tubos de muestras listos para centrifugarse, se transportan desde el área 204 de distribución hasta el módulo 206 de centrífuga por medio de una lanzadera 224. Las cubetas y/o los adaptadores de centrífuga se cargan en la centrífuga, tras lo cual se pueden centrifugar las muestras.
- 50
- 55
- 60
- 65
- La unidad de pinza puede realizar varias funciones, que incluyen recoger tubos de muestras en un área 202 de entrada, transportar tubos de muestras a una posición 1004 de carga para una cubeta de centrífuga vacía, colocar tubos de muestras en una posición libre de la cubeta de centrífuga, elegir una cubeta de centrífuga completamente llena, transportar la cubeta de centrífuga a una centrífuga disponible, colocar la cubeta de centrífuga en una posición libre del rotor de centrífuga, elegir una cubeta centrifugada, transportar una cubeta

centrifugada a una posición de descarga para una cubeta centrifugada, recoger tubos de muestras centrifugados en la cubeta centrifugada, etc.

- 5 En una realización del brazo de la pinza robótica para utilizarse como pinza de un tubo de muestra y de una cubeta, se puede utilizar una herramienta adaptadora con la pinza robótica combinada. La herramienta adaptadora puede utilizarse mediante la pinza robótica para engancharse en las cubetas de centrífuga.
- 10 En otra realización, se puede asignar un elevador de cubetas dentro del cuerpo de la centrífuga debajo de la posición de descarga para las cubetas. Al elevar el elevador, las cubetas se pueden transportar a la parte superior de la centrífuga para procesarse adicionalmente. A continuación un robot de pinza de tubos de muestras puede agarrar las cubetas de centrífuga con la unidad de pinza estándar o con una herramienta adaptadora, como se describió anteriormente.
- 15 En otra realización, se puede aplicar una única pinza de tubo de muestra a un brazo robótico telescopico. La unidad de pinza de tubo de muestra se puede desplazar hacia abajo al cuerpo de centrífuga utilizando el brazo robótico telescopico. A continuación, el robot de pinza de tubo de muestra puede agarrar las cubetas de centrífuga con su unidad de pinza estándar.
- 20 En otra realización, se puede aplicar una unidad de pinza de cubeta de centrífuga al brazo robótico telescopico, además de una pinza de tubo de muestra estándar.

#### E. Detección del nivel de muestra

- 25 Además de la identificación del tubo y de las características de la detección de presencia de tubo o de gradilla descritas anteriormente, la unidad de cámara y la herramienta de análisis pueden usar la imagen bidimensional capturada por el sistema, para determinar un volumen de muestra y un nivel de muestra para la muestra en el tubo de muestra.
- 30 En la Fig. 17 se representa una unidad (o conjunto) de detección del nivel de muestra y un tubo de muestra. La unidad de detección del nivel de muestra incluye un compartimento 16. Una unidad 30 de cámara se aloja en el compartimento 16, que tiene pocas reflexiones ópticas y, si es posible, no tiene. La unidad 30 de cámara puede alinearse con, y enfocarse en, el tubo 20 de muestra que contiene fluido. Una fuente 31 de iluminación puede suministrar luz al tubo 20 de muestra, de manera que la unidad 30 de cámara pueda tomar una foto del tubo 30 de muestra.
- 35 La unidad 30 de cámara puede ser una cámara fotográfica, una cámara de imágenes a color, una videocámara, una cámara espectral o lo similar. Se puede utilizar una cámara de imágenes a color, por ejemplo, una videocámara 3CCD. Los parámetros de la cámara a color, tales como enfoque, balance de blancos, configuración del diafragma, relleno, pueden preconfigurarse o ajustarse de manera permanente. Por ejemplo, se pueden ajustar con la ayuda de software de evaluación de imágenes, como cuando los datos notificados por el software de evaluación de imágenes al software de control sean de calidad reducida con respecto a los datos de referencia almacenados. Se puede utilizar un algoritmo para calcular el nivel y/o volumen de la muestra utilizando datos conocidos, tales como el tipo de tubo de muestra utilizado, el tipo de muestra, etc.
- 45 Como se muestra en la Fig. 17, la unidad 30 de cámara puede inclinarse para optimizar su vista del tubo 20 de muestra. La información del tubo 20 de muestra puede registrarse con comparativamente pocas reflexiones ópticas con la ayuda de esta medida.
- 50 Hay una unidad 35 de pinza dispuesta arriba y en el medio con respecto a la posición de análisis del tubo de muestra, que se controla por un ordenador. La unidad 35 de pinza agarra el tubo 20 de muestra ubicado en una gradilla de la sección de entrada, y lo eleva a la posición de análisis. La unidad 35 de pinza puede comprender una carcasa 35(a) de pinza, y una pluralidad de dedos 35(b) de pinza, que pueden usarse para agarrar el tubo 20 de muestra.
- 55 La detección del nivel de líquido también puede lograrse mediante el uso de otro tipo de dispositivo de captación de imágenes, tal como un dispositivo que tiene diodos láser con una longitud de onda y algoritmos de análisis definidos, para evaluar los espectros de absorción. Se puede enfocar un haz de diodo láser en secciones del tubo de muestra, y se puede realizar una medición de absorción y transmisión de diferentes longitudes de onda del haz enfocado. A continuación, el algoritmo de análisis puede usar las mediciones para proporcionar el nivel y el volumen de líquido.
- 60 La Fig. 18 describe un ejemplo de detección del nivel de muestra al utilizar el análisis de curvas de absorción y transmisión en longitudes de onda diferentes. En los casos en los que se proporcionen muestras de sangre con el recipiente de tubo de muestra, el sistema puede además ser capaz de detectar los distintos niveles de suero, plasma o pastel de sangre en la muestra.

En la Fig. 18, bajo el número 1956 se representa, de forma general, una parte de un sistema funcional de interrogación de muestras de fluido. Una primera fuente de radiación 1958 (con una segunda fuente de radiación 1972 apagada) se dispone para aplicar una primera radiación que tenga una primera longitud de onda característica (p. ej., 980 nm) al combinador 1960 de haces, que dirige la primera radiación emitida 1962 hacia una ubicación en el tubo 1900 de muestra. La primera radiación transmitida 1964 se detecta mediante un detector, tal como la disposición 1966 de foto diodo y amplificador ilustrada. El detector puede ser un ejemplo de al menos una parte de un dispositivo de captación de imágenes. Una señal 1968, correspondiente a la intensidad de la primera radiación transmitida 1964 puede entonces almacenarse y/o manipularse en la estructura de comparación, tales como un circuito 1970 integrado programable, o un ordenador. La segunda fuente de radiación 1972 (con la primera fuente de radiación 1958 apagada) se dispone para aplicar una segunda radiación que tenga una segunda longitud de onda característica (p. ej., 1050 nm) al combinador 1960 de haces en una posición ligeramente desplazada, como la primera radiación emitida 1962, la cual dirige a la segunda radiación emitida 1974 paralela al trayecto del haz de la primera radiación emitida 1962, hacia una ubicación ligeramente diferente en el tubo 1900 de muestra. La segunda radiación transmitida 1976 se detecta mediante el mismo detector, tal como la disposición 1966 de foto diodo y amplificador ilustrada. Una señal 1968, correspondiente a la intensidad de la segunda radiación transmitida 1976, puede entonces almacenarse y/o manipularse en la estructura de comparación, tales como un circuito 1970 integrado programable, o un ordenador.

La Fig. 18 además representa un tubo de muestra que se mide y analiza utilizando el proceso de longitud de onda.

Como se muestra, el suero 1915 y el gel 1917 son mayormente transparentes a la luz visible, mientras que los glóbulos rojos 1919 son sustancialmente opacos. Además, el gel 1917 es transparente a la luz infrarroja, mientras que los glóbulos rojos 1919 y el suero 1915 son sustancialmente opacos. En consecuencia, cuando el tubo 1900 de muestra tenga gel 1917 para separar el suero 1915 y los glóbulos rojos 1919, es posible, simplemente utilizando luz infrarroja, "ver a través" de las diferentes secciones. La lectura de la luz infrarroja es fuerte cuando el haz de luz infrarroja pasa a través del aire 1913, disminuye cuando el haz de luz infrarroja se dirige hacia el suero, es relativamente fuerte cuando se dirige hacia el gel 1917, y disminuye nuevamente cuando se dirige hacia los glóbulos rojos 1919. Este análisis realizado mediante la herramienta de análisis, permite que a la muestra se le mida el nivel/volumen de la muestra.

La unidad de detección del nivel de líquido puede combinarse con cualquiera de los brazos robóticos descritos anteriormente, con o sin una unidad de identificación de tubos, y con o sin una unidad de detección de presencia de tubos o de gradillas. Otros detalles relacionados con las unidades de identificación de tubos y las unidades de detección de presencia de tubos o de gradillas, pueden encontrarse en las solicitudes de patentes provisionales US-61/556.667, US-61/616.994 y US-61/680.066.

F. Robot de combinación con pinza, unidad de identificación de tubos, unidad de detección de presencia de tubos o de gradillas, y unidad de detección del nivel de líquido

Mediante el sistema de automatización de laboratorio se puede utilizar un robot de combinación con pinza, una unidad de identificación de tubos, una unidad de detección de presencia de tubos o de gradillas, y una unidad de detección del nivel de líquido. El robot de combinación utiliza las características del robot de pinza descrito anteriormente y una cámara de la unidad de identificación de tubos, una cámara de la unidad de detección de presencia de tubos o de gradillas, y diodos láser para la detección de nivel de muestra descrita anteriormente.

La Fig.19 describe un dibujo esquemático de un ejemplo del robot (o conjunto) de combinación. El robot 2102 de combinación puede incluir una pinza robótica 2104 para agarrar tubos de muestras, dispuestos en un compartimento 2101. La pinza robótica 2104 puede comprender una carcasa 2104(a) de pinza con dedos 2104(b) de pinza que se extienden hacia abajo y agarran un tubo 2112 de muestra. El robot 2102 de combinación puede utilizar una cámara 2106 para capturar imágenes para realizar la detección de tubos y/o la detección del nivel de muestra. El robot 2102 de combinación puede utilizar también un emisor 2108 y un receptor 2109 para realizar con diodos láser la detección del nivel/volumen de muestra. El robot 2102 de combinación puede utilizar también una cámara 2110 de detección de presencia de tubos o de gradillas para capturar una serie de imágenes durante el movimiento x-y de la pinza, para realizar la detección de la presencia de tubos y de gradillas, y la identificación de tubos y de gradillas. La detección de la presencia de tubos y de gradillas, y los sistemas y métodos de identificación de tubos y de gradillas, se describen con más detalle en la solicitud de patente provisional US-61/556.667, presentada el 7 de noviembre de 2011, en la solicitud de patente provisional US-61/616.994, presentada el 28 de marzo de 2012, y en la solicitud de patente provisional US-61/680.066, presentada el 6 de agosto de 2012.

La Fig.20 presenta un diagrama de bloques de alto nivel de algunos componentes en un sistema de identificación de tubos de muestras y de gradillas, según una realización de la invención. La Fig. 20 muestra un dispositivo 1842 de captación de imágenes acoplado a un dispositivo 1848 de análisis de imágenes. El dispositivo 1848 de análisis de imágenes se puede acoplar también a una unidad 248 de pinza, y le puede proporcionar instrucciones. A continuación, la unidad 248 de pinza puede asegurar un tubo 1846 de muestra específico.

Los dispositivos de captación de imágenes adecuados pueden incluir cámaras, así como detectores similares a los descritos con referencia a la Fig. 18.

Aunque las instrucciones proporcionadas por el dispositivo 1848 de análisis de imágenes se proporcionan a una unidad 248 de pinza en este ejemplo, las realizaciones de la invención no se limitan a ellas. Por ejemplo, las realizaciones de la invención pueden proporcionar instrucciones a un controlador central en el sistema de automatización de laboratorio, para informar a otros instrumentos o subsistemas aguas abajo de que se identificó un tubo en particular, y/o de que el tubo de muestra es de un peso en particular. Por ejemplo, una vez que se identifique un tubo de muestra en particular en una gradilla de muestras, un planificador en un controlador central sabrá en qué parte del sistema está ese tubo de muestra en particular, y puede planificar de antemano cualquier procesamiento subsiguiente. Por lo tanto, las instrucciones y/o datos de análisis proporcionados por el dispositivo 1848 de análisis de imágenes pueden proporcionarse a cualquier instrumento o subsistema aguas abajo adecuado.

La Fig. 21 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo 1848 de análisis de imágenes, según una realización de la invención. Puede incluir una interfaz 1848(b) de entrada de datos para recibir datos desde el uno o más dispositivos de captación de imágenes (p. ej., dispositivo 1842 de captación de imágenes), y un procesador 1848(a) acoplado a la interfaz 1848(b) de entrada. El procesador 1848(a) se puede acoplar también a una interfaz 1848(c) de salida de datos que proporciona datos a dispositivos adecuados que puedan manipular y/o transportar un tubo 1848(c) de muestra. El procesador 1848(a) se puede acoplar además a una memoria 1848(d) que pueda comprender un módulo 1848(d)-1 de identificación de tubos de muestras, un módulo 1848(d)-2 de determinación del nivel de líquido, un módulo 1848(d)-3 de cálculo de peso del tubo, una base 1848(d)-4 de datos de tubos de muestras, y un módulo 1848(d)-5 de instrucciones. El módulo 1848(d)-1 de identificación de tubos de muestras puede comprender código informático, ejecutable mediante el procesador 1848(a), para determinar la identidad de un tubo de muestra. Un tubo de muestra puede identificarse, por ejemplo, mediante un código de barras en el tubo de muestra, un color de tapón, una forma del tubo, etc. El módulo 1848(d)-2 de determinación del nivel de líquido puede comprender código informático, ejecutable mediante el procesador 1848(a) para determinar un nivel de líquido de una muestra en un tubo de muestra. El módulo 1848(d)-3 de cálculo de peso del tubo puede comprender código informático, ejecutable mediante el procesador 1848(a) para calcular el peso de un tubo de muestra. La base 1848(d)-4 de datos de tubos de muestras puede tener información relativa a tubos de muestras. El módulo 1848(d)-5 de instrucciones de tubos de muestras puede comprender código, ejecutable mediante el procesador 1848(a) para proporcionar instrucciones a un dispositivo externo mediante la interfaz 1848(c) de salida de datos. Las instrucciones que se proporcionen pueden incluir instrucciones a una unidad de pinza, lo que hace que la unidad de pinza transporte el tubo de muestra a una ubicación en particular o a un subsistema en particular, después de identificar el tubo de muestra. Obsérvese que cualquiera de los módulos de software descritos anteriormente pueden funcionar independientemente o de forma conjunta. Por ejemplo, el módulo 1848(d)-1 de identificación de tubos de muestras puede funcionar con el módulo 1848(d)-2 de nivel de líquido y el módulo 1848(d)-3 de cálculo de peso del tubo de muestra, para identificar el tubo de muestra en particular y para calcular el peso del tubo de muestra.

La base 1848(d)-4 de datos de tubos de muestras puede comprender cualquier tipo adecuado de información relativa a tubos de muestras. Puede incluir, por ejemplo, información de tubos de muestras que correlacione muestras con características de tubos de muestras, marcadores o etiquetas en un tubo de muestra. La base 1848(d)-4 de datos de tubos de muestras puede incluir también información relativa a distintos tipos de tubos de muestras y su correspondiente volúmenes y pesos (sin una muestra en ellos). Esta información, junto con información sobre el nivel de una muestra de un tubo, puede utilizarse para calcular el peso de un tubo de muestra.

En los métodos, según realizaciones de la invención, al menos una cámara captura al menos una fotografía de la gradilla con tubos de muestras que comprenden muestras. El método comprende además analizar, mediante el dispositivo de análisis de imágenes, la al menos una fotografía para identificar las características de los tubos de muestras y/o de la gradilla. Si los tubos de muestras comprenden diferentes muestras, entonces estas muestras pueden estar en diferentes tubos de muestras con diferentes características y las muestras pueden procesarse de forma diferente, después de identificarse. Por ejemplo, después de recibir las instrucciones del dispositivo de análisis, un primer tubo de muestra con una primera característica y una primera muestra, podría enviarse a una unidad de almacenamiento mediante una pinza (acoplada a un brazo robótico) capaz de moverse en tres direcciones (X, Y y Z), mientras que un segundo tubo de muestra con una segunda característica y una segunda muestra, se puede enviar a una centrífuga, antes de analizarse.

El procesador 1848(a) puede comprender cualquier procesador de datos adecuado para procesar datos. Por ejemplo, el procesador puede comprender uno o más microprocesadores que funcionen por separado o conjuntamente para hacer que varios componentes del sistema funcionen.

La memoria 1848(d) puede comprender cualquier tipo de dispositivo de memoria adecuado, en cualquier combinación adecuada. La memoria 1848(d) puede comprender uno o más dispositivos de memoria volátil o no volátil, que funcionen utilizando cualquier tecnología adecuada de almacenamiento de datos; eléctrica, magnética y/u óptica. VII. Arquitectura informática

- Los diversos participantes y elementos descritos en la presente memoria, con referencia a las figuras, pueden hacer funcionar uno o más aparatos informáticos para facilitar las funciones descritas en la presente memoria. Cualquiera de los elementos de la descripción anterior, incluidos cualesquier servidores, procesadores o bases de datos, puede utilizar cualquier cantidad adecuada de subsistemas, para facilitar las funciones descritas en la presente memoria, tales como, p. ej., funciones para el funcionamiento y/o control de las unidades y módulos funcionales del sistema de automatización de laboratorio, sistemas de transporte, el planificador, el controlador central, controladores locales, etc.
- Ejemplos de dichos subsistemas o componentes se muestran en la Fig. 22. Los subsistemas mostrados en la Fig. 22 se interconectan mediante un bus 4445 del sistema. Se muestran otros subsistemas, tales como una impresora 4444, teclado 4448, disco fijo 4449 (u otra memoria que comprenda medios legibles por ordenador), monitor 4446, que se acopla al adaptador 4482 de pantalla, y otros. Los dispositivos periféricos y de entrada/salida (E/S) que se acoplan al controlador 4441 de E/S (que puede ser un procesador u otro controlador adecuado), se pueden conectar al sistema informático mediante cualquier cantidad de medios conocidos en la técnica, tales como el puerto serie 4484. Por ejemplo, el puerto serie 4484 o la interfaz externa 4481 pueden utilizarse para conectar el aparato informático a una red de área amplia, tal como Internet, un dispositivo de entrada de ratón, o un escáner. La interconexión por vía de un bus del sistema permite al procesador central 4443 comunicarse con cada subsistema y controlar la ejecución de instrucciones desde la memoria 4442 del sistema o desde el disco fijo 4449, así como el intercambio de información entre los subsistemas. La memoria 4442 del sistema y/o el disco fijo 4449 pueden incorporar un medio legible por ordenador.
- Las realizaciones de la tecnología no se limitan a las realizaciones descritas anteriormente. Los detalles específicos con respecto a algunos de los aspectos descritos anteriormente se proporcionan anteriormente. Los detalles específicos de los aspectos específicos pueden combinarse de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, en algunas realizaciones de la tecnología pueden combinarse el procesamiento back-end, los análisis de datos, la recogida de datos, y otros procesos.
- Debe entenderse que la presente tecnología, tal como se describió anteriormente, puede implementarse en forma de lógica de control mediante el uso de software informático (almacenado en un medio físico tangible) de manera modular o integrada. Además, la presente tecnología puede implementarse en forma y/o combinación de cualquier procesamiento de imágenes. En base a la descripción y enseñanzas proporcionadas en la presente memoria, un experto en la técnica sabrá y apreciará otras formas y/o métodos de implementar la presente tecnología utilizando hardware y una combinación de hardware y software.
- Cualquiera de los componentes o funciones de software descritas en esta solicitud, pueden implementarse como código de software para ejecutarse mediante un procesador utilizando cualquier lenguaje informático adecuado, tal como, por ejemplo, Java, C++ o Perl, con el uso, por ejemplo, de técnicas convencionales u orientadas a objetos. El código de software puede almacenarse como una serie de instrucciones o comandos en un medio legible por ordenador, tal como una random access memory (memoria de acceso aleatorio - RAM), una read only memory (memoria de sólo lectura - ROM), un medio magnético, tal como un disco duro o un disquete, o un soporte óptico, tal como un CD-ROM. Cualquier medio legible por ordenador puede residir en, o dentro de, un solo aparato informático, y puede estar presente en, o dentro de, diferentes aparatos informáticos dentro de un sistema o red.
- La descripción anterior es ilustrativa y no es restrictiva. Muchas variaciones de la tecnología resultarán evidentes para aquellos expertos en la técnica, al revisar la descripción. El ámbito de la tecnología debería, por tanto, determinarse no en relación a la descripción anterior, sino que debe determinarse en relación a las reivindicaciones pendientes, junto con su ámbito total.
- Una o más características de cualquier realización pueden combinarse con una o más características de cualquier otra realización, sin desviarse del ámbito de la tecnología.
- Cuando se menciona "un/a" o "el/la", se refiere a "uno/a o más", a menos que se indique específicamente lo contrario.

## REIVINDICACIONES

1. Un conjunto que comprende:
  - 5 un brazo robótico que tiene una unidad (248) de pinza configurada para agarrar un recipiente (2112) de muestra, en donde el brazo robótico se configura para moverse en tres dimensiones; un dispositivo de captación de imágenes acoplado físicamente al brazo robótico y configurado para capturar una imagen del recipiente (2112) de muestra, en donde el dispositivo de captación de imágenes comprende una cámara (2106) y un dispositivo de detección del nivel de líquido que comprende una unidad de medición de absorción y transmisión que tiene un emisor óptico (2108) y un detector óptico (2109); y
  - 10 un dispositivo (1848) de análisis de imágenes en comunicación con el dispositivo de adquisición de imágenes, en donde el dispositivo (1848) de análisis de imágenes se configura para analizar la imagen del recipiente (2112) de muestra para determinar la información de identificación asociada al recipiente (2112) de muestra y para determinar un nivel de líquido de una muestra en el recipiente (2112) de muestra utilizando un análisis de curvas de absorción y transmisión en distintas longitudes de onda realizado mediante la unidad de medición de absorción y transmisión, en donde el recipiente (2112) de muestra se coloca entre el emisor óptico (2108) y el detector óptico (2109) mediante la unidad (248) de pinza cuando el nivel de líquido de la muestra en el recipiente (2112) de muestra se determina mediante el dispositivo (1848) de análisis de imágenes.
  - 15
  - 20
2. El conjunto de la reivindicación 1, en donde la unidad de medición de absorción y transmisión comprende múltiples fuentes de luz con longitudes de onda capaces de pasar a través de las etiquetas pero que se absorben por los medios de muestras comprendidos en el recipiente (2112) de muestra.
3. El conjunto de la reivindicación 1, en donde la unidad de medición de absorción y transmisión comprende diodos láser con diferentes longitudes de onda definidas, en donde los haces de los diodos láser se enfocan en secciones del recipiente (2112) de muestra con el fin de permitir mediciones de transmisión de diferentes longitudes de onda definidas.
4. El conjunto de la reivindicación 1, en donde la unidad de medición de absorción y transmisión comprende una primera fuente de radiación (1958) configurada para aplicar una primera radiación (1962) que tenga una primera longitud de onda característica a un combinador (1960) de haces, que se configura para dirigir la primera radiación (1962) hacia una ubicación en el recipiente (2112) de muestra,
5. El conjunto de la reivindicación 1, en donde la unidad de medición de absorción y transmisión comprende una segunda fuente de radiación (1972) configurada para aplicar una segunda radiación (1974) que tenga una segunda longitud de onda característica al combinador (1960) de haces en una posición ligeramente desplazada como la primera radiación (1962), en donde el combinador (1960) de haces se configura para dirigir la segunda radiación emitida (1974) paralela al trayecto del haz de la primera radiación (1962) hacia una ubicación ligeramente diferente en el recipiente (2112) de muestra,
6. un detector (1966) capaz de detectar una primera radiación transmitida (1964), que comprende la primera radiación (1962) transmitida a través del recipiente (2112) de muestra, y la segunda radiación transmitida (1976), que comprende la segunda radiación (1974) transmitida a través del recipiente (2112) de muestra, una estructura (1970) de comparación para almacenar y/o manipular tanto la intensidad de la primera radiación transmitida (1964) como la intensidad de la segunda radiación transmitida (1974).
7. El conjunto de la reivindicación 1, en donde la unidad de medición de absorción y transmisión comprende light emitting diodes (diodos emisores de luz - LEDs) y los LEDs se seleccionan de manera que varios medios de muestras comprendidos en el recipiente (2112) de muestra bloquean nada de, parte de o toda la luz emitida por los LEDs, con el fin de que sea posible mediante un algoritmo de análisis determinar y medir las alturas de la capa de muestra de una muestra comprendida en el recipiente (2112) de muestra.
8. El conjunto de la reivindicación 1, en donde la unidad de medición de absorción y transmisión comprende fuentes de luz que emiten haces de luz infrarroja.
9. El conjunto de la reivindicación 1, en donde la unidad de medición de absorción y transmisión comprende una unidad de detección de presencia de gradillas o de tubos capaz de detectar la presencia de un recipiente (2112) de muestra en una gradilla.
10. El conjunto de la reivindicación 1 en donde el dispositivo (1848) de análisis de imágenes se configura además para calcular un peso del recipiente (2112) de muestra, mientras el recipiente (2112) de muestra se transporta mediante la unidad (248) de pinza.
11. El conjunto de la reivindicación 1, en donde el dispositivo de captación de imágenes es un primer dispositivo de captación de imágenes, y en donde el conjunto comprende un segundo dispositivo de captación de imágenes configurado para capturar una segunda imagen de una pluralidad de recipientes de muestras, en donde la segunda imagen se analiza para determinar un segundo recipiente de muestra en la pluralidad de

- recipientes de muestras para que se agarre con la unidad (248) de pinza, y en donde el conjunto comprende además un tercer dispositivo de captación de imágenes configurado para capturar la imagen del recipiente de muestra o una gradilla del recipiente de muestra debajo del tercer dispositivo de captación de imágenes.
- 5           10. Un método comprende:
- transportar un recipiente (2112) de muestra con un brazo robótico que tiene una unidad (248) de pinza desde una primera ubicación hasta una segunda ubicación, en donde el dispositivo de captación de imágenes se acopla físicamente al brazo robótico, en donde el dispositivo de captación de imágenes comprende una cámara (2106) y un dispositivo de detección del nivel de líquido que comprende una unidad de medición de absorción y transmisión que tiene un emisor óptico (2108) y un detector óptico (2109);
- 10           15. adquirir durante el transporte una imagen del recipiente (2112) de muestra utilizando la cámara (2106) del dispositivo de captación de imágenes; y
- analizar la imagen del recipiente (2112) de muestra mediante un dispositivo (1848) de análisis de imágenes, que está en comunicación con el dispositivo de captación de imágenes, con el fin de obtener información de identificación del recipiente de muestra; y
- 15           20. determinar un nivel de líquido de la muestra en el recipiente (2112) de muestra utilizando un análisis de curvas de absorción y transmisión en longitudes de onda diferentes realizado por la unidad de medición de absorción y transmisión, en donde el recipiente (2112) de muestra se coloca entre el emisor óptico (2108) y el detector óptico (2109) mediante la unidad (248) de pinza cuando el nivel de líquido de la muestra en el recipiente (2112) de muestra se determine mediante el dispositivo (1848) de análisis de imágenes.
- 20           25. 11. El método de la reivindicación 10, en donde el dispositivo (1848) de análisis de imágenes se configura además para detectar un volumen de muestra de la muestra en el recipiente (2112) de muestra.
- 25           30. 12. El método de la reivindicación 10, en donde un tipo del recipiente (2112) de muestra se identifica en base a la información de identificación del recipiente obtenida utilizando una base de datos accesible al procesador central que almacena datos relacionados con varios tipos de recipientes de muestras y en donde se calcula un peso del recipiente (2112) de muestra en base al peso del recipiente (2112) de muestra sin una muestra en él, dimensiones internas del recipiente (212) de muestra, el nivel de líquido determinado, y un cálculo de densidad de la muestra.
- 30           35. 13. El método de la reivindicación 10, en donde la unidad de medición de absorción y transmisión comprende diodos láser con diferentes longitudes de onda definidas y en donde la determinación de un nivel de líquido comprende enfocar los haces de los diodos láser en secciones del recipiente (2112) de muestra con el fin de permitir mediciones de transmisión de diferentes longitudes de onda definidas.

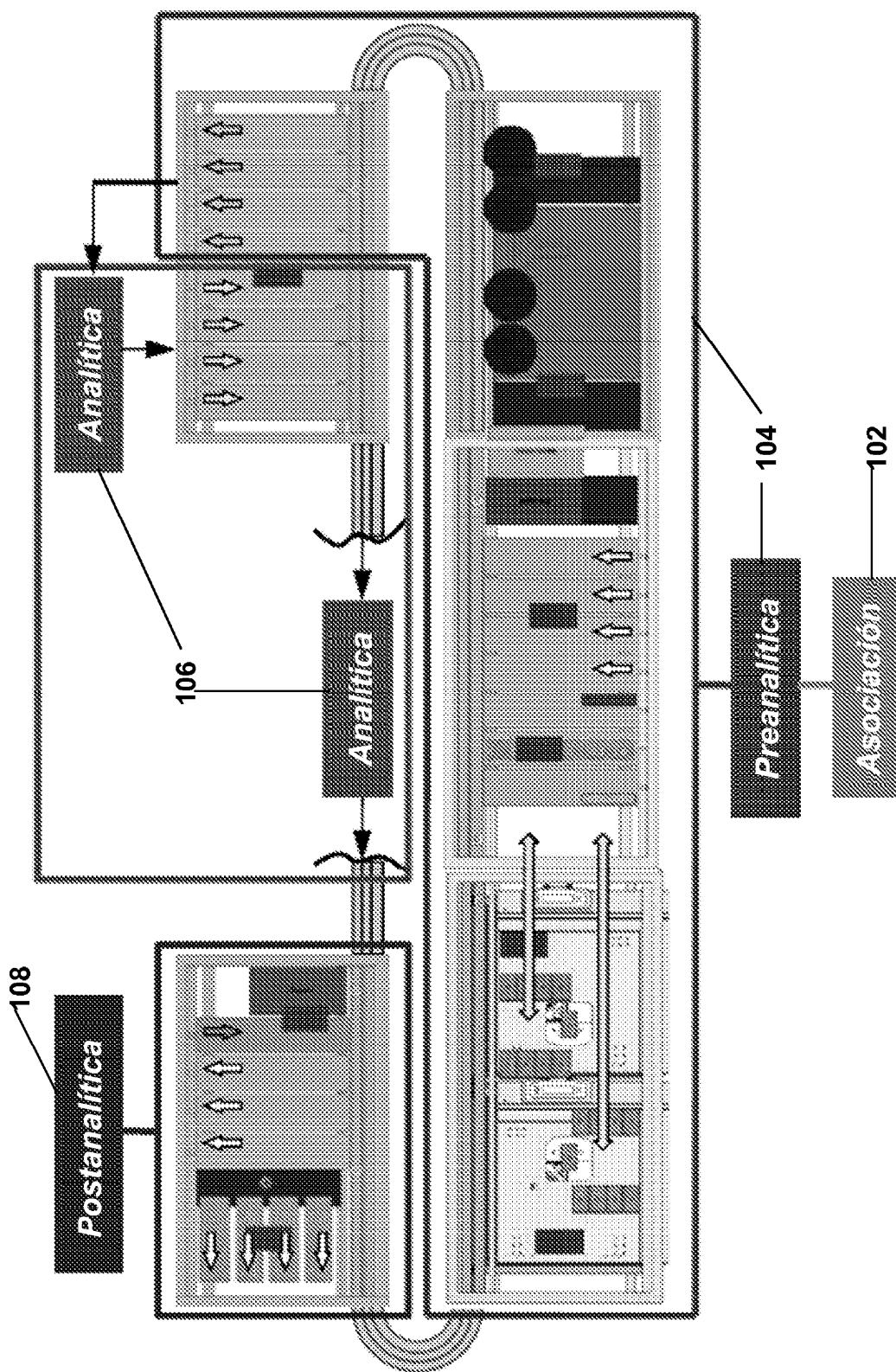
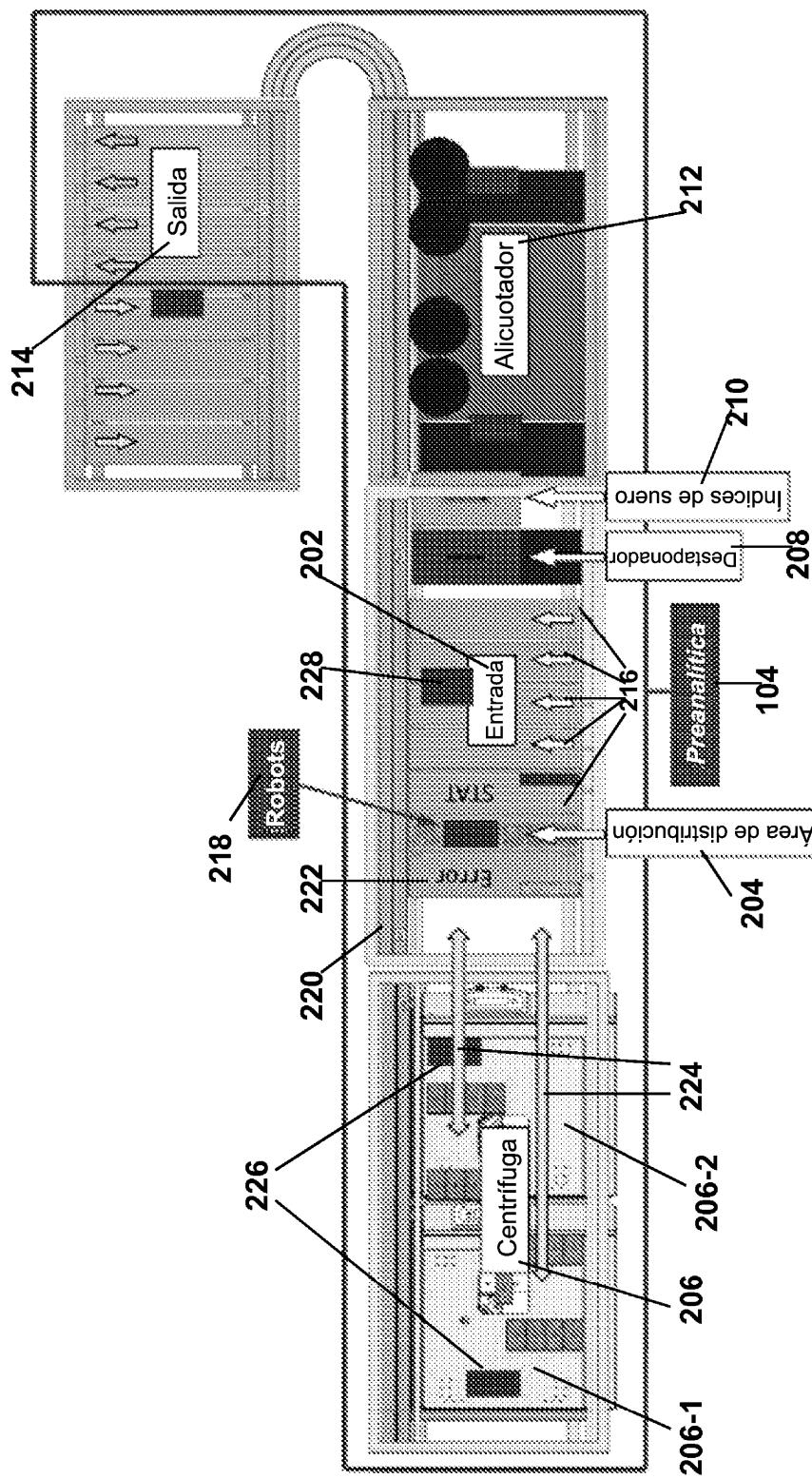


FIG. 1

FIG. 2



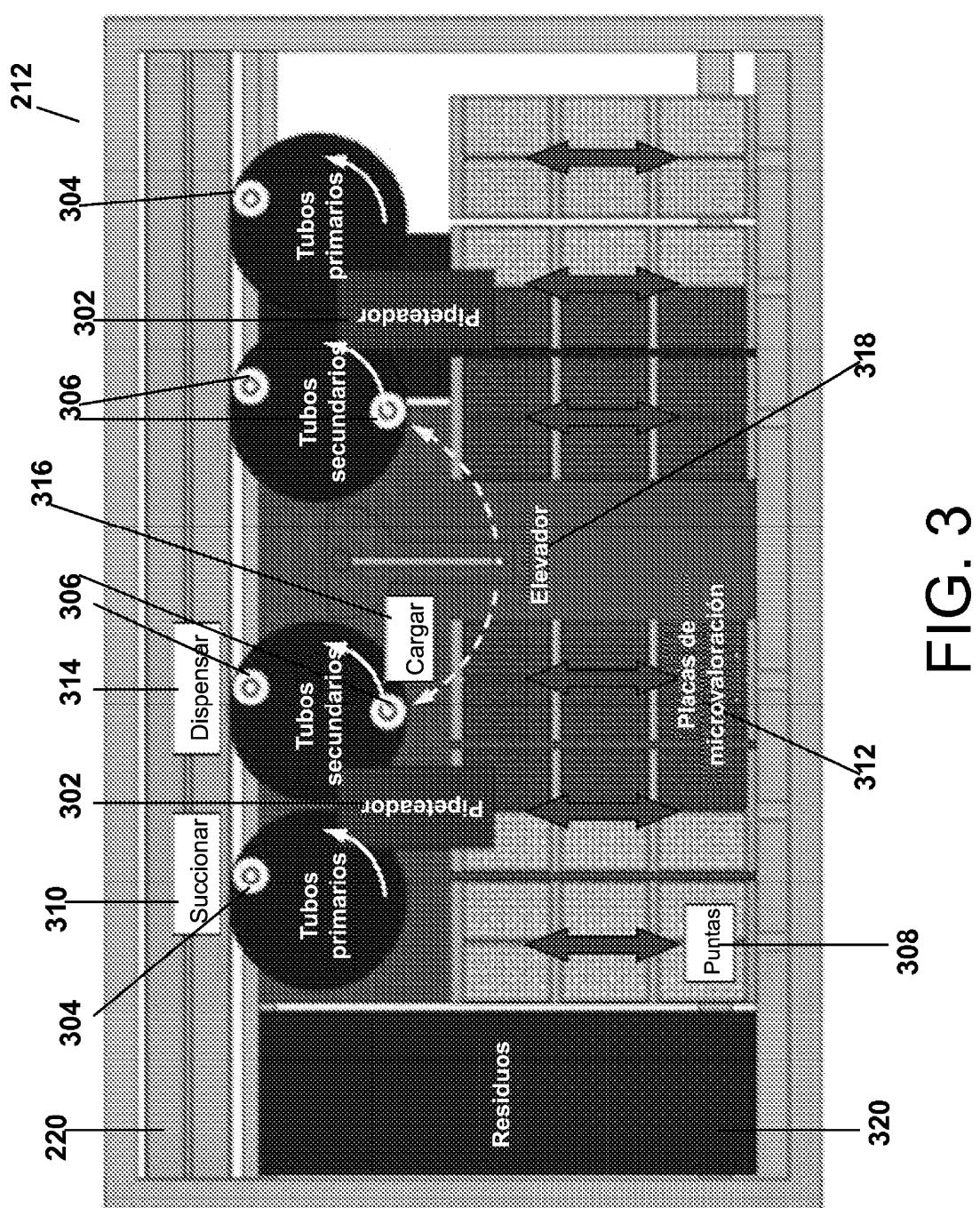


FIG. 3

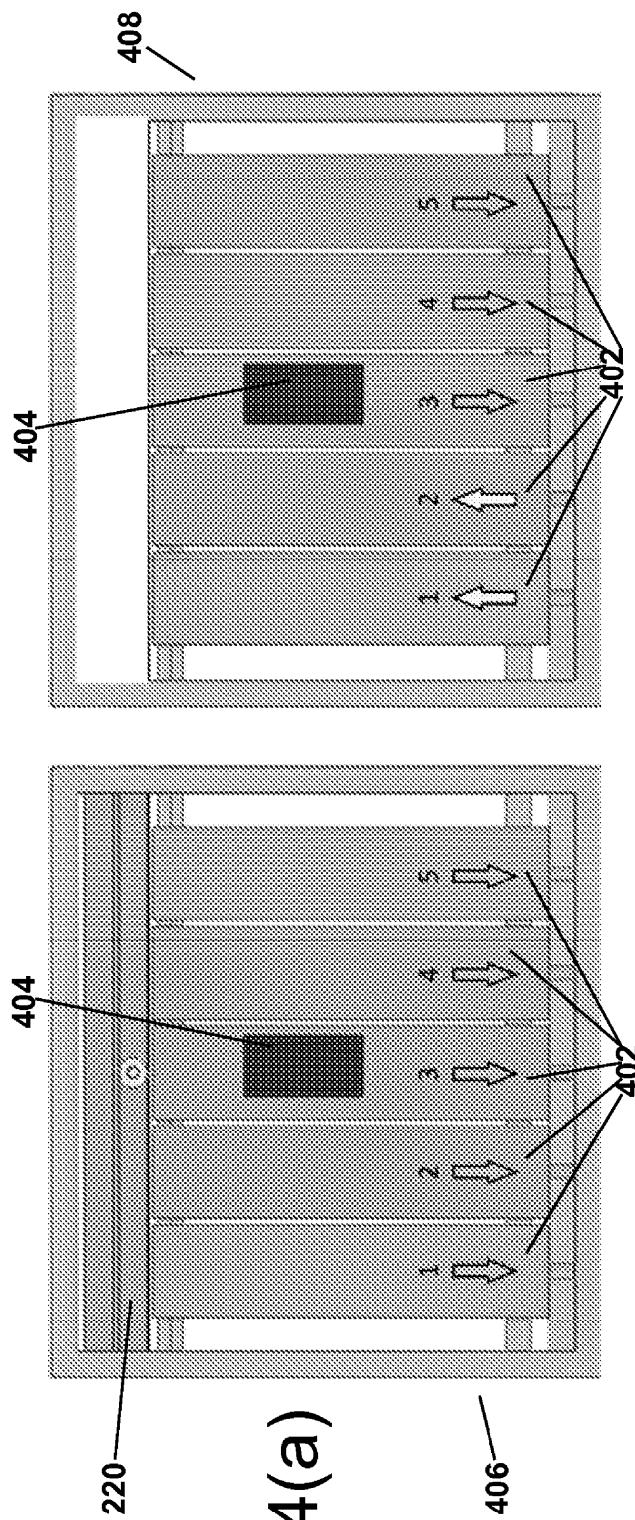


FIG. 4(a)

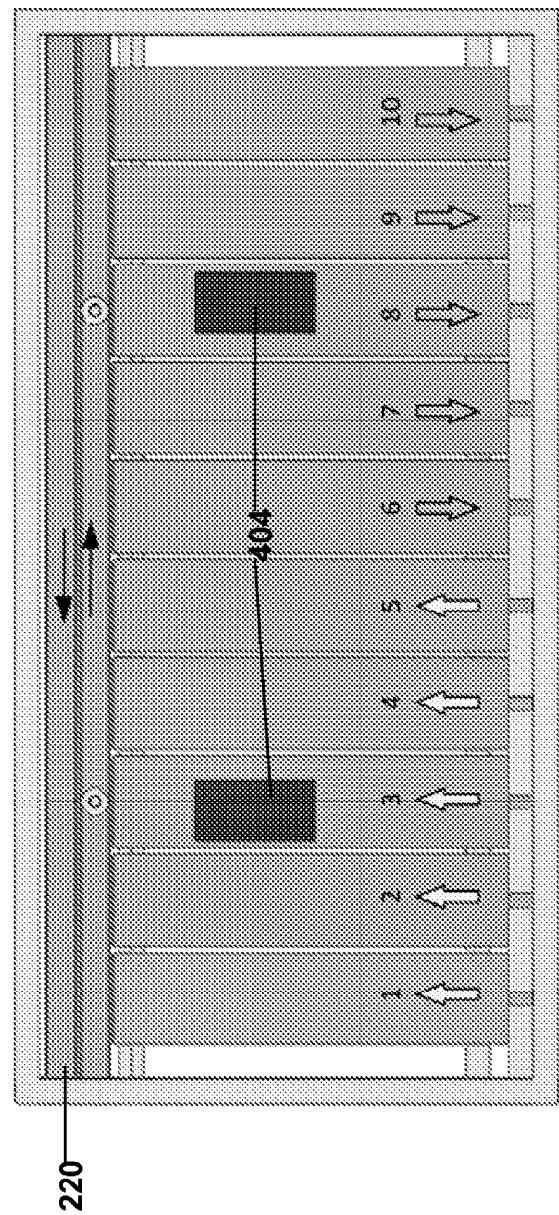
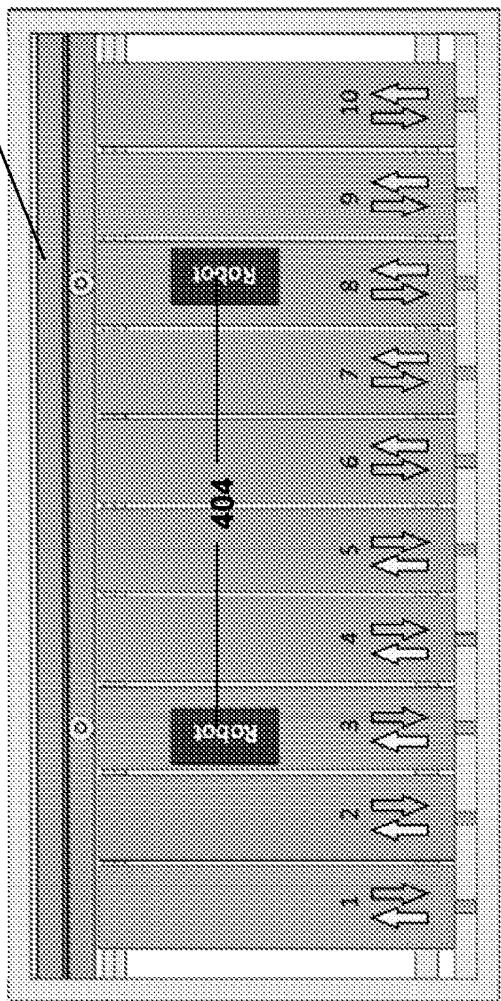


FIG. 4(b)

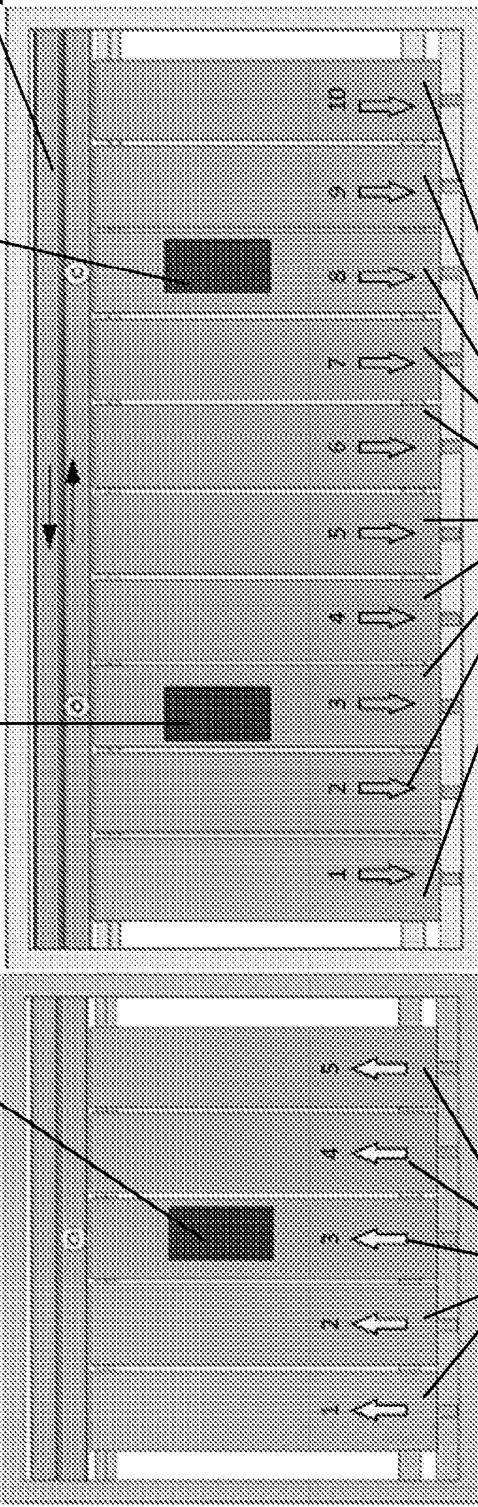
220



**FIG. 4(c)**

410 Entrada  
412 Reingreso  
414 Salida

220  
404  
404



**FIG. 4(d)**

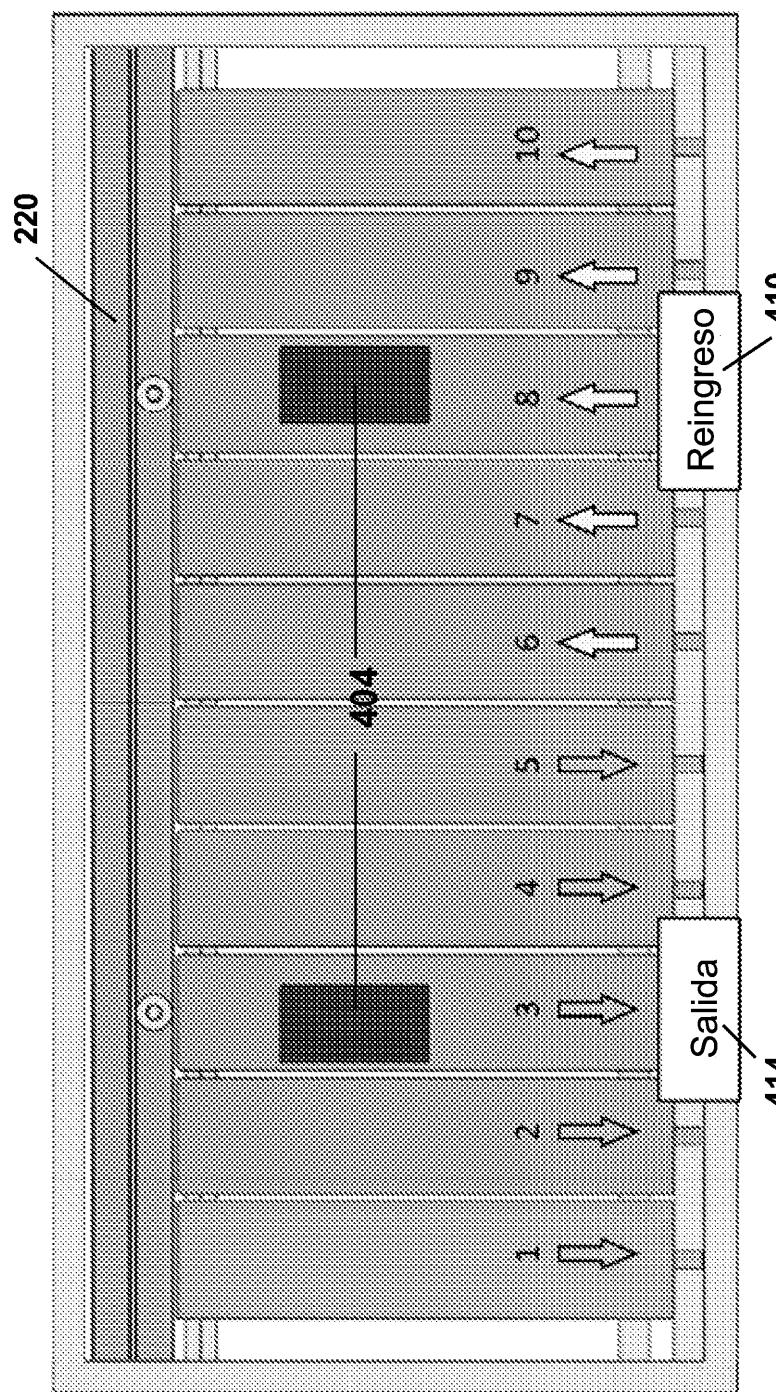


FIG. 4(e)

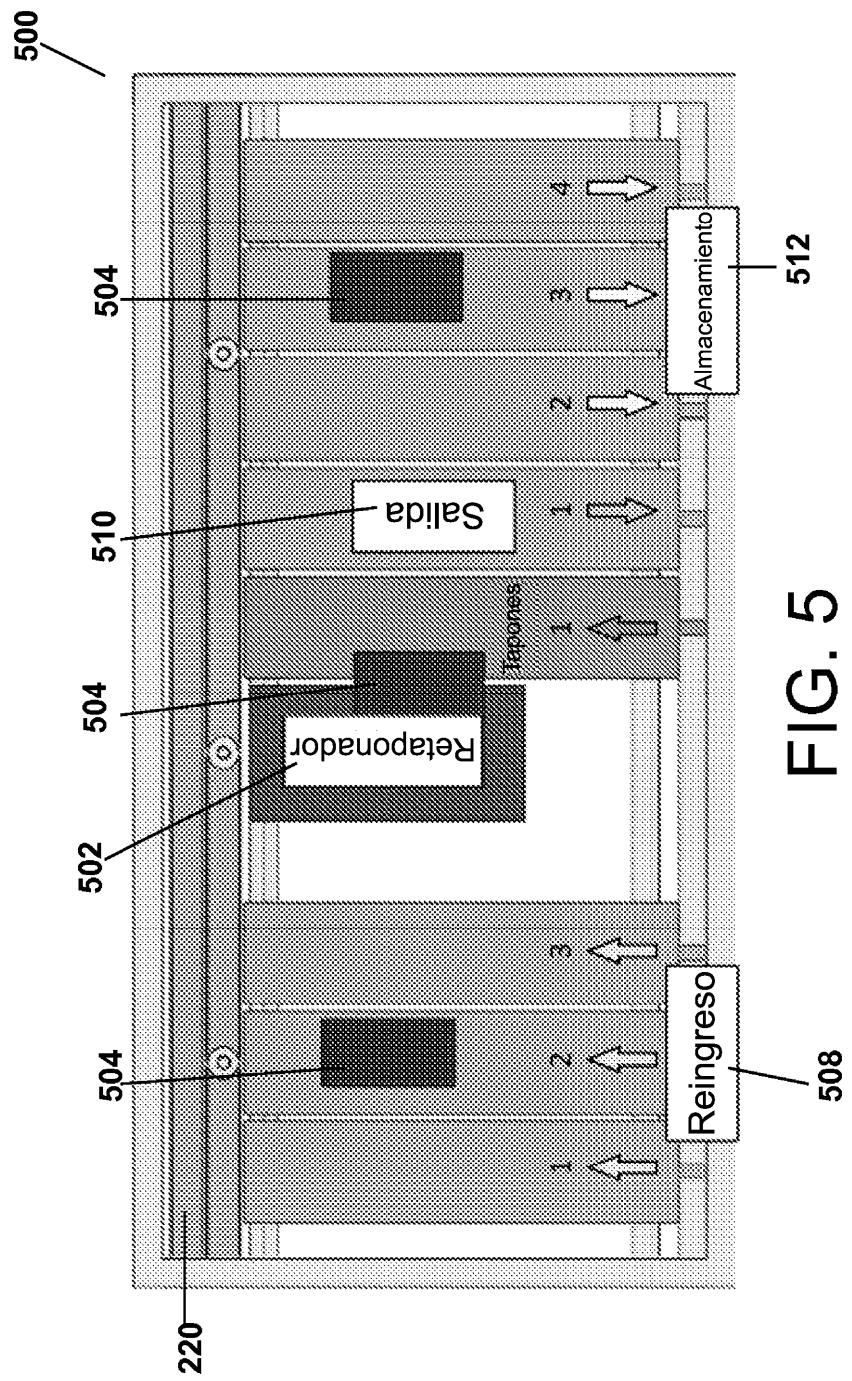


FIG. 5

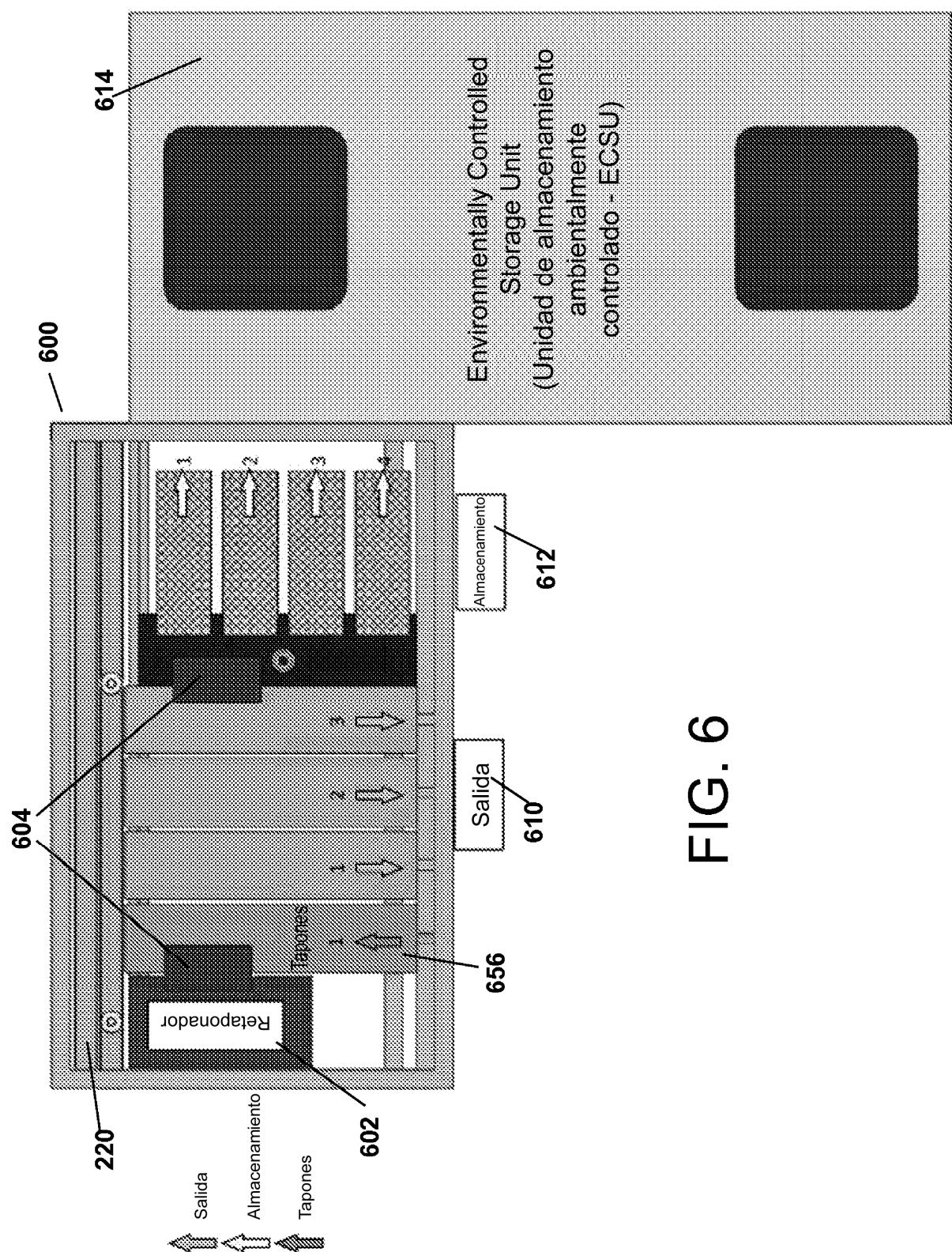


FIG. 6

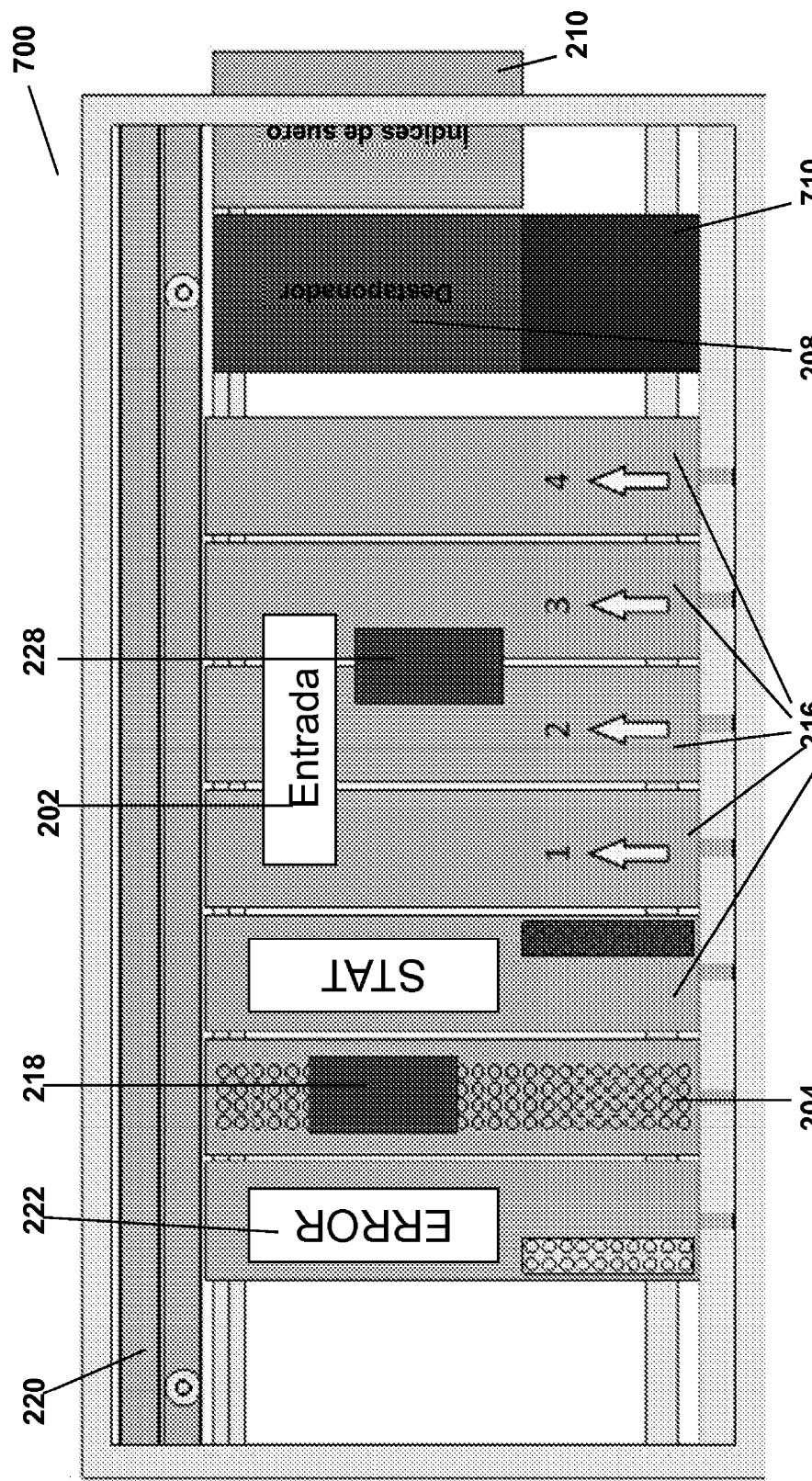


FIG. 7(a)

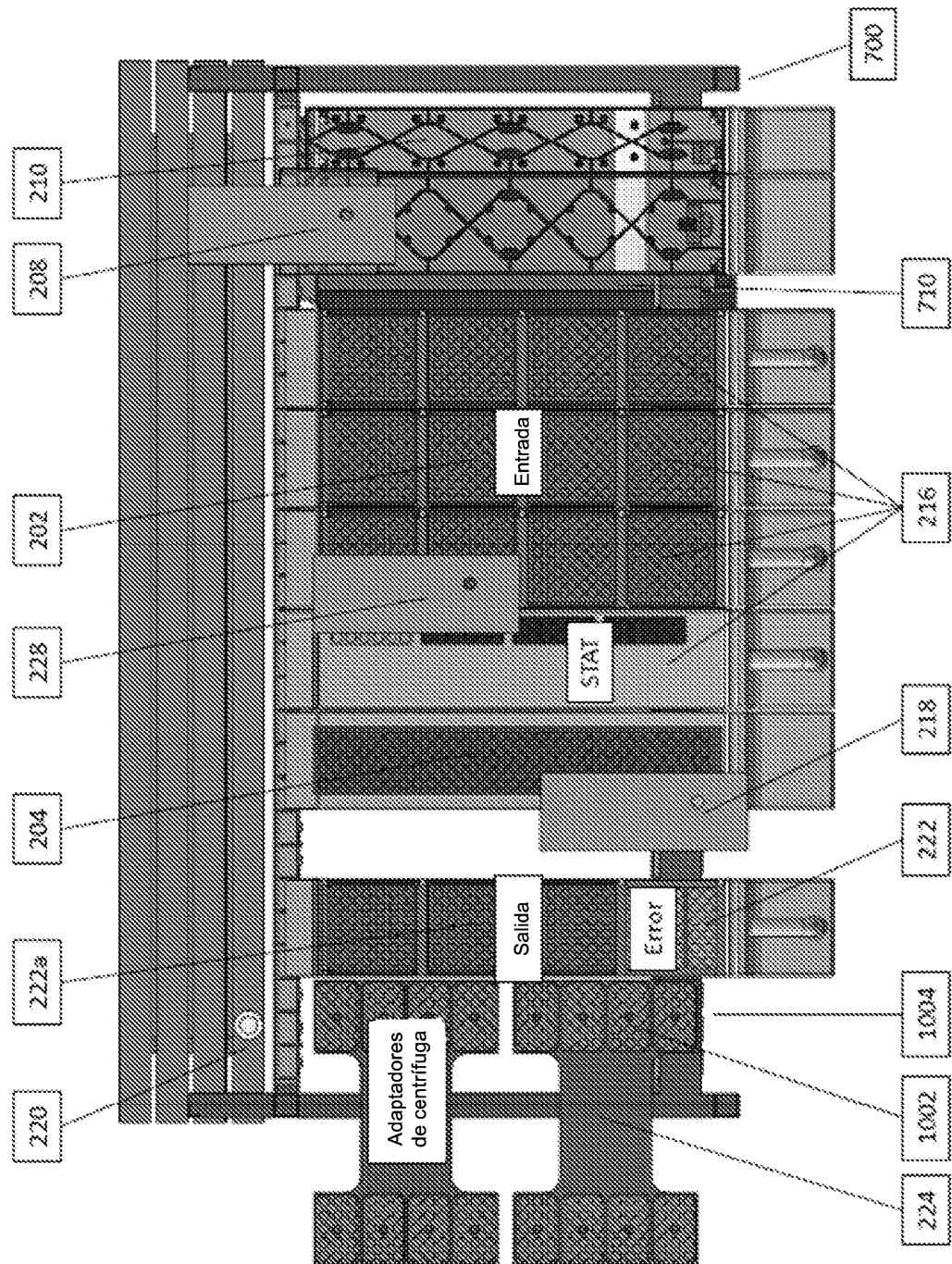


FIG. 7(b)

FIG. 8(a)

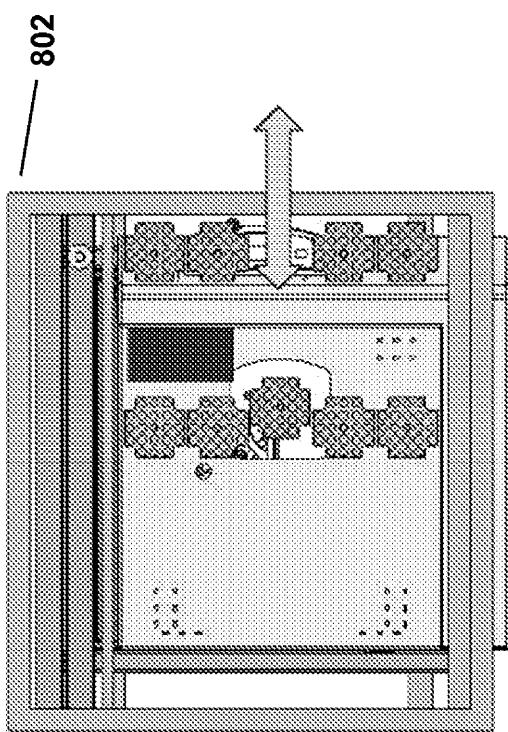


FIG. 8(b)

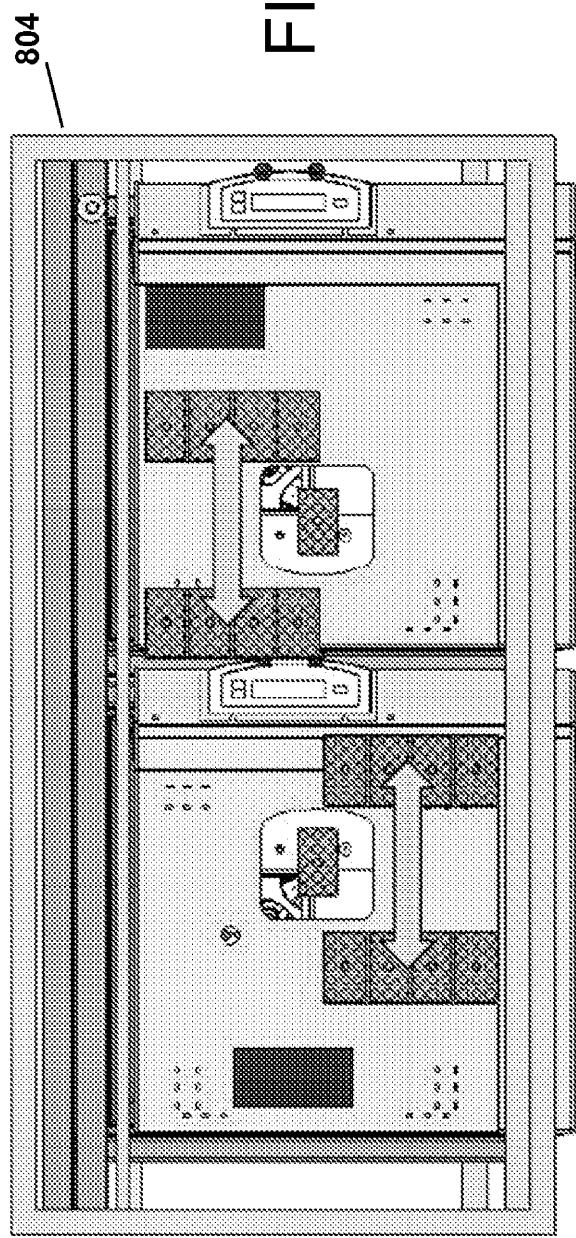
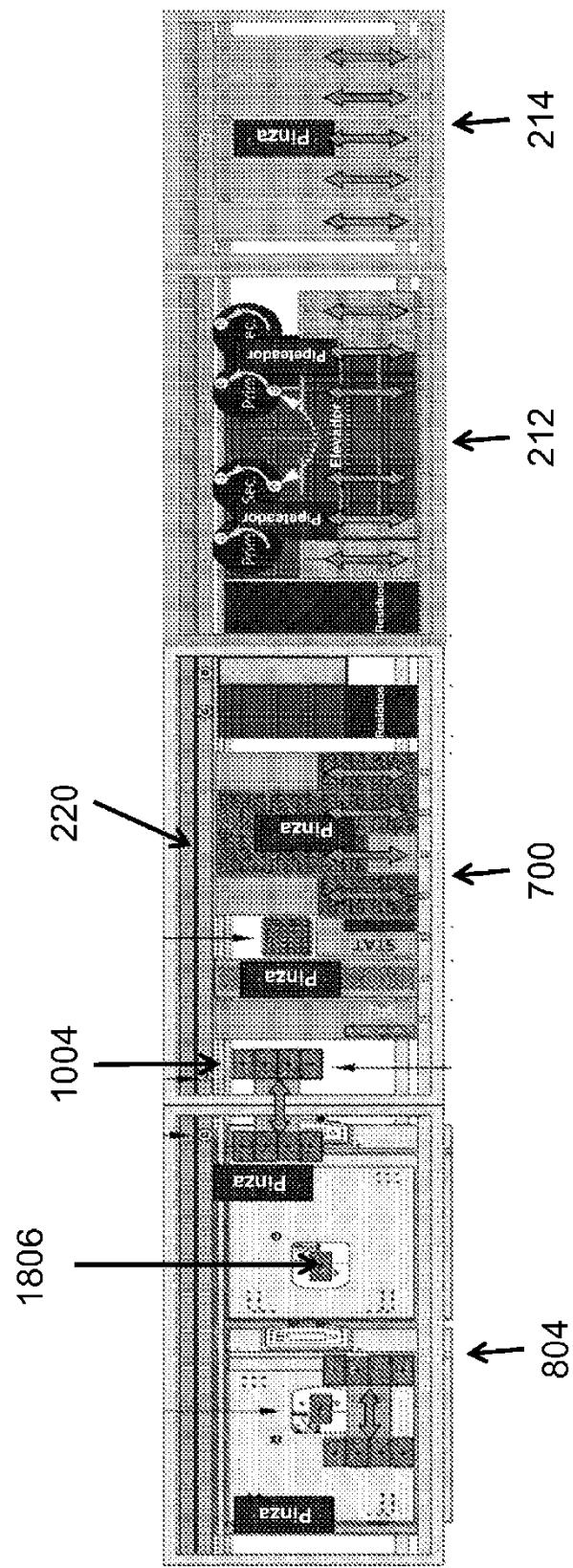


FIG. 9



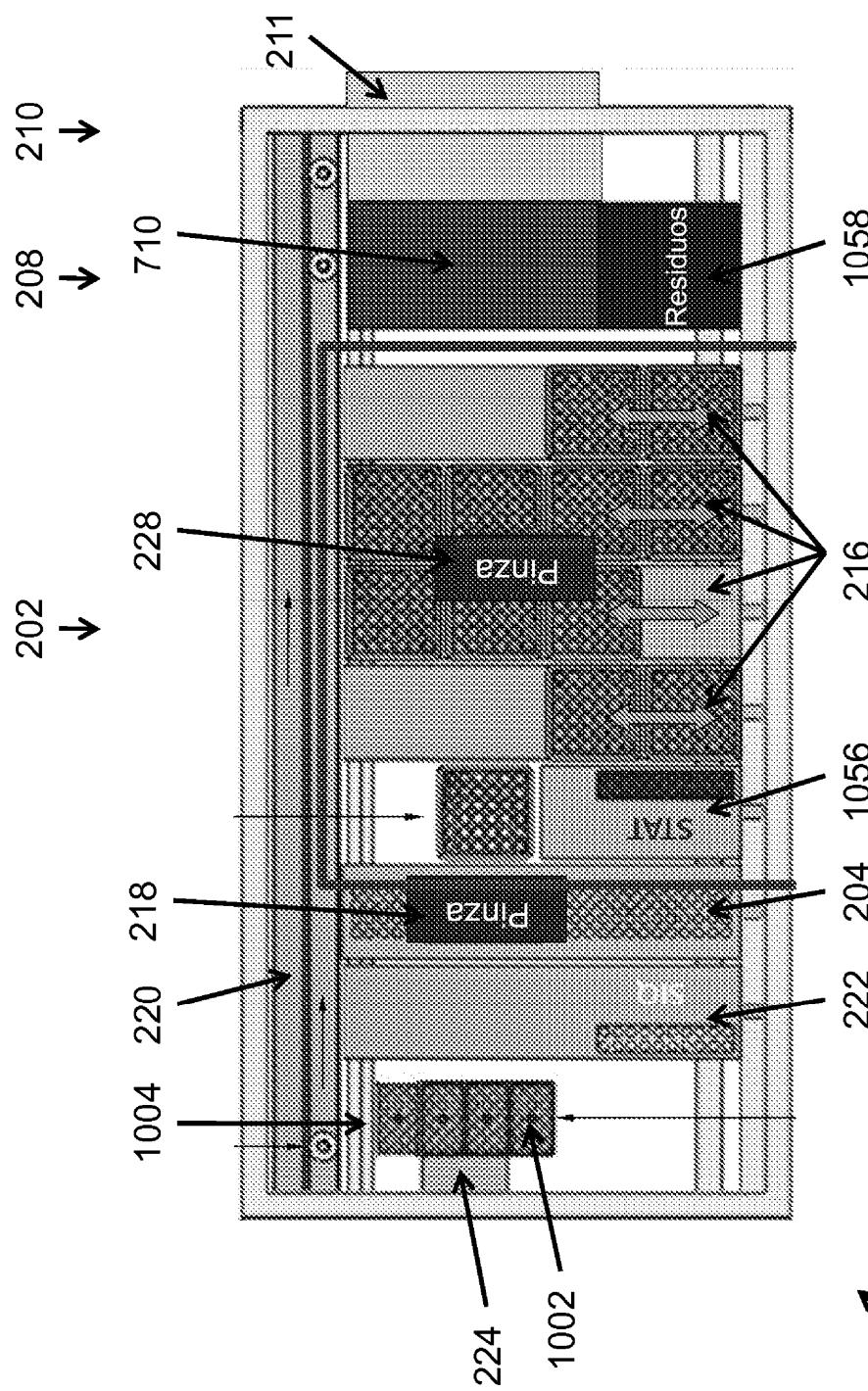


FIG. 10

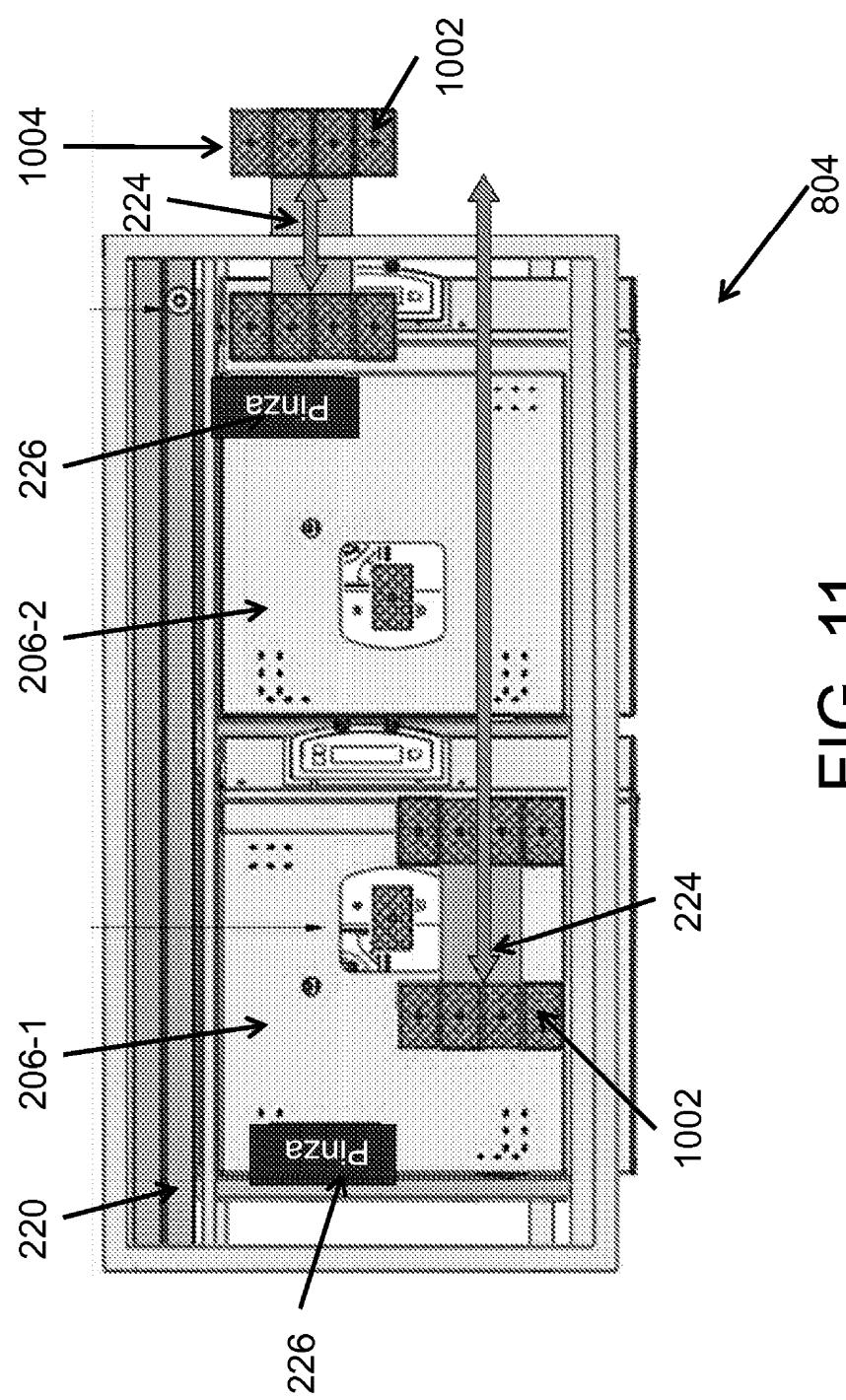


FIG. 11

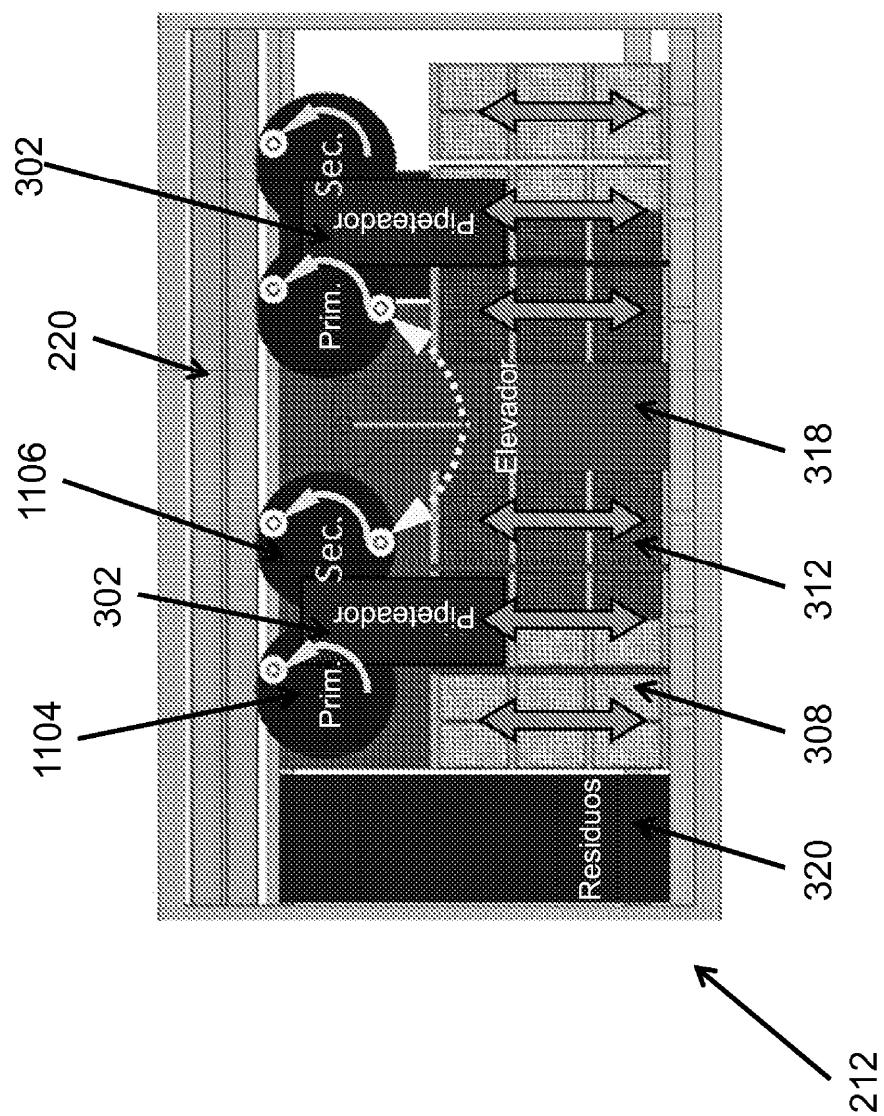
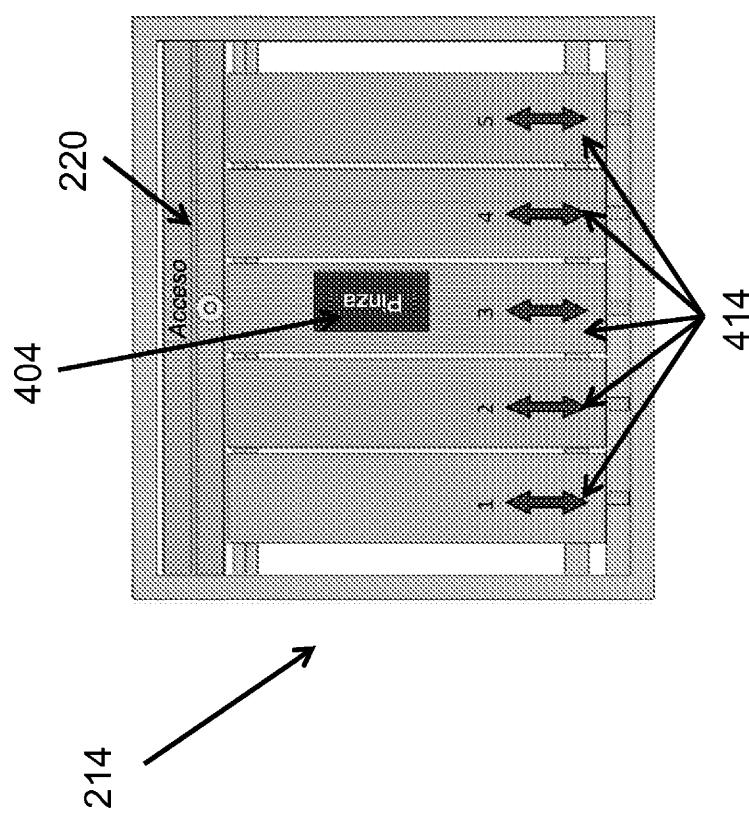
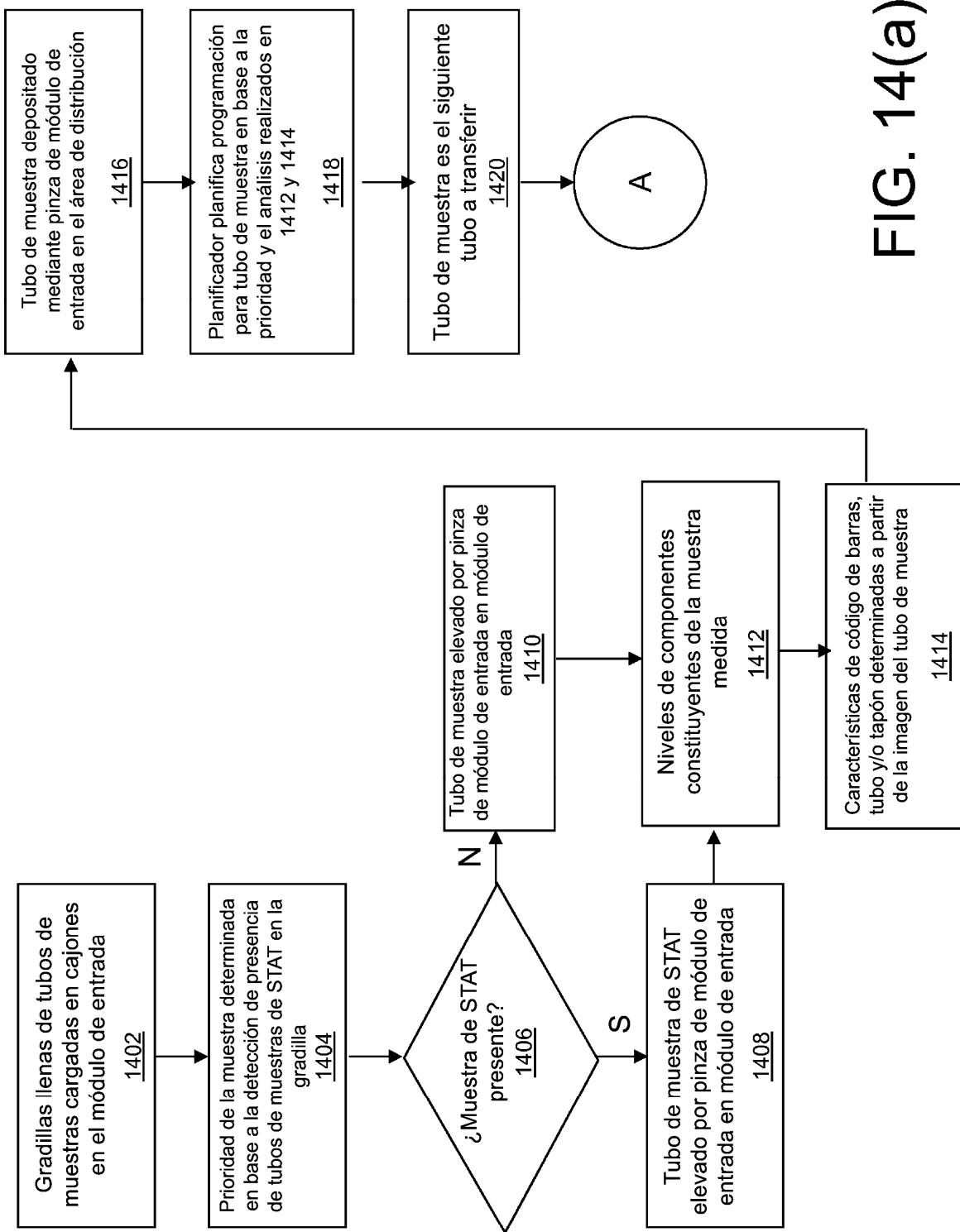


FIG. 12

FIG. 13





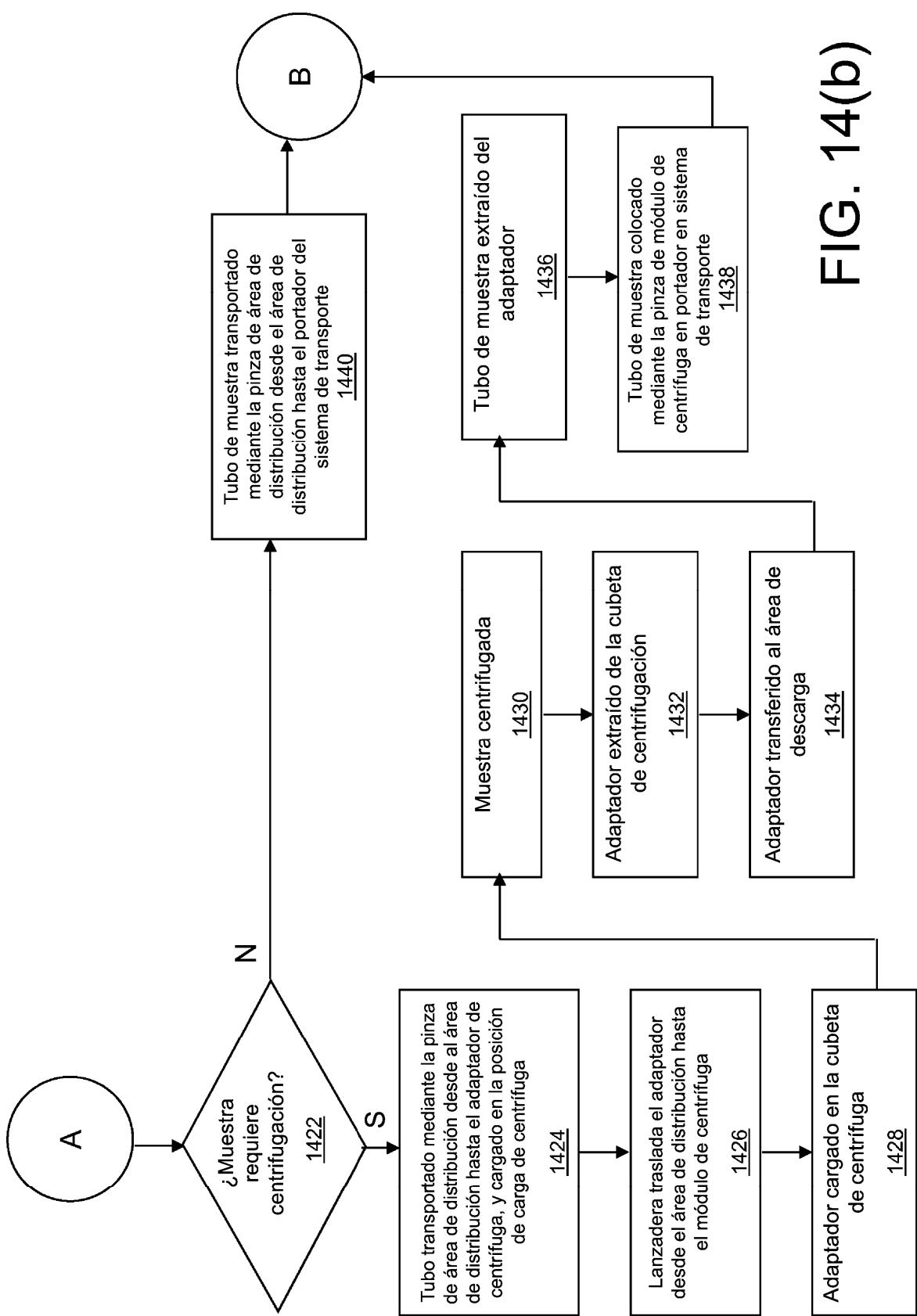
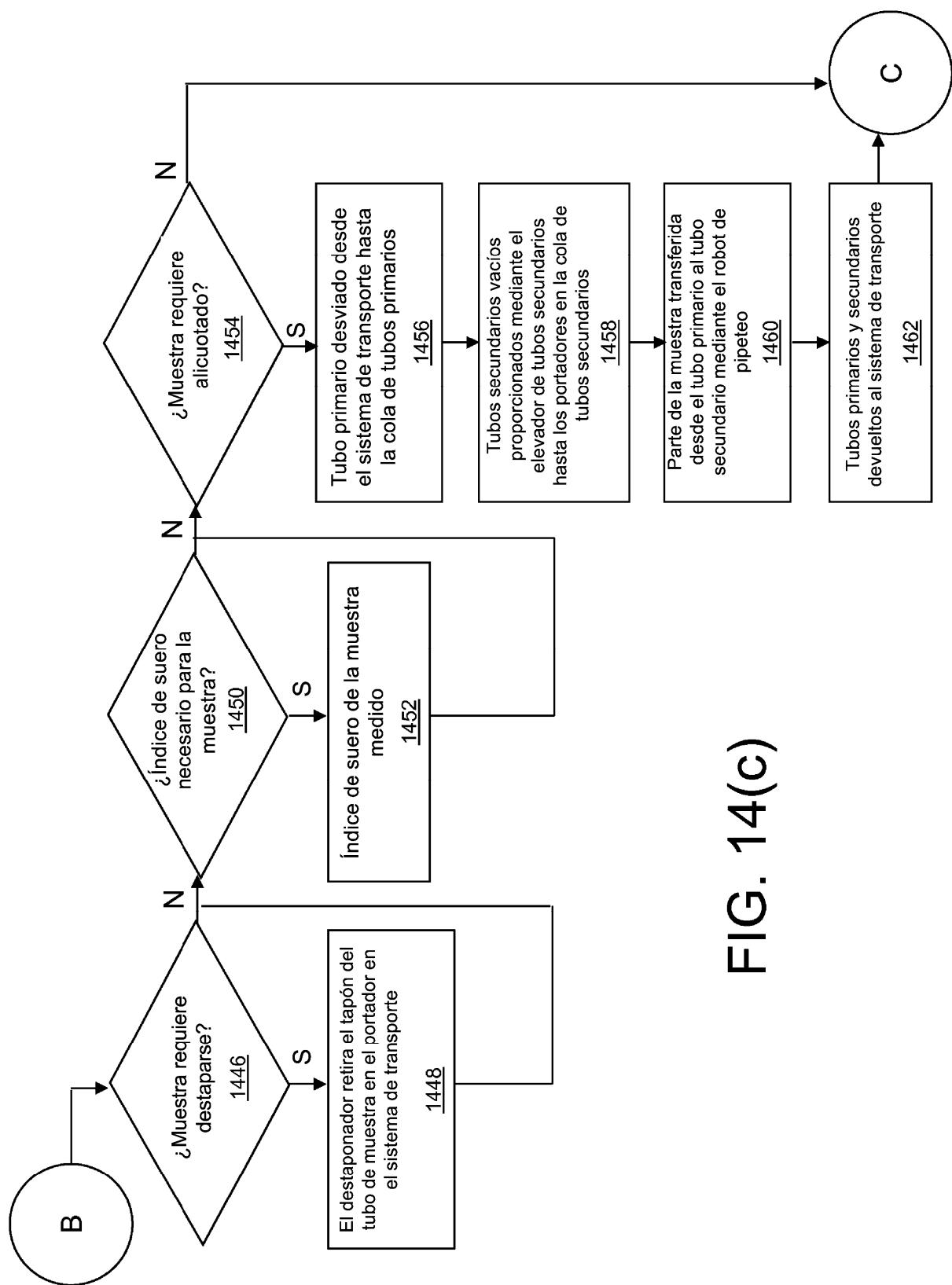


FIG. 14(b)



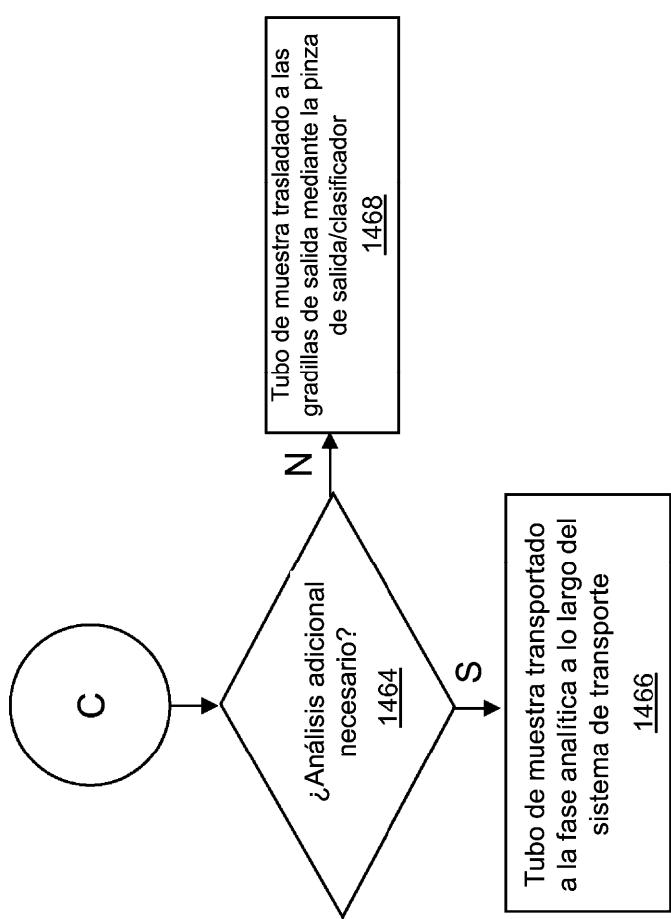


FIG. 14(d)

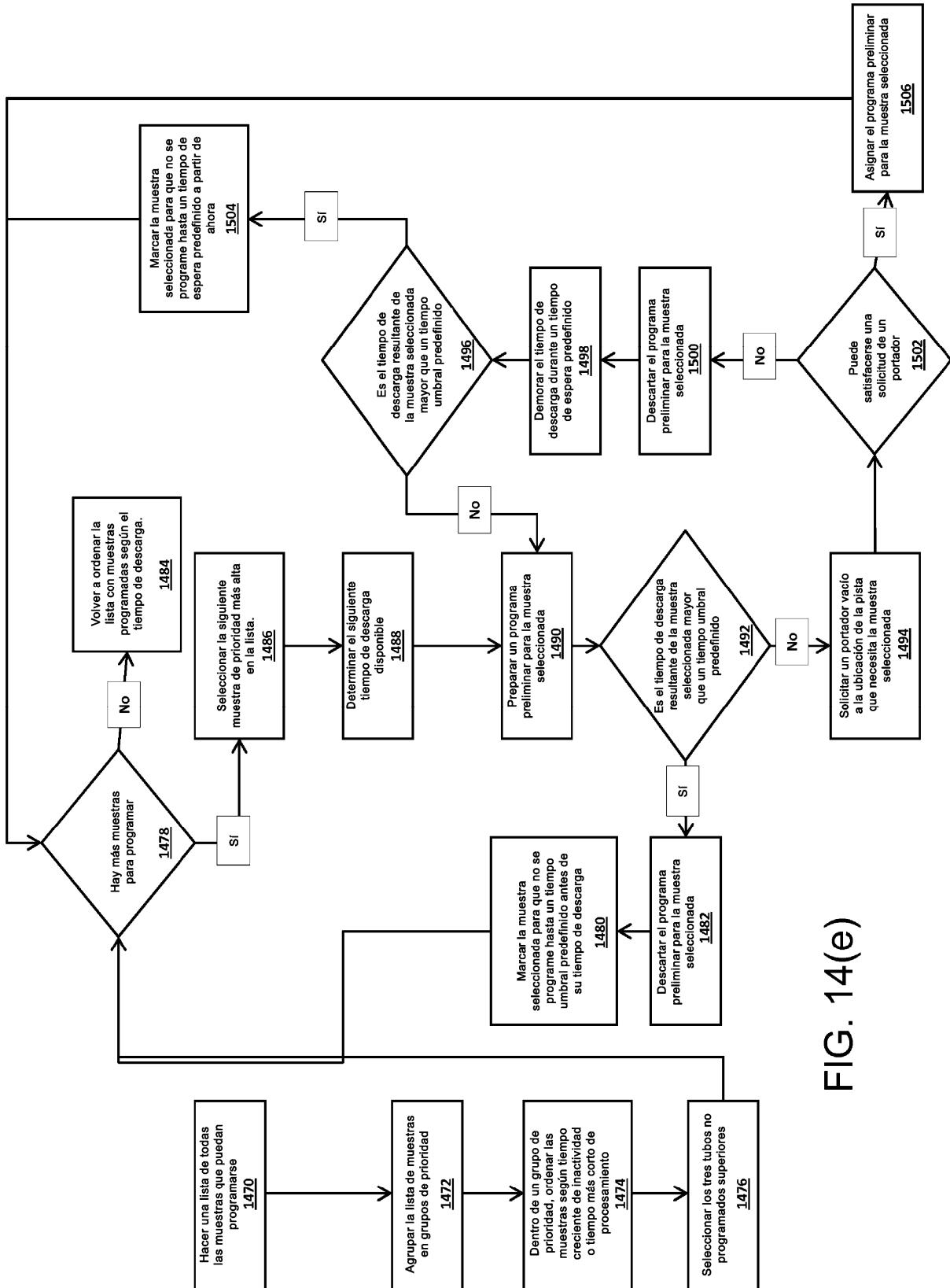


FIG. 14(e)

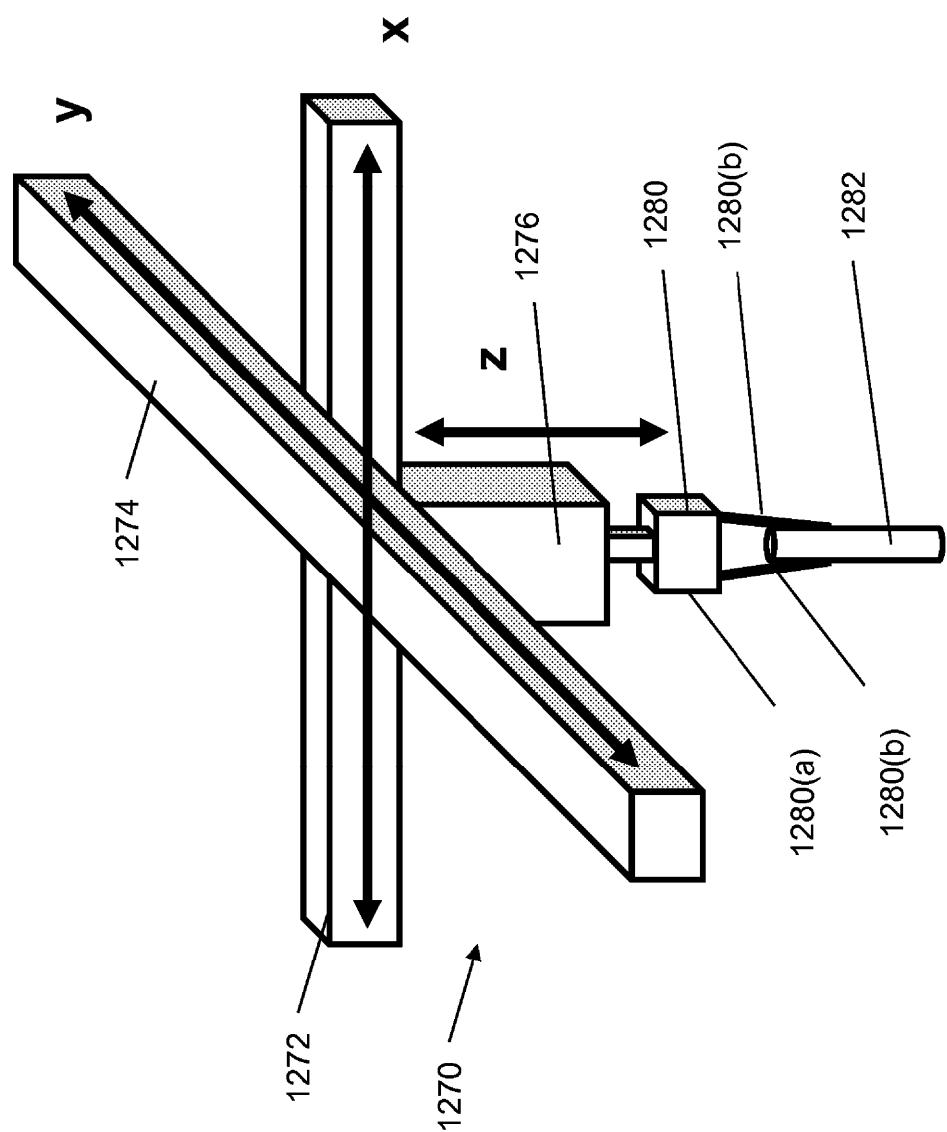
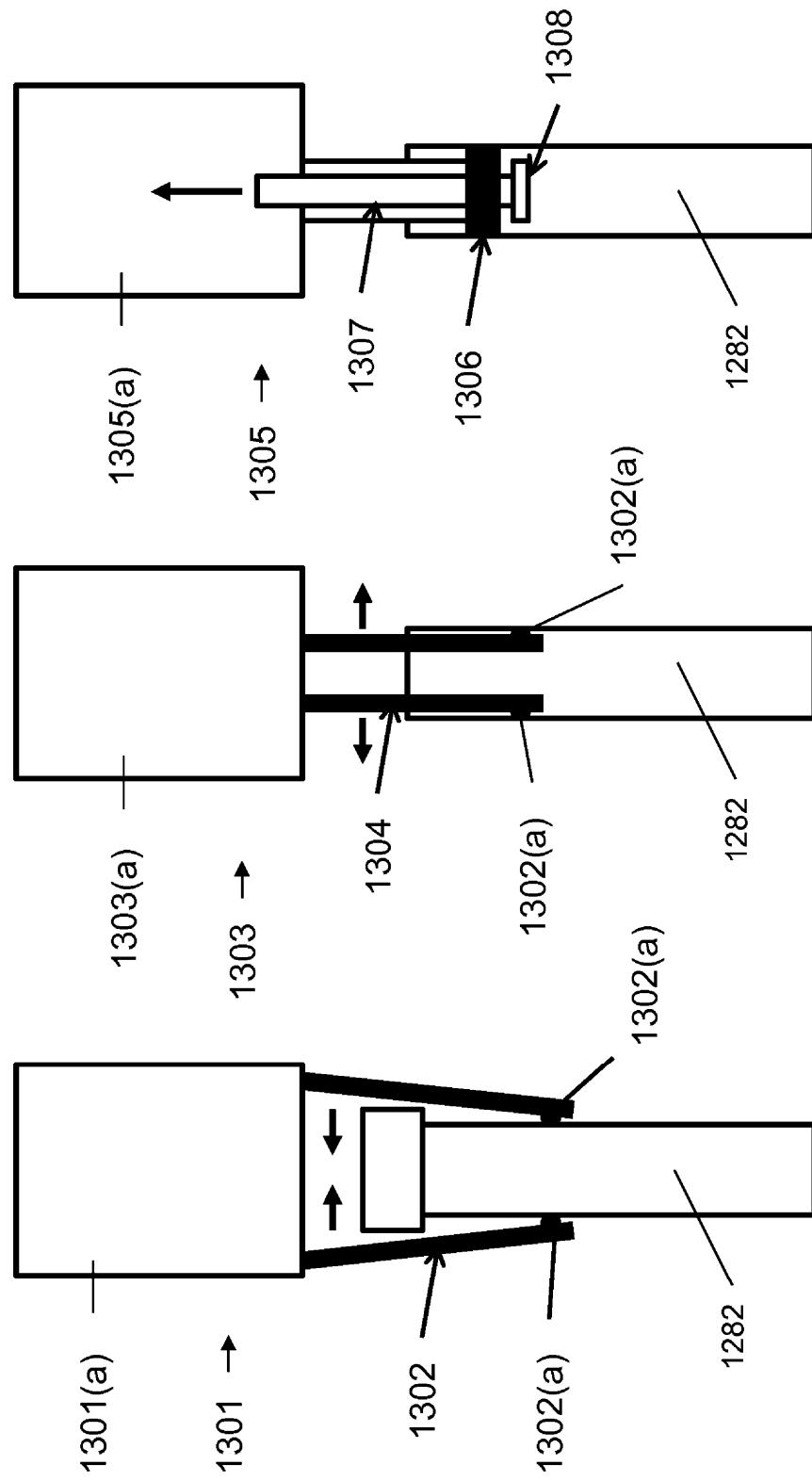


FIG. 15



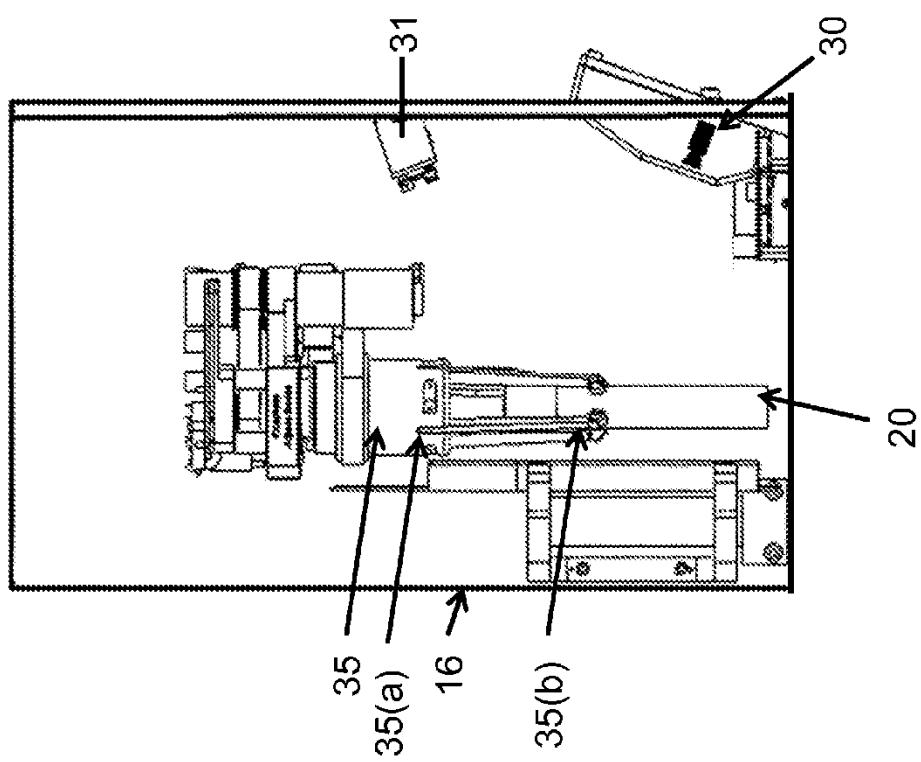
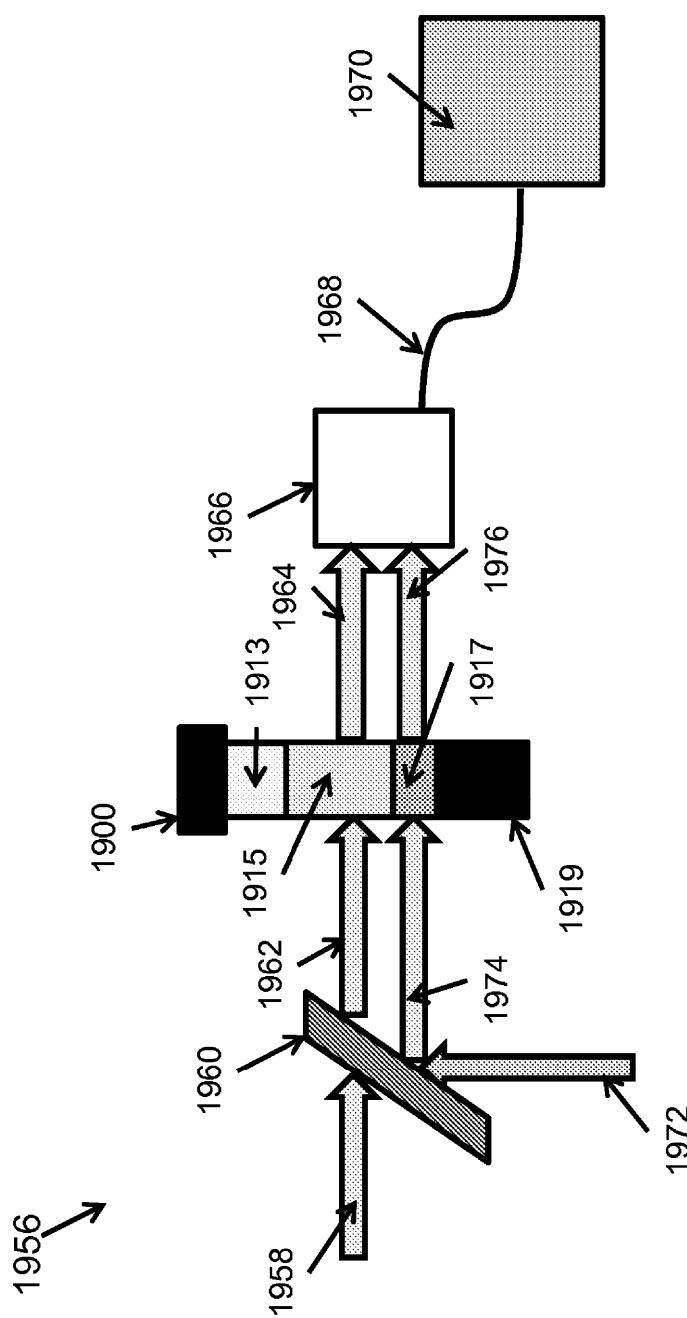


FIG. 17

FIG. 18



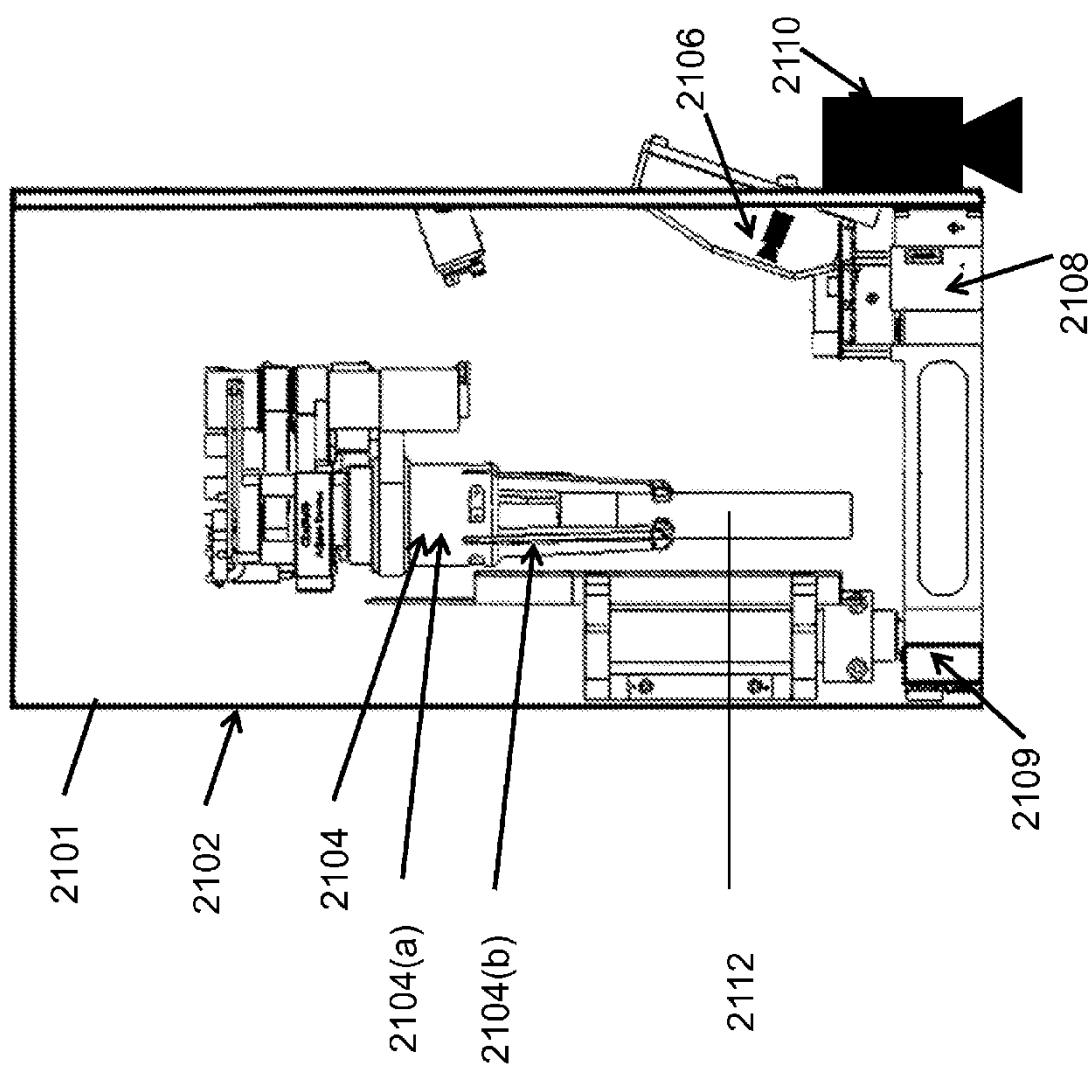


FIG. 19

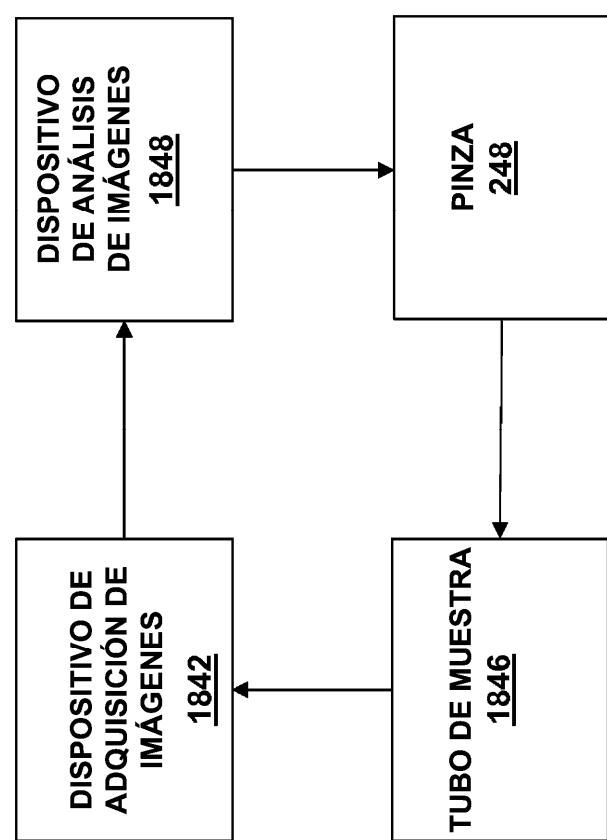


FIG. 20

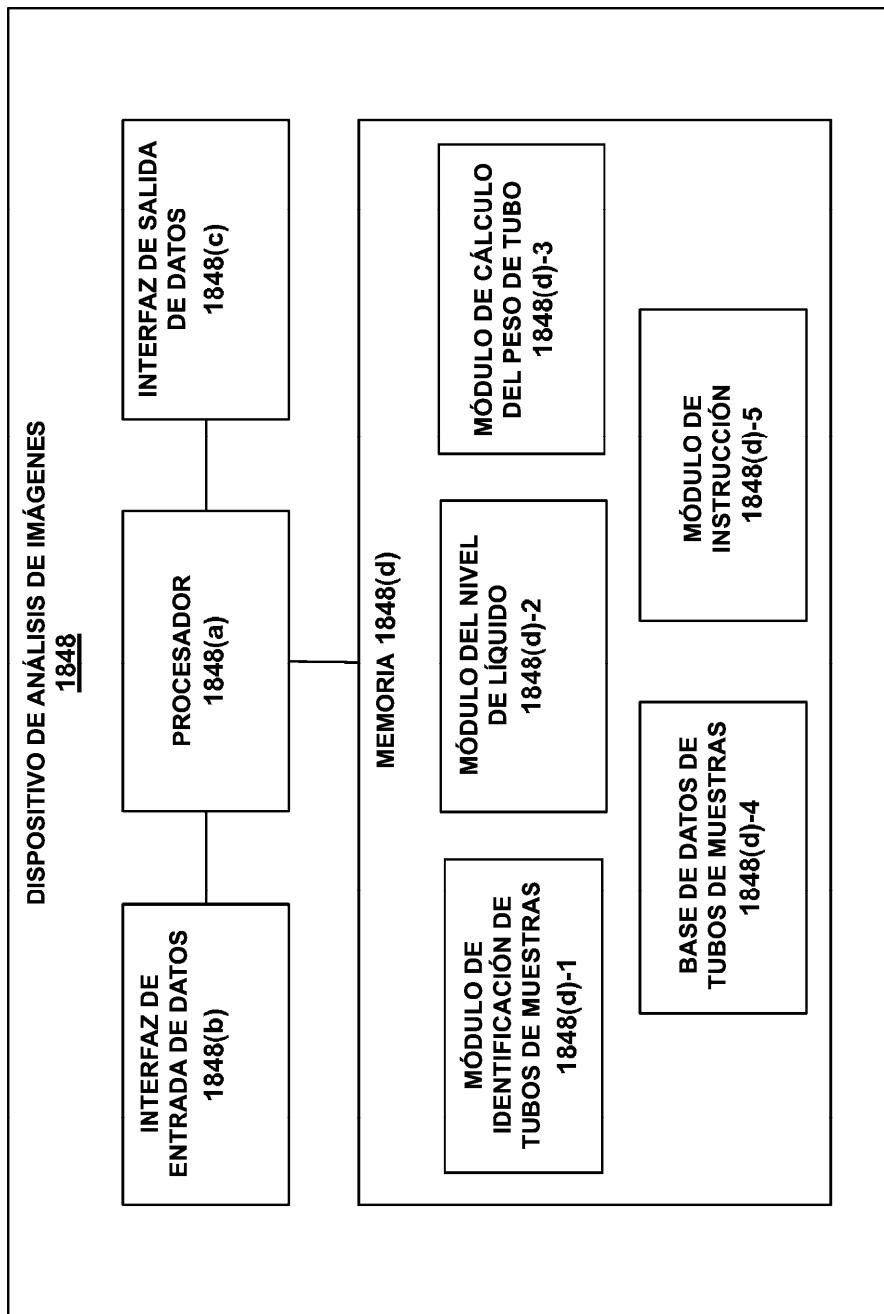


FIG. 21

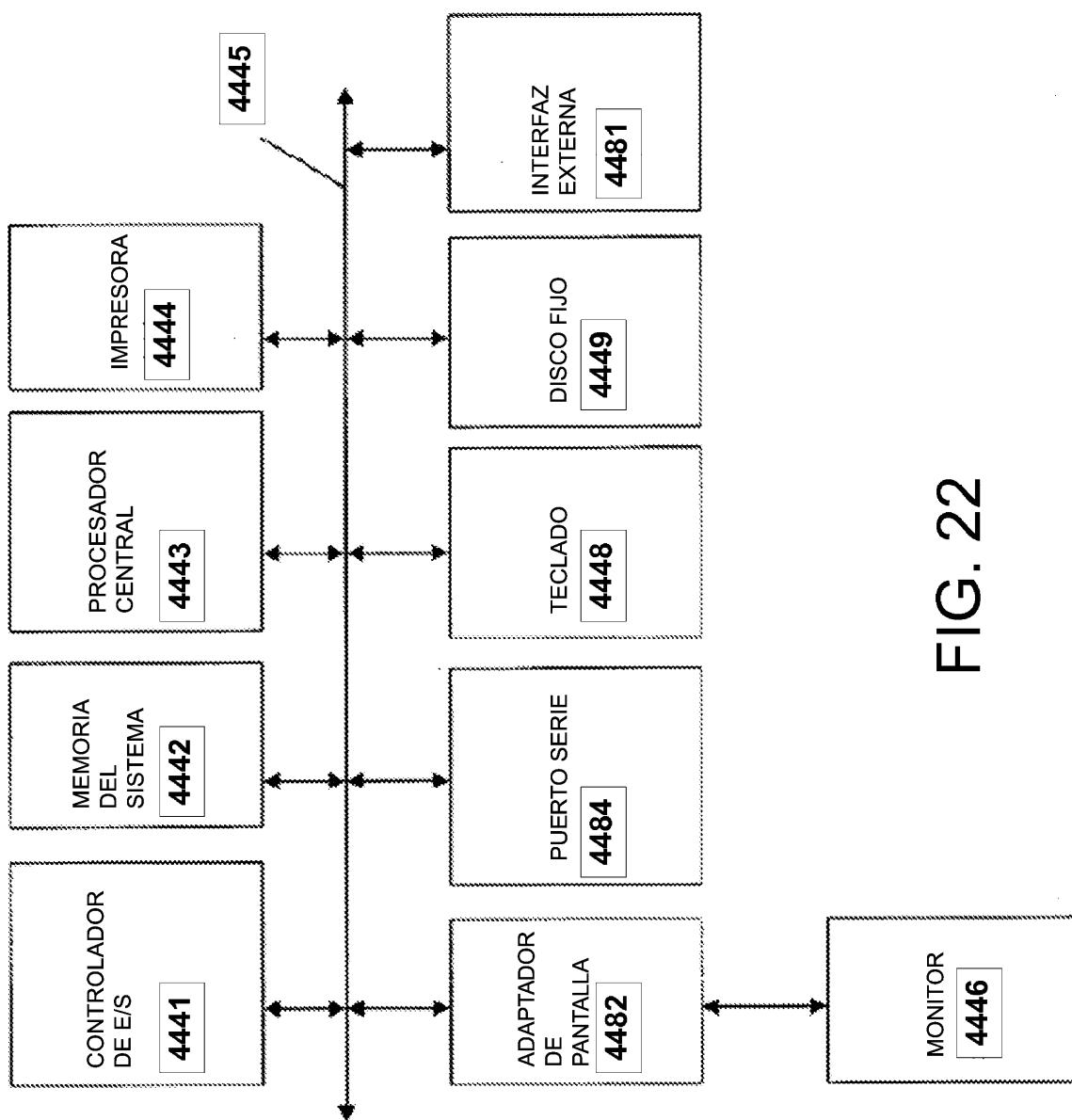


FIG. 22