

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 926 698**

51 Int. Cl.:

F25D 3/11 (2006.01)

F25D 29/00 (2006.01)

F25D 25/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.03.2016 PCT/US2016/025002**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.10.2016 WO16160984**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.03.2016 E 16715743 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.05.2022 EP 3278041**

54 Título: **Sistema de almacenamiento criogénico automatizado**

30 Prioridad:

30.03.2015 US 201562140157 P

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

27.10.2022

73 Titular/es:

**AZENTA, INC. (100.0%)
15 Elisabeth Drive, Building 11
Chelmsford, MA 01824, US**

72 Inventor/es:

**CAVENEY, ROBERT T.;
HUNT, FRANK;
SUN, LINGCHEN;
WARHURST, JULIAN D.;
ZANDI, BRUCE S. y
BONORA, ANTHONY C.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 926 698 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de almacenamiento criogénico automatizado

5 Antecedentes

10 La criopreservación es un proceso esencial para mantener la integridad de las sustancias biológicas durante largos períodos de almacenamiento. A temperaturas suficientemente bajas, todos los procesos químicos y las funciones biológicas de estas sustancias se detienen de forma efectiva, lo que permite almacenarlas de forma segura durante casi cualquier periodo de tiempo. Un congelador de almacenamiento criogénico permite dicho almacenamiento proporcionando un entorno criogénico aislado y controlado para acomodar una serie de muestras biológicas o de otro tipo. En los congeladores de almacenamiento típicos, las muestras se cargan en estanterías o bandejas, cada una de las cuales contiene varias muestras. Los estantes o bandejas se extraen manualmente del entorno criogénico del congelador, presentando el estante o la bandeja a un usuario para que retire las muestras o las añada al congelador de almacenamiento.

15 Los documentos EP 2 492 663 A2, US 2003/233842 A1, US 5 921 102 A, US 2012/134898 A1 divulgan sistemas de almacenamiento criogénico del arte previo. El documento EP 3 272 324 A1 divulga un sistema de almacenamiento criogénico de acuerdo con el Art. 54(3) EPC.

20 Breve descripción de la invención

25 Las realizaciones de ejemplo de la divulgación proporcionan un sistema de almacenamiento criogénico que comprende un congelador y un sistema de recuperación automatizado. El congelador almacena una pluralidad de estantes de muestras en un entorno criogénico, e incluye una puerta que permite el acceso al entorno criogénico a través de un puerto en la parte superior del congelador. El sistema de recuperación incluye un sistema de accionamiento, un manguito aislante y un tirador de estante. El sistema de accionamiento puede estar montado en la parte superior del congelador, y funciona para girar los estantes de muestras para alinear uno de los estantes de muestras seleccionados con el puerto. El manguito aislante aloja el estante de muestras seleccionado por encima del puerto, e incluye un puerto de manguito para permitir que un usuario acceda a una caja de muestras seleccionada desde el estante de muestras. El tirador de estante puede estar montado en la parte superior del congelador y opera para enganchar el estante de muestras seleccionado para elevar el estante a través del puerto de congelador y dentro del manguito aislante.

35 De acuerdo con la invención, el congelador puede incluir además un portaestantes configurado para suspender cada una de la pluralidad de estantes de muestras por una porción superior de estante respectiva. El portador de estantes puede incluir un montaje de estante que tiene múltiples aberturas, el montaje de estante que suspende cada uno de la pluralidad de estantes de muestras en uno respectivo de la pluralidad de aberturas. Cada una de las aberturas puede incluir una guía que se extiende verticalmente desde una superficie superior del montaje del estante, la guía adaptada para centrar un estante de muestras respectivo dentro de la abertura. El sistema de accionamiento puede engancharse a un árbol para hacer girar el portaestantes. En tal configuración, el portaestantes puede incluir además un montaje de estante, el árbol que suspende el portaestantes sustancialmente a través del montaje de estante. El portaestantes también puede incluir una pluralidad de rieles, cada uno de los cuales está situado junto a uno de los estantes de muestras.

45 En otras realizaciones, cada una de la pluralidad de estantes puede incluir una placa de guía en una porción superior del estante, la placa de guía incluye al menos una formación para engancharse con el tirador de estante. El sistema de extracción también puede incluir un accionador para abrir y cerrar automáticamente la puerta. El sistema puede incluir además un montaje configurado para montar uno o ambos manguitos aislantes y el tirador de estante en la porción superior del congelador. El montaje puede permitir que el manguito aislante sea reposicionado manualmente lejos del puerto para permitir el acceso manual a la pluralidad de estantes de muestras. La montura puede incluir además una liberación manual que permite el reposicionamiento manual independientemente de un estado de alimentación del sistema de extracción.

50 De acuerdo con la invención, el tirador de estante opera para elevar el estante de muestras seleccionado a una posición que alinea la caja de muestra seleccionada con el puerto de manguito. El manguito aislante también puede impedir el acceso a otras cajas de muestras del estante de muestras seleccionado cuando la caja de muestras seleccionada está alineada con el puerto de manguito. El manguito aislante puede incluir además una entrada para canalizar un gas expelente hacia el manguito aislante. El sistema de extracción puede canalizar el gas expelente dentro del manguito aislante antes de elevar el estante de muestras seleccionado dentro del manguito aislante.

60 En otras realizaciones, el sistema puede incluir un transportador que opera para mover automáticamente el manguito aislante y el tirador de estante hacia el puerto. El manguito aislante y el tirador de estante pueden montarse en la superficie superior del congelador mediante el transportador. Además, el congelador puede ser un recipiente criogénico refrigerado por líquido y aislado al vacío.

65 La invención también se dirige a un método de almacenamiento criogénico. Una pluralidad de estantes de muestras se almacena en un congelador que mantiene un entorno criogénico. Los estantes de muestras se giran automáticamente

para alinear uno de los estantes de muestras seleccionado con un puerto a través de una parte superior del congelador. Una puerta correspondiente al puerto se abre automáticamente, y los estantes de muestras seleccionados se enganchan automáticamente mediante un dispositivo de agarre. El estante de muestras seleccionado se eleva automáticamente, mediante el dispositivo de agarre, a través del puerto y de un manguito aislante externo al congelador. Una caja de muestras seleccionada del estante de muestras seleccionado se alinea automáticamente con un puerto de manguito aislante para permitir que un usuario acceda a la caja de muestras seleccionada.

Otras realizaciones más pueden incluir un método de recuperación de muestras de un entorno criogénico. Se puede mantener un ambiente no controlado dentro de un manguito aislante sobre un congelador. Un gas expelente puede ser canalizado dentro del manguito aislante. Un estante de muestras puede elevarse a través de un puerto del congelador en el manguito aislante para permitir el acceso a al menos una muestra en el estante a través de un puerto de manguito aislante. A continuación, el estante de muestras puede bajarse del manguito aislante al congelador. El manguito aislante puede montarse en una parte superior del congelador. Además, el ambiente no controlado puede ser reintroducido dentro del manguito aislante tras el descenso del estante de muestras.

De acuerdo con la invención, un dispositivo de almacenamiento criogénico puede comprender un congelador que contiene un entorno criogénico y un puerto que permite el acceso al entorno criogénico a través de una porción superior del congelador. Un portaestantes giratorio dentro del congelador incluye una pluralidad de características de montaje de estantes configurados para aceptar un estante de almacenamiento de muestras. El portaestantes asegura los estantes de almacenamiento de muestras mediante un miembro de interfaz acoplado a cada extremo superior de los estantes de almacenamiento de muestras. El portaestantes permite retirar manualmente los estantes de almacenamiento de muestras a través del puerto y el portaestantes puede ser reconfigurado para ser girado por un motor y permitir que los estantes de almacenamiento de muestras sean extraídos por un módulo de extracción acoplado al congelador. El congelador un rodamiento que tiene un miembro de rodamiento giratorio acoplado con el portaestantes y una pista estacionaria acoplada al congelador. Para la operación manual, el rodamiento está configurado para soportar el portaestantes cuando la pista estacionaria se acopla con el miembro de rodamiento giratorio. El congelador también incluye una interfaz de árbol que proporciona un árbol de accionamiento a través de al menos una porción del congelador. Para permitir la rotación automatizada, el árbol de accionamiento tiene una porción exterior configurada para ser acoplada a un motor y una porción interior acoplada al portaestantes. Para reconfigurar el congelador, el árbol de accionamiento permite la traslación vertical del soporte del estante para desacoplar el miembro giratorio de rodamiento de la pista estacionaria. El árbol de accionamiento está configurado para soportar el portaestantes cuando el miembro giratorio de rodamiento se desacopla de la pista estacionaria.

De acuerdo con la invención, los estantes de almacenamiento de muestras cuelgan de las características de montaje de estantes por los miembros intermedios. El acoplamiento de árbol de accionamiento con el motor puede levantar el rodamiento giratorio de la pista estacionaria y permite que el motor apoye y nivele el portaestantes mediante el árbol de accionamiento.

El dispositivo de almacenamiento criogénico puede incluir una configuración de rotación manual y una configuración de rotación automatizada en la que el portaestantes descansa sobre el rodamiento giratorio en la configuración de rotación manual y el portaestantes cuelga del árbol de accionamiento acoplado al motor en la configuración de rotación automatizada. El acoplamiento del árbol de accionamiento al motor levanta el portaestantes del rodamiento giratorio y hace que el dispositivo de almacenamiento criogénico configurable pase de la configuración de rotación manual a la configuración de rotación automática. En algunas realizaciones, en la configuración de rotación automatizada, el motor soporta el peso del portaestantes mediante el árbol de accionamiento. Las características de montaje de estante pueden estar acoplados al extremo interior del árbol de accionamiento, y las características de montaje de estante soportan el portaestantes.

En algunas realizaciones, el extremo exterior del árbol de accionamiento incluye roscas adaptadas para enroscar el árbol de accionamiento en las roscas correspondientes del ensamble de motor, y al enroscar el árbol de accionamiento en las roscas correspondientes del ensamble de motor se levanta el portaestantes del rodamiento.

En algunas realizaciones, el congelador incluye además un volumen de líquido criogénico con una porción inferior del portaestantes que se extiende dentro del volumen de líquido criogénico. Al estar la placa superior en contacto térmico con la porción inferior, las características de montaje de estantes conducen el calor al volumen de líquido criogénico y forman una masa térmica refrigerada por encima de los estantes de almacenamiento de muestras.

En algunas realizaciones, cada uno de los miembros de la interfaz incluye orificios pasantes adaptados para aceptar pasadores de localización, los orificios pasantes que permiten que cualquier escarba en el miembro de la interfaz sea empujada a través de los orificios pasantes por los pasadores de localización.

En algunas realizaciones, el rodamiento giratorio puede ser un rodamiento esférico que comprende una característica esférica y una superficie de rodadura correspondiente que rodea una parte de la superficie de la característica esférica, la característica esférica puede estar integrada en el árbol de accionamiento y la superficie de rodadura correspondiente puede estar acoplada al congelador, y el acoplamiento del árbol de accionamiento al motor levanta y separa la característica esférica de la superficie de rodadura correspondiente.

5 En algunas realizaciones, una superficie exterior de la porción superior del congelador incluye puntos de montaje adaptados para asegurar el motor al congelador. Las características de montaje soportan el peso del motor y del portaestantes cuando el dispositivo de almacenamiento criogénico configurable está en la configuración automatizada. Los puntos de montaje pueden permitir la nivelación del motor y del portaestantes.

10 En algunas realizaciones una superficie exterior de la porción superior del congelador incluye al menos una característica de montaje adaptada para asegurar un módulo de extracción, el módulo de extracción está configurado para acceder al congelador y enganchar uno seleccionado de la pluralidad de estantes de almacenamiento de muestras en el portaestantes mediante el miembro de interfaz y elevar el seleccionado de los estantes de almacenamiento de muestras a través de la puerta y dentro del módulo de extracción.

15 En algunas realizaciones, cada miembro de interfaz incluye tres pasadores de localización que sobresalen de al menos dos lados opuestos del miembro de interfaz, y cada característica de montaje en estante, que puede estar integrada en una placa superior comprende además ranuras correspondientes adaptadas para aceptar cada pasador de localización del miembro de interfaz. En algunas realizaciones, cada abertura correspondiente de la pluralidad de características de montaje de estante incluye aletas de guía que rodean la abertura correspondiente para guiar un extremo inferior de una de la pluralidad de estantes de almacenamiento de muestras cuando el estante de almacenamiento de muestras se baja a través de las características de montaje de estante o las aberturas correspondientes en la placa superior que tiene las características de montaje de estante. En algunas realizaciones, las aletas de guía que rodean cada abertura correspondiente incluyen las ranuras correspondientes. Cuando se aceptan, los tres pasadores de localización y las ranuras correspondientes restringen el miembro de interfaz y el estante de almacenamiento de muestras unido en tres dimensiones.

25 Otra realización de ejemplo de la presente invención es un dispositivo de almacenamiento criogénico que tiene un congelador y una puerta que permite el acceso al entorno criogénico a través de una porción superior del congelador. El congelador incluye un rodamiento giratorio y una interfaz de árbol que proporciona un árbol de accionamiento a través del congelador, el árbol de accionamiento tiene un extremo exterior adaptado para ser acoplado a un motor y un extremo interior dentro del congelador, un volumen de fluido criogénico dentro del congelador, el volumen de fluido criogénico que se agrupa en una superficie inferior del interior del congelador, y un portaestantes posicionado dentro del congelador que sostiene una pluralidad de estantes de almacenamiento de muestras. El portaestantes incluye una placa superior con una pluralidad de elementos de montaje de estante, con cada uno de los elementos de montaje de estante adaptados para aceptar un estante de almacenamiento de muestras a través de una abertura correspondiente en la placa superior. Una porción inferior del portaestantes se extiende dentro del volumen de líquido criogénico. La placa superior está en contacto térmico con el líquido criogénico a través de la porción inferior del portaestantes y la placa superior conduce el calor al volumen de líquido criogénico para formar una masa térmica por encima de los estantes de almacenamiento de muestras.

40 En algunas realizaciones, el árbol de accionamiento incluye un extremo roscado, y el levantamiento del portaestantes del rodamiento giratorio utilizando el árbol de accionamiento puede incluir el roscado del extremo roscado del árbol de accionamiento en las roscas correspondientes del conjunto del motor, levantando así el portaestantes del rodamiento giratorio. El enroscado del extremo roscado del árbol de accionamiento en el ensamble de motor puede incluir la rotación manual del portaestantes a través de una puerta en la parte superior del congelador.

45 Otras realizaciones incluyen un dispositivo para engancharse a un estante de muestras, que comprende un soporte, un módulo de agarre y un árbol que se extiende entre el soporte y el módulo de agarre. El soporte puede estar configurado para acoplarse a un sistema de extracción automatizado, y el módulo de agarre puede estar configurado para engancharse a una superficie de montaje de un estante de muestras. El dispositivo también puede incluir al menos un desviador de humedad configurado para dirigir la humedad lejos del módulo de agarre. El módulo de agarre puede incluir además un retén configurado para bloquearse selectivamente con la superficie de montaje, y el retén puede estar configurado para ser controlado mediante la rotación de una varilla situada dentro del árbol. Un sello puede abarcar la varilla en una ubicación dentro del árbol y adyacente a una porción superior del módulo de agarre. El desviador de humedad incluye un escudo de goteo que incluye hojas anguladas configuradas para dirigir la humedad lejos de un lado inferior del módulo de agarre. El módulo de agarre también puede incluir al menos un pasador espaciador que se extiende hacia abajo desde una superficie inferior del módulo de agarre, donde el pasador espaciador está configurado para entrar en contacto con la superficie de montaje del estante de muestras cuando el módulo de agarre se acopla con la superficie de montaje.

60 Otras realizaciones incluyen un método de acoplamiento con un estante de muestras. Un módulo de agarre se baja hacia una superficie de montaje de un estante de muestras hasta que un espaciador del módulo de agarre entra en contacto con la superficie de montaje, estando una superficie inferior del módulo de agarre aislada de la superficie de montaje. A continuación, el módulo de agarre se engancha para encajar con la superficie de montaje. El módulo de agarre, con el estante de muestras, puede entonces elevarse. El espaciador puede incluir un pasador espaciador.

Breve descripción de los dibujos

65 Lo anterior se desprende de la siguiente descripción más particular de las realizaciones de ejemplo de la invención, como se ilustra en los dibujos adjuntos en los que los caracteres de referencia similares se refieren a las mismas partes en las

diferentes vistas. Los dibujos no están necesariamente a escala, sino que se hace hincapié en la ilustración de las realizaciones de la presente invención.

- 5 La FIG. 1 es una ilustración de un dispositivo de almacenamiento criogénico configurable de acuerdo con aspectos de la realización divulgada.
 Las FIGS. 2A-B son ilustraciones de un congelador de almacenamiento criogénico de acuerdo con aspectos de la realización divulgada.
 La FIG. 3 es una ilustración en corte de un portaestantes y una placa superior de acuerdo con aspectos de la realización divulgada.
- 10 La FIG. 4 es una ilustración de un estante de almacenamiento con un miembro de interfaz unido de acuerdo con aspectos de la realización divulgada.
 Las FIGS. 5A-B son ilustraciones de un portaestantes y una placa superior con la placa superior asegurando una pluralidad de estantes de almacenamiento de muestras por sus respectivos miembros de interfaz de acuerdo con aspectos de la realización divulgada.
- 15 La FIG. 6 es una ilustración de la placa superior de y las características de montaje de estante integradas de la FIG. 5A mostrando la interfaz entre los pasadores de localización en los miembros de interfaz y los elementos de montaje de estante de acuerdo con aspectos de la realización divulgada.
 La FIG. 7 es una ilustración en sección transversal de un congelador de almacenamiento criogénico con un portaestantes acoplado a un árbol de accionamiento y un motor de acuerdo con aspectos de la realización divulgada.
- 20 La FIG. 8 es una vista isométrica de una sección transversal de un congelador de almacenamiento criogénico con un portaestantes configurado para la operación manual que no es conforme a la invención.
 La FIG. 9 es una ilustración del árbol de accionamiento de las FIGS. 7 y 8 de acuerdo con aspectos de la forma de realización divulgada.
 La FIG. 10 es una ilustración de un módulo de extracción que extrae un estante de almacenamiento de muestras de un congelador de acuerdo con aspectos de la realización divulgada.
- 25 Las FIGS. 11A-B son ilustraciones de un ensamble de agarre de un módulo de extracción que se conecta con un miembro de interfaz de un estante de almacenamiento de muestras de acuerdo con aspectos de la realización divulgada.
 Las FIGS. 12A-B son ilustraciones en sección transversal de un ensamble de agarre conectado a un miembro de interfaz de un estante de almacenamiento de muestras de acuerdo con aspectos de la realización divulgada.
- 30 Las FIGS. 13A-C son ilustraciones del retén de un ensamble de agarre que se conecta con un miembro de interfaz de acuerdo con aspectos de la realización divulgada. La FIG. 14 ilustra un dispositivo de agarre manual en una realización.
 La FIG. 15 ilustra un sistema de extracción automatizada en una realización.
 La FIG. 16 ilustra un sistema de accionamiento automatizado en una realización.
 La FIG. 17 ilustra una puerta de congelador operable con el sistema de accionamiento de la FIG. 16.
- 35 La FIG. 18 ilustra el ensamble del tirador de estante en una realización.
 Las FIGS. 19A-B ilustran un ensamble de agarre en una realización.
 Las FIGS. 20A-D ilustran un manguito aislante en una realización.
 Las FIGS. 21A-C ilustran un transportador y su operación en una realización.
 La FIG. 22 ilustra una porción de unión de un ensamble de transportador y tirador de estante.
- 40 Las FIGS. 23A-B ilustran la rotación del ensamble del tirador de estante para el acceso manual.
 La FIG. 24 es un diagrama de bloques de un sistema de almacenamiento criogénico automatizado que incluye un controlador en una realización.
 La FIG. 25 es un diagrama de flujo de un proceso de extracción de muestras de un sistema de almacenamiento criogénico automatizado en una realización.
- 45 Las FIGS. 26A-C ilustran congeladores criogénicos automatizados en otras realizaciones.
 Las FIGS. 27A-B ilustran una parte de un ensamble de motor para enganchar y bloquear con un árbol de accionamiento en una realización.
 Las FIGS. 28A-D ilustran un ensamble de agarre en otra realización.

Descripción detallada de la invención

50 A continuación, se describe un ejemplo de realización de la invención.

La FIG. 1 es una ilustración de un dispositivo de almacenamiento criogénico configurable de acuerdo con la invención.

- 55 La FIG. 1 muestra un dispositivo de almacenamiento criogénico configurable 100 que comprende un congelador 120 y un sistema de automatización 105 que tiene un módulo de extracción 110, un ensamble de motor de rotación 130 y una puerta de congelador 140 montada en el congelador 120. El congelador 120 incluye una cubierta de congelación 121 y una pared externa 123. En las realizaciones ilustradas, el congelador 120 es un recipiente cilíndrico; sin embargo, el congelador puede tener cualquier forma como, por ejemplo, una caja rectangular. En algunas realizaciones preferidas, el congelador 120 incluye una pared o carcasa externa separada de una pared o carcasa interna por un espacio aislado al vacío (por ejemplo, un recipiente Dewar). El exterior de la cubierta del congelador 121 incluye soportes de motor 139 que permiten la unión del ensamble de motor 130. Puertos de entrada y salida de refrigerante criogénico 109 para transportar un refrigerante criogénico como, por ejemplo, nitrógeno líquido, hacia y desde una cámara interior del congelador 120. Por último, unas escaleras opcionales 108 situadas delante del congelador 120 y cerca del módulo de extracción 110 permiten a un operador acceder al módulo de extracción 110.
- 60
- 65

En la operación, el congelador 120 mantiene un ambiente criogénico en una cámara interior con una pluralidad de estantes de almacenamiento de muestras (no mostrados). El módulo de extracción 110 accede a la cámara interior del congelador 120 a través de un puerto de acceso 122 en la cubierta de congelador 121 y recupera uno de los estantes de almacenamiento de muestras (no mostrado). Para permitir que el módulo de extracción 110 recupere cualquier estante de almacenamiento de muestras en el congelador 120, los estantes de almacenamiento de muestras se guardan en un portaestantes (no mostrado en la FIG. 1), que puede ser, por ejemplo, un tambor giratorio, dentro del congelador 120 y el ensamble de motor 130 controla la rotación del portaestantes para posicionar un determinado estante de almacenamiento de muestras bajo el módulo de extracción 110.

Las FIGs. 2A-B son ilustraciones de un congelador de almacenamiento criogénico de acuerdo con aspectos de la realización divulgada. La FIG. 2A muestra el congelador de almacenamiento criogénico 120 configurado para el acceso manual, y por lo tanto no forma parte de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas. Cuando está configurado para el acceso manual, también referido como en una configuración lista para la automatización, el congelador 120 carece del módulo de extracción 110, el ensamble de motor 130, y la puerta automatizada 140 (como se muestra en la FIG. 1). En cambio, la cubierta de congelador 121 incluye estantes de montaje 224 configurados para asegurar el módulo de extracción 110, y un árbol de accionamiento 231, cubierto por la junta 232, que sobresale de la cubierta 121 con pernos de montaje posicionados para asegurar un ensamble de motor a la cubierta de congelador 121 para acoplar con el árbol de accionamiento 231. El puerto de acceso 122 del congelador 120 está configurado para aceptar una puerta circular estándar de congelador criogénico (no mostrada). El sello 232 ayuda, por ejemplo, a evitar que la humedad entre en el congelador y a impedir que el gas frío salga del congelador. En algunas realizaciones, el árbol de accionamiento 231 está construido con un material de baja conductividad térmica para minimizar la transmisión de calor al congelador.

La FIG. 2B es una vista de arriba abajo del congelador 120 de la FIG. 2A. La FIG. 2B muestra la placa superior 250 de un portaestantes (mostrado en la FIG. 3 como 360) colocado en el interior del congelador 120 a través del puerto de acceso 122 de la cubierta de congelador 121. Un portaestantes (mostrado como un tambor giratorio) dentro del congelador 120 está configurado para sostener una pluralidad de estantes de almacenamiento de muestras y girar dentro del congelador 120 para permitir el acceso a cada estante de almacenamiento de muestras a través del puerto de acceso 122. Para sostener la pluralidad de estantes de almacenamiento de muestras, una placa superior 250 del portaestantes sostiene una pluralidad de miembros de interfaz 270, donde cada miembro de interfaz 270 está unido a la parte superior de un estante de almacenamiento de muestras (no mostrado en la FIG. 2B) y coloca con precisión la parte superior de cada estante de almacenamiento de muestras en el portaestantes. El posicionamiento preciso de los miembros de interfaz 270 en la placa superior 250 del portaestantes permite unir un módulo de extracción 110 al congelador 120 y acceder con precisión a la posición de cada miembro de interfaz 270 girando la placa superior 250 mediante el árbol de accionamiento 231. En la operación manual, un usuario de pie en las escaleras 108 puede alcanzar a través del puerto de acceso 122 y girar manualmente la placa superior 250 para presentar un miembro de interfaz deseado 270 al usuario y permitir que el usuario extraiga el estante de almacenamiento de muestras unido al miembro de interfaz 270 tirando del miembro de interfaz 270 y del estante de almacenamiento de muestras a través del puerto de acceso 122.

La FIG. 3 es una ilustración en corte de un tambor portaestantes y una placa superior de acuerdo con aspectos de la realización divulgada. La FIG. 3 muestra un portaestantes 360 con una placa superior 250 que tiene una pluralidad de elementos de montaje de estante 351 colocados alrededor de la placa superior 250. El portaestantes 360 comprende una pared exterior 361 y una placa inferior 363. La pared exterior 361 continúa por debajo de la placa inferior 363 hasta una porción inferior 362 configurada para hacer contacto con una piscina de fluido criogénico (no mostrada) que descansa en el fondo del congelador 120. Al entrar en contacto con el fluido criogénico, la porción inferior 362 de la pared exterior 361 conduce el calor al fluido criogénico desde la placa superior 250 y la placa 250 es una masa térmica enfriada encima del portaestantes 360. La presencia de la masa térmica mejora la eficiencia de almacenamiento térmico del portaestantes 360 al aumentar la absorción de calor en la parte superior del portaestantes 360, lo que resulta en menores gradientes de temperatura dentro del portaestantes 360. Se muestran configuraciones adecuadas, por ejemplo, en la patente estadounidense nº 6.393.847, titulada "Congelador de criógeno líquido". En las realizaciones preferidas, el portaestantes está construido de un material con alta conductividad térmica (por ejemplo, aluminio) para facilitar la transferencia de calor y la uniformidad térmica dentro del congelador.

También se muestra en la FIG. 3, tres aletas estabilizadoras, también denominadas paneles verticales de soporte 366, irradian hacia fuera desde un árbol central 365 del portaestantes 360. Los paneles de soporte vertical 366 pueden fijarse a la pared exterior 361, al panel inferior 363 y a la placa superior 250, para aumentar la rigidez del portaestantes 360. La placa superior 250 puede estar conectada a la pared exterior 361 o al árbol central 365. Una abertura de árbol de accionamiento 352 en la placa superior 250 permite que el árbol de accionamiento 231 se acople a la placa superior 250 o al árbol central 365 del portaestantes 360 y gire el portaestantes 360 cuando el ensamble de motor 130 está conectado al árbol de accionamiento 231.

En la operación, cada característica de montaje de estante 351 de la placa superior 250 incluye una abertura dimensionada para recibir un estante de almacenamiento de muestras (mostrado en la FIG. 4 como 480) y estructuras de soporte para posicionar el estante de almacenamiento de muestras en la abertura y para permitir que cada estante de almacenamiento de muestras cuelgue de la placa superior 250 sin descansar en la placa inferior 363 del portaestantes 360, como se muestra en la FIG. 5. Adicionalmente, el portaestantes 360 incluye pestañas de soporte 364 situadas junto al espacio vertical debajo de cada característica de montaje de estante 351 de la placa superior 250. Las pestañas de soporte 364

impiden que las bandejas de muestras almacenadas en un estante de almacenamiento de muestras adyacente a la pestaña de soporte salgan del estante de almacenamiento de muestras, y detiene el movimiento del estante de almacenamiento de muestras durante la rotación del portaestantes 360.

5 La FIG. 4 es una ilustración de un estante de almacenamiento con un miembro de interfaz unido de acuerdo con aspectos de la realización divulgada. La FIG. 4 muestra un estante de almacenamiento de muestras 480 que tiene un miembro de interfaz 270 unido a la parte superior del estante de almacenamiento de muestras 480. El estante de almacenamiento de muestras 480 está configurado para sostener una pluralidad de bandejas de almacenamiento de muestras (no mostradas), también denominadas cajas de almacenamiento, colocando cada bandeja de almacenamiento de muestras en una de
10 una pluralidad de estantes dispuestos verticalmente 481 que abarcan la longitud del estante de almacenamiento de muestras. Cada repisa 481 tiene un par de clips de muelle de fricción 483 configurados para sostener una bandeja de almacenamiento de muestras (no mostrada) en la repisa 481. Mientras que el estante de almacenamiento de muestras 480 se ilustra como configurado para sostener bandejas de almacenamiento de muestras rectangulares (como se muestra, por ejemplo, en la FIG. 20A-C), los estantes de almacenamiento de muestras pueden configurarse para albergar bandejas de almacenamiento de muestras de cualquier forma. Por ejemplo, en algunas realizaciones, las bandejas de almacenamiento de muestras y el estante de almacenamiento de muestras tienen una sección transversal horizontal triangular o en forma de pastel.

También se muestra en la FIG. 4, el miembro de interfaz 270 unido a la parte superior del estante de almacenamiento de muestras 480 incluye un asa opcional 471 que permite la extracción manual del estante de almacenamiento de muestras 480 cuando el estante de almacenamiento de muestras 480 está colgado del miembro de interfaz 270, y el miembro de interfaz 270 está apoyado en la placa superior 250 de un portaestantes 360. El miembro de interfaz 270 también incluye tres pasadores de posicionamiento 472 que sobresalen hacia afuera desde tres lados correspondientes del miembro de interfaz 270. Los pasadores de posicionamiento 472 se extienden más allá del perfil del estante de almacenamiento de muestras 480 y se colocan para interactuar con una característica de montaje de estante 351 en la placa superior 250.
20

Las FIGs. 5A-B son ilustraciones de un portaestantes con la placa superior asegurando una pluralidad de estantes de almacenamiento de muestras por sus respectivos miembros de interfaz de acuerdo con aspectos de la realización divulgada. La FIG. 5A muestra una ilustración en perspectiva de un portaestantes 360 con una parte de la pared exterior 361 retirada para mostrar la disposición de los estantes de almacenamiento de muestras 480 fijados a la placa superior 250 del tambor de almacenamiento giratorio 360 con los miembros de interfaz 270 unidos a la parte superior de los estantes de almacenamiento de muestras 480. También se muestran las pestañas de soporte 364 colocadas contra cada estante de almacenamiento de muestras 480.
30

La FIG. 5B muestra una ilustración en perspectiva inferior de un portaestantes 360 con una porción de la pared exterior 361 retirada para mostrar la disposición de los estantes de almacenamiento de muestras 480 fijados a la placa superior 250 del tambor de almacenamiento giratorio 360. Los estantes de almacenamiento de muestras 480 cuelgan de la placa superior 250 y no entran en contacto con la placa inferior 363 del portaestantes 360. Al hacerlo, la posición de los estantes de almacenamiento de muestras 480 en el portaestantes 360 está determinada por la placa superior 250, como se muestra con más detalle en la FIG. 6.
35 40

La FIG. 6 es una ilustración de la placa superior de y las características integradas de montaje de estante de la FIG. 5A mostrando la interfaz entre los pasadores de localización en los miembros de interfaz y los elementos de montaje de estante de acuerdo con aspectos de la realización divulgada. La FIG. 6 muestra una placa superior de un portaestantes 360 que tiene una pluralidad de elementos de montaje de estante 351, cada uno de los cuales soporta un miembro de interfaz 270. Las características de montaje de estante 351 incluyen aletas de guía inclinadas 652 colocadas para localizar un estante de almacenamiento de muestras 480 cuando pasa a través de la placa superior 250. Cada aleta de guía 652 incluye una muesca en V 653 o una muesca plana 654, donde cada muesca 653, 654 está posicionada para aceptar uno de los tres pasadores de posicionamiento 472 en cada miembro de interfaz 270. Juntas, dos muescas en V 653 restringen la posición del miembro de interfaz 270 en el plano de la placa superior 250, y las muescas en V 653 y la muesca plana 654 juntas restringen la posición del miembro de interfaz 270 en un eje ortogonal al plano mayor de la placa superior 250.
45 50

La FIG. 7 es una ilustración en sección transversal de un congelador de almacenamiento criogénico con un portaestantes acoplado a un árbol de accionamiento y un motor de acuerdo con aspectos de la realización divulgada. La FIG. 7 muestra un congelador 120 en una configuración automatizada con un ensamble de motor unido 130 y una puerta automatizada 140. Un portaestantes 360 está colocado dentro de una pared interior 725 del congelador 120 y soportado por un árbol de accionamiento 231 conectado al ensamble de motor 130. Un puerto de acceso de refrigerante 109 suministra un líquido criogénico a una zona inferior 729 del congelador, el líquido criogénico puede agruparse y entrar en contacto con la porción inferior 362 de la pared exterior 361 del portaestantes 360 para enfriar la placa superior 250. El árbol de accionamiento 231 incluye un rodamiento esférico 733 configurado para descansar contra una pista 729 acoplada a la cubierta de congelador 121. En una configuración de operación manual, el portaestantes 360 cuelga del árbol de accionamiento 231 y se apoya en el rodamiento esférico 733 asentado contra la pista 729. En algunas realizaciones, el árbol de accionamiento 231 sólo puede estar presente una vez que el congelador está configurado para la rotación automática, por ejemplo, el portaestantes 360 puede estar totalmente apoyado en un rodamiento en la operación manual sin el árbol de accionamiento 231. En la configuración automatizada mostrada en la FIG. 7, el portaestantes 360 cuelga del árbol de accionamiento 231 y éste puede apoyarse en el ensamble de motor o en un sistema de accionamiento externo mediante, por ejemplo, un
55 60 65

sistema de engranaje.

5 Cuando se construye el congelador, se hace un vacío entre la pared exterior 123 y la pared interior 725 del congelador 120, y la pared interior 725 puede deformarse ligeramente como resultado de las tensiones en la pared interior 725 por soportar el vacío. Una consecuencia de cualquier deformación en la pared interior 725 es que la ubicación de la pista 729 no se controla con precisión y durante la operación manual, cuando el rodamiento esférico 733 del árbol de accionamiento 231 está soportando el peso del portaestantes 360 sobre la pista 729, la rotación del portaestantes 360 puede causar la precesión del eje largo del árbol de accionamiento 231. La precesión del árbol de accionamiento 231 es intrascendente durante la rotación manual, pero podría dañar un ensamble de motor 130 unido al árbol de accionamiento 231 al inducir
10 tensión en los componentes internos del ensamble de motor 130 y, como resultado, en los montajes de motor 139 durante la rotación automatizada del portaestantes. Adicionalmente, la extracción automatizada de un estante de almacenamiento de muestras 480 requiere que un dispositivo automatizado se acople con un miembro de interfaz 270 en una ubicación precisa y predecible en el congelador 120.

15 Continuando con la referencia a la FIG. 7, para reducir la tensión en el ensamble de motor 130 y los soportes del motor 139, y para ubicar con precisión los miembros de interfaz 270 al nivelar la placa superior 250 en el congelador 120, el árbol de accionamiento 231 se mantiene fuera de la pista 729 por el ensamble de motor 130. Los montajes de motor 139 permiten nivelar el ensamble de motor 130 y, como resultado, el portaestantes 360 y la placa superior 250 están nivelados dentro del congelador 120. Para aumentar aún más la precisión de la ubicación de la placa superior 250 con respecto a
20 las rotaciones del árbol de accionamiento 231 por el ensamble de motor 130, el portaestantes 360 puede estar conectado al árbol de accionamiento a través de la placa superior 250, y la placa superior 250 puede estar conectada directamente al árbol de accionamiento 231 mediante de un disco de conexión 734. Si no se conecta directamente la placa superior 250 al árbol de accionamiento 231, el par aplicado al congelador giratorio 360 puede torcer el congelador giratorio 360 y reducir la precisión entre la posición de la placa superior 250 y la rotación del árbol de accionamiento 231.

25 La FIG. 8 es una vista isométrica de una sección transversal de un congelador de almacenamiento criogénico con un portaestantes configurado para su operación manual y que, por tanto, no forma parte de la presente invención. La FIG. 8 muestra un congelador configurado para el acceso y la rotación manual del portaestantes 360 a través del puerto de acceso 122 en la cubierta de congelador 121. El árbol de accionamiento 231 está acoplado a la placa superior 250 del portaestantes 360 mediante el disco de conexión 734 y el rodamiento esférico 733 del árbol de accionamiento 231 se apoya en la pista 729. De este modo, un usuario alcanza el congelador 120 y hace girar el portaestantes 360 con la mano enguantada sobre la pista 729. Una vez que el usuario ha presentado el miembro de interfaz 270 deseado al puerto de acceso 122, el usuario recupera el estante de almacenamiento de muestras 480 del congelador 120 agarrando el asa 471 del miembro de interfaz 270 y extrae el estante de almacenamiento de muestras 480 a través del puerto de acceso 122.

35 Para configurar el congelador 120 para la rotación y extracción automatizada de los estantes de almacenamiento de muestras 480, se une un ensamble de motor a los soportes de motor 239 y al árbol de accionamiento 231. Para levantar el rodamiento esférico 733 de la pista 729, el árbol de accionamiento puede incluir un extremo exterior roscado (mostrado en la FIG. 9 como 934). El extremo exterior roscado del árbol de accionamiento 231 permite la rotación del portaestantes 360 para roscar el árbol de accionamiento 231 en el ensamble de motor 130 y levantar el rodamiento esférico 733 de la pista 729. Una vez levantado, el árbol de accionamiento 231 puede bloquearse en su posición en el ensamble de motor 130 para evitar que se siga enroscando o desenroscando el árbol de accionamiento 231. El proceso de elevación y bloqueo del árbol de accionamiento 231 se describe con más detalle a continuación con referencia a las FIGS. 16 y 27A-B.

45 La FIG. 9 es una ilustración del árbol de accionamiento de las FIGS. 7 y 8 de acuerdo con aspectos de la forma de realización divulgada. La FIG. 9 muestra un árbol de accionamiento 230 que incluye un extremo exterior roscado 934 adaptado para ser roscado en un ensamble de motor 130, un extremo interior 935 adaptado para ser acoplado a un disco de conexión 734 o directamente acoplado a la placa superior 250, y un rodamiento esférico 733.

50 La FIG. 10 es una ilustración de un módulo de extracción que retira un estante de almacenamiento de muestras de un congelador de acuerdo con aspectos de la realización divulgada. La FIG. 10 muestra un dispositivo de almacenamiento criogénico configurable 100 que incluye un módulo de extracción 11 y un congelador 120. Para configurar la automatización, un módulo de extracción 110, que incluye un ensamble de agarre 1011, se fija a la cubierta de congelador 121 y el árbol de accionamiento levanta el portaestantes 360 y se acopla con un ensamble de motor 130 para permitir la rotación automática del portaestantes 360. En la operación, el ensamble de motor 130 gira el portaestantes 360 a una posición deseada y el ensamble de agarre 1011 se baja al congelador y se conecta con el miembro de interfaz 270 de un estante de almacenamiento de muestras y para recuperar o guardar el estante de almacenamiento de muestras 480 a través del puerto de acceso 122 del congelador 120.

60 Las FIGS. 11A-B son ilustraciones de un ensamble de agarre de un módulo de extracción que se conecta con un miembro de interfaz de un estante de almacenamiento de muestras de acuerdo con aspectos de la realización divulgada. La FIG. 11A muestra un ensamble de agarre 1011 que tiene un módulo de agarre 1112 colocado en un extremo inferior y un estante de almacenamiento de muestras 480 que tiene un miembro de interfaz unido 270. El módulo de agarre 1112 está adaptado para conectarse con el miembro de interfaz 270 y asegurar el estante de almacenamiento de muestras 480 al ensamble de agarre 1011. El módulo de agarre 1112 incluye pasadores de localización 1113, pasadores de expulsión por
65

muelle 1114 y una varilla de detección 1116. El miembro de interfaz 270 incluye una superficie de montaje 1173 que soporta una abertura de unión 1174, un orificio de localización circular 1175 y un orificio de localización ovalado 1176. Los pasadores de localización 1113 se proporcionan para ubicar con precisión el módulo de agarre 1112 contra la superficie de montaje 1173 antes de encajar un retén en T (no mostrado) en la abertura de unión 1174.

En la operación, el módulo de agarre 1112 se baja contra el miembro de interfaz 270 y los pasadores de localización 1113 entran en los agujeros de localización 1175, 1176 a medida que el módulo de agarre 1112 se acerca a la superficie de montaje 1173. El orificio de localización ovalado 1176 evita que la contracción o expansión térmica del miembro de interfaz 270 impida que los pasadores de localización 1113 entren en ambos orificios de localización 1175, 1176. Cuando se conecta con los pasadores de localización 1113, el orificio de localización circular 1175 posiciona el módulo de agarre 1112 alrededor del plano de la superficie de agarre 1173, y el orificio de localización oval 1176 restringe la rotación del módulo de agarre 1112 alrededor de la línea central del orificio de localización circular 1175. Los pasadores eyectores de muelle 1114 son comprimidos por la superficie de montaje 1173 cuando el módulo de agarre 1112 es presionado contra la superficie de montaje 1173. La compresión de los pasadores eyectores de resorte 1114 genera una fuerza que empuja el miembro de interfaz 270 lejos del módulo de agarre 1112, y la fuerza ayuda a desacoplar posteriormente el módulo de agarre de la superficie de montaje 1173 superando cualquier adhesión que pueda resultar de, por ejemplo, hielo o escarcha entre la superficie de montaje 1173 y el módulo de agarre 1112. Cuando el módulo de agarre 1112 es bajado, la varilla de detección 1116 puede, por ejemplo, desviarse al entrar en contacto con la superficie de montaje 1173 y utilizar la desviación para detectar la posición de la superficie de montaje 1173 e indicar cuándo puede comenzar una operación de acoplamiento, como se muestra en las FIGS. 13A-C.

La varilla de detección 1116 también puede utilizarse para detectar la acumulación de escarcha en la superficie de montaje 1173, dada una posición conocida de la superficie de montaje 1173, desviándose antes de lo esperado como resultado del contacto con la escarcha en la superficie de montaje 1173 que se produce antes del contacto con la superficie de montaje 1173. Adicionalmente, las tres aberturas 1174-1176 en la superficie de montaje 1173 son agujeros pasantes para evitar que la escarcha en el miembro de interfaz 270 se compacte en hielo dentro de las aberturas cuando el módulo de agarre 1112 se conecta con el miembro de interfaz 270.

La FIG. 11B muestra el módulo de agarre 1112 del ensamblaje de agarre 1011 conectado con el miembro de interfaz 270. En la posición mostrada, los pasadores eyectores de muelle 1114 están comprimidos contra los miembros de interfaz 270 y la varilla de detección 1116 es empujada hacia arriba por el miembro de interfaz 270. Adicionalmente, los pasadores de localización 1113 están posicionados dentro de los agujeros de localización 1175, 1176.

Las FIGs. 12A-B son ilustraciones en sección transversal de un ensamblaje de agarre conectado a un miembro de interfaz de un estante de almacenamiento de muestras de acuerdo con aspectos de la realización divulgada. La FIG. 12A muestra el módulo de agarre 1112 del ensamblaje de agarre 1011 acoplado con los miembros de interfaz 270 de un estante de almacenamiento de muestras 480. La FIG. 12B es una vista en primer plano del Detalle B de la FIG. 12A. La FIG. 12B muestra los pasadores de localización 1113 del módulo de agarre 1112 dentro de los agujeros de localización 1175, 1176 de los miembros de interfaz 270. Un retén en T 1218 está situado bajo la superficie de montaje 1173 de los miembros de la interfaz 270. El retén en T 1218 está conectado a un árbol de retén 1217 dentro del ensamblaje de agarre 1011. El retén en T 1218 está configurado para pasar a través de la abertura de unión 1174 en la superficie de montaje 1173 y girar bajo la superficie de montaje 1173 para asegurar los miembros de interfaz 270 al módulo de agarre 1112, como se muestra en las FIGS. 13A-C.

Las FIGs. 13A-C son ilustraciones del retén de un ensamblaje de agarre que se conecta con un miembro de interfaz de acuerdo con aspectos de la realización divulgada. La FIG. 13A muestra un retén en T 1218 de un ensamblaje de agarre 1011 antes de asegurar un miembro de interfaz 270 al ensamblaje de agarre 1011. La FIG. 13B es una vista en primer plano del Detalle A de la FIG. 13A. La FIG. 13B muestra un miembro de interfaz 270 posicionado contra un módulo de agarre 1112 de un ensamblaje de agarre 1011. Los pasadores de localización 1113 del módulo de agarre 1112 están dentro de los correspondientes agujeros de localización 1175, 1176 del miembro de interfaz 270 y el retén en T 1218 ha pasado a través de la abertura de adaptador 1174 en la superficie de montaje 1173. Como se muestra en la FIGURA 13C, la rotación del cierre en T 1218 por el árbol de cierre 1217 posiciona los extremos del retén en T 1218 bajo la superficie de montaje 1173 del miembro de interfaz 270 y permite que el ensamblaje de agarre 1011 levante un estante de almacenamiento de muestras 480 acoplado al miembro de interfaz 270.

La FIG. 14 es una ilustración de un mango manual 1400. El mango manual 1400 puede estar configurado para incorporar características comparables a las del ensamblaje de agarre 1011 descrito anteriormente con referencia a las FIGs. 10-13C, pero también incluye funciones para permitir la manipulación manual de los estantes de almacenamiento por parte de un usuario. En particular, el mango manual 1400 puede incluir una placa configurada para alinearse con un miembro de interfaz 270 de un estante de almacenamiento, así como pasadores de localización 1413 proporcionados para ubicar con precisión la placa 1412 contra la superficie de montaje 1173 antes del enganche de un retén en T 1418. El retén en T 1418 está conectado a un árbol inferior 1417, que se engancha con un árbol superior 1420 mediante un recinto 1411. El árbol superior 1420, a su vez, está conectado a una barra en T 1422 para su manipulación manual por parte de un usuario.

El recinto 1411 puede albergar un resorte u otro dispositivo configurado para mantener el árbol inferior 1417 y el retén en T 1418 en una posición retraída hacia la placa 1412. Sin embargo, un usuario puede aplicar una fuerza hacia abajo en la

5 barra en T 1422, haciendo que el árbol inferior 1417 y el retén en T 1418 se extiendan para engancharse con un miembro de interfaz 270 de un estante de almacenamiento. Al girar la barra en T 1422, el usuario puede girar el árbol inferior 1417 y el retén en T 1418 para bloquearse con el miembro de interfaz 270, permitiendo así al usuario levantar y transportar el estante de almacenamiento a través del mango manual 1400.

10 El miembro de interfaz 270 de un estante de almacenamiento, que acomoda el ensamble de agarre 1011 como se describió anteriormente con referencia a las FIGs. 13A-C, permite utilizar el mango manual 1400 para extraer los estantes sin tener que agarrar las asas tradicionales de estantes utilizando guantes aislantes. La pinza manual 1400 permite así una manipulación más fácil de los estantes mientras se usa el equipo de protección.

15 Volviendo a la FIG. 1, el sistema de almacenamiento criogénico automatizado 100 de acuerdo con la invención, como se ha descrito anteriormente, incluye generalmente un congelador criogénico 120 y un sistema de automatización 105 montado en una porción superior del congelador 120. El congelador 120, como se ha descrito anteriormente con referencia a las FIGs. 2-14, puede ser proporcionada independientemente del sistema de automatización 105, mientras que incluye las características descritas anteriormente para permitir la operación con el sistema de automatización 105. Así, el congelador 120 puede estar configurado para funcionar en un modo "manual" ausente del sistema de automatización 105, así como en un modo "automatizado" en combinación con el sistema de automatización 105. Asimismo, el sistema de automatización 105 puede proporcionarse de forma independiente o junto con el congelador 120. Por ejemplo, el sistema de automatización 105 puede montarse y configurarse para que funcione con el congelador 120 como una adaptación, convirtiendo el congelador 120 de un congelador de acceso exclusivamente manual a un congelador automatizado (es decir, el sistema de almacenamiento automatizado 100). A continuación, se describen ejemplos de un sistema de automatización 105.

25 La FIG. 15 ilustra un sistema de automatización 105 para la extracción automatizada en una realización. El sistema 105 puede implementarse en un sistema de almacenamiento criogénico automatizado como el sistema 100 descrito anteriormente con referencia a la FIG. 1, y puede incorporar características como las descritas anteriormente. El sistema de automatización 105 funciona para extraer y sustituir automáticamente los estantes de muestras dentro del congelador criogénico 120, que puede estar configurado como se ha descrito anteriormente con referencia a las FIGs. 1-14. El sistema 105 puede estar montado en la cubierta de congelador 121 mediante una serie de montajes (por ejemplo, montajes 132, 133, 134), e incluye un ensamble de motor 130, una puerta automatizada 140, un tirador de estante 150, un manguito aislante 160, y un transportador 170.

35 El ensamble de motor 130 está montado a la cubierta del congelador 121 mediante un montaje respectivo 132, y puede operar para rotar un ensamble de estante dentro del congelador 120. Por ejemplo, el ensamble de motor 130 puede impulsar la rotación de un portaestantes 360 como se describió anteriormente con referencia a la FIG. 3, por ejemplo, para posicionar un estante seleccionado (por ejemplo, el estante 480 en la FIG. 4) debajo del puerto de acceso 122 del congelador 120. El ensamble de motor 130 también puede impulsar la remoción y el reemplazo de la puerta automatizada 140. Como se muestra en la FIGURA 15, la puerta 140 se coloca en posición vertical o "abierta" por el ensamble de motor 130, permitiendo el acceso al puerto de acceso 122 del congelador 120 durante una operación de transferencia de muestras. Cuando un estante de muestras no está siendo retirado o reemplazado al congelador 120, el ensamble de motor 130 puede bajar la puerta 140 a una posición "cerrada" donde forma un sello en el puerto de acceso 122. Las realizaciones del ensamble de motor 130 y de la puerta automatizada se describen en mayor detalle a continuación con referencia a las FIGs. 16 y 17.

45 El tirador de estante 150 puede incluir un ensamble de agarre 1011 como se describió anteriormente con referencia a las FIGs. 10-13B, y opera para enganchar un estante seleccionado (por ejemplo, el estante 480 en la FIG. 4) y elevar el estante a través del puerto de acceso 122 y dentro del manguito aislante 160. El tirador de estante 150 puede ser soportado por el transportador 170, y puede hacer contacto deslizante con el montaje 133 en el puerto de acceso 122. El manguito aislante 160 puede alojar un estante retirado durante una operación de transferencia, e incluye paredes aislantes para mantener el estante retirado por debajo de un umbral de temperatura durante la operación. Un puerto de manguito 165 permite una transferencia manual y/o automatizada de las cajas de muestras desde y hacia el estante seleccionado. Las realizaciones del tirador de estante se describen con más detalle a continuación con referencia a las FIGs. 18-19B, y las realizaciones del manguito aislante 160 se describen con más detalle a continuación con referencia a las FIGs. 20A-D.

55 El transportador 170 puede incluir un aparato de carril y carro motorizado conectado al tirador de estante 150, y puede operar para mover y posicionar el tirador de estante 150 y el manguito aislante 160 a lo largo de una trayectoria lineal relativa al puerto de acceso 122 del congelador 120. En particular, el transportador 170 puede colocar el tirador de estante 150 y el manguito aislante 160 lejos del puerto de acceso durante la apertura y el cierre de la puerta automatizada 140. Además, durante una operación de transferencia de estantes y tras la apertura de la puerta 140, el transportador 170 puede moverse para posicionar el tirador de estante 150 y el manguito aislante 160 por encima de un estante seleccionado, permitiendo así que el tirador de estante 150 eleve el estante seleccionado a través del puerto de acceso 122 y dentro del manguito aislante 160. Adicionalmente, el transportador puede permitir la rotación manual y/o automática del tirador de estante 150 y del manguito aislante 160 para permitir un acceso manual o de emergencia al congelador 120 o a un estante en particular. Las realizaciones del transportador 170 se describen con más detalle a continuación con referencia a las FIGs. 21-23.

La FIG. 16 ilustra un ensamble de motor automatizado 130 (también referido como un "sistema de accionamiento") en una realización. El ensamble de motor 130 puede estar configurado como se describió anteriormente con referencia a las FIGs. 1 y 15. En particular, el ensamble del motor 130 puede ser montado a una cubierta de congelador 121 a través de un montaje 132, y puede operar para rotar un portaestantes dentro del congelador 120. Para proporcionar tal operación, un motor 1620 (mostrado en mayor detalle en la FIG. 17) opera un ensamble de engranaje 1630 para controlar la rotación de un engranaje central 1640, el cual está, a su vez, acoplado a un árbol de accionamiento (por ejemplo, el árbol de accionamiento 230 en la FIG. 7) para girar el portaestantes (por ejemplo, el portaestantes 360 en la FIG. 3). Alternativamente, el motor 1620 puede estar conectado directamente al árbol de accionamiento que hace girar el portaestantes. Una placa de bloqueo 1645, situada debajo del engranaje central 1640, está configurada para engranar con el árbol de accionamiento 231 para levantar y bloquear el árbol de accionamiento 231 en su posición. La placa de bloqueo se describe con más detalle a continuación con referencia a las FIGs. 27A-B.

El ensamble del motor 130 también puede impulsar la remoción y el reemplazo de la puerta automatizada 140. Un motor adicional 1650 acciona un engranaje 1660, que a su vez se conecta a un soporte de puerta 1670 que sostiene la puerta 140. El soporte de la puerta 1670 puede extenderse en una ranura 1680 situada hacia un extremo del engranaje 1660. La ranura 1680 permite un intervalo de movimiento para el soporte 1670 dentro del engranaje 1660, y por lo tanto evita que el ensamble de motor 130 fuerce que la puerta 140 sea sellada a través del engranaje 1660. Más bien, la puerta 140, una vez bajada por el motor 1650, puede permanecer cerrada debido al peso de la puerta 140, y puede ser levantada manualmente hasta cierto punto por un usuario. Esta característica puede permitir que la puerta 140 se levante manualmente, independientemente del estado del ensamble de motor 130, para acceder a las muestras. Por ejemplo, se puede acceder a los estantes de muestras durante una condición de emergencia, como un corte de energía que afecta al ensamble del motor 130.

Como se muestra en la FIG. 16, la puerta 140 es colocada en posición erguida o "abierta" por el ensamble de motor 130, permitiendo el acceso al puerto de acceso 122 del congelador 120 durante una operación de transferencia. Cuando un estante de muestras no está siendo retirado o reemplazado al congelador 120, el ensamble de motor 130 puede bajar la puerta 140 a una posición "cerrada" donde forma un sello en el puerto de acceso 122.

La FIG. 17 ilustra una vista en sección transversal del ensamble de motor 130 y la puerta 140 descrita anteriormente con referencia a la FIG. 16. La puerta 140 puede estar compuesta por una superficie superior metálica (por ejemplo, de acero inoxidable), así como por una porción interna de espuma que está conformada para insertarse en el puerto de acceso al congelador 122 para formar sustancialmente un sello térmico entre el interior del congelador 120 y el ambiente externo (por ejemplo, no controlado). Aquí, la puerta 140 se muestra en tres posiciones a lo largo de su intervalo de movimiento, tal y como se controla mediante el motor 1650 y el engranaje 1660: una posición "cerrada" que forma un sello con el puerto de acceso 122 (140A); una posición parcialmente abierta (140B); y una posición totalmente abierta en la que la puerta 140 está completamente despejada del espacio vertical sobre el puerto 122 (140C). Cuando se encuentra en la posición de apertura total (140C), la puerta permite retirar y reemplazar los estantes (por ejemplo, el estante 480 en la FIG. 400) dentro del congelador 120, así como la colocación de un tirador de estante y un manguito aislante por encima del puerto de acceso 122 como se muestra, por ejemplo, en la FIG. 15. En otras realizaciones, la subporción de espuma puede reducirse en tamaño o eliminarse por completo y sustituirse por una subporción alternativa, como una capa de neopreno u otro material aislante. Al reducir el tamaño y la superficie del lado inferior de la puerta 140, se puede reducir la acumulación de escarcha en el lado inferior de la puerta 140.

La FIG. 18 ilustra el tirador de estante 150 en una realización. A diferencia de la realización mostrada en la FIG. 15, el tirador de estante 150 se muestra sin una cubierta exterior y un manguito aislante asociado (por ejemplo, 160 en la FIG. 15) para ilustrar sus componentes internos, incluyendo un pilar 1810, un árbol roscado 1840, un ensamble de motor de árbol 1830, un soporte 1820, y un ensamble de agarre 1011. El pilar 1810 generalmente soporta los componentes restantes, y puede ser montado al transportador 170 como se describe a continuación con referencia a las FIGs. 21-23. El ensamble de motor de árbol 1830 opera para rotar el árbol roscado 1840, lo que a su vez causa que el soporte 1820 y el ensamble de agarre 1011 se muevan verticalmente a lo largo de la longitud del árbol roscado 1840. El árbol roscado 1840 puede incluir una rosca gruesa y/u otras características para permitir que el soporte 1820 y el ensamble de agarre 1011 se muevan manualmente a lo largo del árbol roscado 1840, como en el caso de un corte de energía del tirador de estante 150. El ensamble de agarre 1011 puede ser configurado como se describió anteriormente con referencia a las FIGs. 10-13C, y, en particular, puede funcionar para acoplarse a un estante de muestras 480 para permitir que el tirador de estante 150 eleve y baje el estante de muestras 480.

Las FIGs. 19A-B ilustran un ensamble de agarre 1011 en una realización. Las características del ensamble de agarre 1011 relacionadas con la interfaz de agarre 1112 se describen anteriormente con referencia a las FIGs. 10-13C. Además de las características mencionadas, el ensamble de agarre 1011 puede incluir una interfaz de soporte 1920 para acoplarse a un soporte 1820 como se muestra en la FIG. 18, así como las características que soportan una operación de retención automatizada. Como se muestra en la FIGURA 19A, en particular, el ensamble de agarre puede incluir un motor 1930 configurado para hacer girar un engranaje 1935A- B. El engranaje 1935B puede estar conectado además a un árbol interno (mostrado en la FIG. 12B como árbol 1217) que se extiende a lo largo del ensamble de agarre 1011, girando así un mecanismo de bloqueo (por ejemplo, el retén en T 1218 en la FIG. 12B) para enganchar y desenganchar con una interfaz de un estante de muestras. Con el fin de proporcionar retroalimentación para controlar tales operaciones, el

5 ensamble de agarre 1011 también puede incluir uno o más sensores 1940, 1950. Los sensores de rotación 1950 pueden detectar un umbral de rotación de un engranaje del engranaje 1935B para determinar la posición de rotación del mecanismo de bloqueo, que puede indicar un estado bloqueado o desbloqueado. Los sensores de rotación 1950 pueden incluir sensores ópticos o de rayos infrarrojos que proporcionan una indicación cuando un rayo correspondiente está obstruido.

10 Los sensores de profundidad 1940 indican uno o más umbrales de distancia entre la interfaz de agarre 1112 y un estante de muestras 480 con el que debe acoplarse. Como se muestra en la FIGURA 19B, los sensores 1940 pueden estar ubicados sobre una varilla de detección (descrita anteriormente con referencia a las FIGs. 11A-B) y proporcionan una indicación al detectar la varilla de detección 1116. Por ejemplo, los sensores de profundidad pueden incluir sensores de rayos ópticos o infrarrojos que indican cuando un rayo correspondiente es obstruido por la barra de detección 1116. Al detectar la presencia de la varilla de detección 1116 y/o de otra varilla en uno o más lugares durante una operación de retención, los sensores de profundidad 1940 pueden indicar uno o más de los siguientes: 1) una primera distancia de umbral entre la interfaz de agarre 1112 y el estante 480, que indica la presencia del estante 480; 2) una segunda distancia de umbral que indica una distancia adecuada en la que se puede enganchar un mecanismo de bloqueo en la interfaz de agarre 1112; y 3) una tercera distancia de umbral que indica que una parte de la interfaz de agarre 1112 (por ejemplo, un mecanismo de bloqueo) se ha extendido una distancia inaceptable. Debido a las distintas condiciones, como la diferente colocación de los estantes y la acumulación de escarcha en la superficie superior del estante 480 y/o en la superficie inferior de la interfaz de agarre 1112, el ensamble de agarre 1011 puede encontrarse con una serie de variaciones físicas durante las sucesivas operaciones de extracción de estantes. En consecuencia, los sensores 1940, 1950 pueden ayudar a enganchar con precisión una serie de estantes a pesar de tales condiciones variables.

25 Las FIGs. 20A-D ilustran un manguito aislante 160 en una realización. El manguito aislante puede estar configurado como se ha descrito anteriormente con referencia a las FIGs. 1 y 15. En particular, el manguito aislante puede montarse en la cubierta de congelador 121 mediante un tirador de estante 150 y un transportador 170. Como se muestra en la FIGURA 20A, el manguito aislante 160 puede albergar un estante 480 extraído de un congelador durante una operación de extracción de estantes, e incluye paredes aislantes 2020 para mantener el estante extraído 480 por debajo de una temperatura umbral durante la operación. Las paredes 2020 del manguito aislante 160 pueden extenderse hasta una altura que permita acomodar tanto la longitud total de un estante 480 cuando se extrae completamente del congelador, como la longitud de un ensamble de agarre (por ejemplo, el ensamble de agarre 1011 en las FIGs. 18-19) utilizados para elevar el estante 480. Un puerto de manguito 165 que tiene una puerta 2075 permite el acceso a una repisa determinada del estante 480, donde el manguito aislante 160 puede proporcionar la transferencia manual y/o automatizada de una caja de muestras 2080 desde y hacia el estante 480.

35 Las FIGs. 20B-C muestran una vista en sección transversal lateral de una porción inferior del manguito aislante 160 durante la transferencia de una caja de muestras 2080. Como se muestra en la FIGURA 20B, la caja de muestras 2080 se aloja dentro del manguito aislante 160 (y en una repisa del estante) antes o después de una transferencia. El puerto de manguito 165 está cubierto, de forma sellada o no, por la puerta del manguito 2075, que puede incluir un asa 2070 para su remoción manual. Un motor 2030, situado en un lado posterior del manguito 160 opuesto a la puerta 2075, puede operar para impulsar una varilla de eyección 2035 hacia la caja de muestras 2080, empujando la caja 2080 al menos parcialmente a través del puerto 165, como se muestra en la FIG. 20C. Un sensor 2095 puede indicar la presencia o posición de la caja 2080. Durante una eyección automatizada de la caja 2080, si el sensor detecta que la caja 2080 ha alcanzado una distancia umbral fuera del puerto 165, el sensor 2095 puede proporcionar una señal al motor 2030 para que deje de accionar la barra de eyección 2035. En este punto, un usuario puede retirar manualmente la caja 2080 del puerto de manguito 165 por completo.

50 Durante el reemplazo de la caja de muestras 2080 en una repisa de un estante, un usuario puede insertar la caja 2080 en el puerto de manguito 165 como se muestra en la FIG. 20C. Al cerrar la puerta 2075 del puerto 165, un parachoques de puerta 2055 puede empujar la caja 2080 más allá para asegurar que la caja 2080 se ubique completamente dentro de la repisa del estante. Un sensor como el sensor 2095 también puede indicar la presencia y/o la ubicación de la caja 2080 para asegurar aún más que la caja 2080 esté correctamente colocada. Una vez que se verifica que la caja 2080 está colocada dentro del estante, el estante puede bajarse o elevarse dentro del manguito, por ejemplo, para retirar o sustituir otra caja de muestras, o para volver a colocar el estante en el congelador.

55 La FIG. 20D ilustra una porción superior del manguito aislante 160. Aquí, se muestra que cada una de las paredes 2020 del manguito 160 incluye una capa aislante respectiva 2060 (que comprende, por ejemplo, una espuma u otro material aislante). Una de las paredes 2020 incluye además una empaquetadura de 2 capas 2090 que se extiende a lo largo de la pared. La empaquetadura 2090 acomoda un soporte 1920 que sostiene un ensamble de agarre 1011 del tirador de estante 150 como se describió anteriormente, permitiendo que el ensamble de agarre 1011 se eleve y baje a través de la longitud del manguito aislante 160, mientras se minimiza la transferencia de aire entre el interior del manguito 160 y el ambiente circundante, que puede ser incontrolado. Aunque el manguito aislante 160 puede o no formar un sello hermético entre el interior del manguito 160 y el entorno circundante, minimizar dicha transferencia de aire puede ayudar a minimizar la transferencia térmica y de humedad a un estante de muestras dentro del manguito 160. Otras características para apoyar la minimización de la transferencia de aire pueden incluir la formación de las capas aislantes 2060 para acomodar estrechamente el estante con un espacio mínimo entre el estante y las capas 2060, así como una cubierta (no mostrada) que encierra la parte superior del manguito 160.

Además, el manguito aislante 160 puede alojar una entrada de gas 2098 para canalizar un gas expelente (por ejemplo, gas nitrógeno) dentro del manguito 160. Aunque el manguito 160 puede abarcar generalmente un ambiente no controlado, durante una operación de transferencia, un gas expulsor puede ser canalizado dentro del manguito 160 para minimizar la humedad y/o la temperatura dentro del manguito 160. El gas expelente puede ser canalizado poco antes, o simultáneamente, cuando se eleva un estante en el manguito 160. Después de retirar el estante del manguito 160, se puede permitir que el interior del manguito 160 vuelva a un entorno no controlado, en el que puede permanecer hasta una operación de transferencia concurrente.

Las FIGs. 21A-C ilustran una vista de arriba abajo de un transportador 170 y su operación con respecto a un sistema de automatización y al congelador 120 en una realización. El transportador 170 puede estar configurado como se ha descrito anteriormente con referencia a la FIG. 15. En particular, el transportador puede estar montado en una cubierta de congelador 121 mediante un montaje respectivo 134. El transportador 170 puede incluir un aparato de rieles y carros motorizados (mostrado en mayor detalle en la FIG. 22, descrito más adelante) y está conectado al tirador de estante 150, soportando tanto el tirador de estante como el manguito aislante 160. El transportador 170 puede funcionar para mover y posicionar el tirador de estante 150 y el manguito aislante 160 a lo largo de una trayectoria lineal relativa al puerto de acceso 122 del congelador 120. En las FIGs. se muestran tres posiciones diferentes alcanzables por el transportador 170, respectivamente. 21A-C.

En la FIG. 21A, el transportador 170 posiciona el manguito aislante 160 por encima de un estante situado bajo el puerto de acceso 122 en un círculo interior del portaestantes. En cambio, en la FIG. 21B, el estante seleccionado está situado en un círculo exterior del portaestantes. En consecuencia, el transportador 170 posiciona el manguito aislante 160 por encima del puerto de acceso 122 y por encima del estante en un círculo exterior del portaestantes. En las dos posiciones mostradas en las FIGs. 21A y 21B, el tirador de estante 150 y el manguito aislante 160 se colocan para enganchar un estante seleccionado y elevar el estante seleccionado desde el congelador 120 al manguito aislante 160. Durante la apertura y el cierre de la puerta automatizada 140, el tirador de estante 150 y el manguito aislante 160 deben estar totalmente alejados del puerto de acceso 122. Así, como se muestra en la FIG. 21C, el transportador 170 también puede posicionar el manguito aislante 160 y el tirador de estante 150 lejos del puerto de acceso 122, permitiendo que la puerta automatizada 140 sea retirada o reemplazada al puerto de acceso 122.

La FIG. 22 ilustra una porción de unión de un transportador 170 y un tirador de estante 150. El transportador 170 incluye un accionamiento de correa motorizado 2245 y un riel 2240 montado en un montaje respectivo 134, así como una placa de carro 2250 configurada para moverse a lo largo del riel 2240 bajo el control del accionamiento de correa 2245. La placa de carro 2250 soporta además un árbol pivotante 2260 para conectarse a una porción complementaria del tirador de estante 150. El árbol pivotante 2260 puede formar una conexión giratoria con el tirador de estante 150 que se fija mediante una liberación manual, como un pasador de liberación 2265 o, alternativamente, un interruptor. Con el pasador de liberación 2265 enganchado, el árbol pivotante 2260 mantiene una conexión estacionaria con el tirador de estante 150. Con el pasador de liberación 2265 desenganchado (es decir, retirado), el árbol pivotante 2260 permite que el tirador de estante 150 gire horizontalmente, permitiendo el acceso manual o de emergencia al puerto de acceso al congelador 122 o a un estante situado dentro del manguito aislante. Además, un brazo de liberación manual de freno 2255 controla un bloqueo que restringe el movimiento vertical manual del tirador de estante 150. Cuando el brazo de liberación de freno 2255 está desactivado, el tirador de estante 150 puede ser controlado manualmente para subir o bajar un estante enganchado por el tirador de estante 150. De este modo, tanto el pasador de liberación 2265 como el brazo de liberación del freno 2255 permiten acceder manualmente a un estante y moverlo según sea necesario, como en el caso de una emergencia o un corte de energía.

Las FIGs. 23A-B ilustran la rotación del tirador de estante 150 y del manguito aislante 160 como resultado del desenganche del pasador de liberación 2265, como se ha descrito anteriormente con referencia a la FIG. 22. En la FIG. 23A, el tirador de estante 150 y el manguito aislante 160 se muestran durante una operación de transferencia de estante. Tras el desenganche del pasador de liberación 2265 del transportador 170, el tirador de estante 150 y el manguito aislante 160 pueden girar en el sentido de las agujas del reloj, como se muestra en la FIG. 23B. Como resultado de esta rotación, se puede acceder manualmente al puerto de acceso 122 del congelador 120. Adicionalmente, si un estante de muestras se encuentra dentro del manguito aislante 160, el estante de muestras puede ser retirado manualmente del manguito aislante 160 lejos del congelador 120.

La FIG. 24 es un diagrama de bloques de un sistema de almacenamiento criogénico automatizado 2400 que incluye un controlador 180 en otra realización. El sistema 2400 puede incluir las características del sistema de almacenamiento criogénico 100 descritas anteriormente con referencia a las FIGs. 1-23, incluyendo el sistema de automatización de muestras 105 y el congelador 120, y además incluye un controlador 180. El controlador 180 puede estar acoplado de manera conectiva al sistema de automatización 105 y al congelador 120, y generalmente controla algunas o todas las operaciones de cada uno. Por ejemplo, el controlador 180 puede controlar y regular la temperatura, la humedad y otras condiciones dentro del congelador 120. El controlador 180 también puede controlar el sistema de automatización 105 (por ejemplo, el ensamble de motor 160, el tirador de estante 150, el manguito aislante 160 y el transportador 170) para gestionar y controlar la transferencia de muestras hacia y desde el congelador 120. El controlador 180 también puede controlar otras operaciones como la calibración de los componentes mecánicos, la identificación de las muestras y la recuperación de fallos o desastres. Además, el controlador puede mantener una base de datos 185 que almacena

información sobre las muestras almacenadas en el congelador 120, incluida la ubicación de cada muestra (es decir, estante y caja de muestras) dentro del congelador 120. El controlador 180 puede actualizar la base de datos 185 en respuesta a la transferencia de muestras dentro o fuera del congelador 120.

5 Para proporcionar dichas operaciones de control, el controlador 180 puede incluir recursos de hardware y software adecuados, como una o más estaciones de trabajo informáticas y una interfaz configurada para la comunicación con el sistema de automatización 105 y el congelador 120. El controlador 180 también puede incluir una interfaz (por ejemplo, una estación de trabajo) que permite a un usuario supervisar el sistema 2400, así como supervisar e iniciar las operaciones mencionadas del sistema 2400.

10

La FIG. 25 es un diagrama de flujo de un proceso 2500 de extracción de muestras de un sistema de almacenamiento criogénico automatizado, que puede ser llevado a cabo por cualquiera de los sistemas 100, 2400 descritos anteriormente con referencia a las FIGs. 1-24. Con referencia a las FIGs. 15 y 24, el controlador 180 puede recibir un identificador de muestra (ID) para una o más muestras a transferir (2505). Para cada muestra a transferir, el controlador 180 puede acceder a la base de datos 185 para determinar la ubicación actual de la muestra, incluyendo una dirección (estante y caja de muestras) de la muestra dentro del congelador 120 (2510). Basándose en esta ubicación, el controlador 180 puede dirigir el ensamble del motor 130 para rotar el portaestantes con el congelador 120 para alinear el estante seleccionado con el puerto de acceso 122 (2515). El controlador 180 puede entonces dirigir el ensamble de motor 130 para abrir la puerta automatizada 140 (2520), y dirigir el transportador 170 para posicionar el tirador de estante 150 y el manguito aislante 160 sobre el puerto de acceso 122 y el estante seleccionado (2525). Una vez posicionado, el tirador de estante 150 baja el ensamble de agarre 1011 para enganchar el estante seleccionado (2530) y elevar el estante seleccionado dentro del manguito aislante 160 a una altura que alinea la caja de muestras seleccionada con el puerto de manguito 165 (2535). Antes de elevar el estante seleccionado, o al mismo tiempo, el manguito aislante puede tratarse con un gas expelente como se ha descrito anteriormente con referencia a la FIG. 20D.

25

Una vez que la caja seleccionada está alineada con el puerto de manguito 165, el controlador 180 puede dirigir el manguito aislante 160 para expulsar parcialmente la caja a través del puerto de manguito 165 (2540). A continuación, un usuario puede retirar la caja por completo, de forma manual, para extraer las muestras y/o transferirlas a la caja. Una vez que se detecta que la caja se ha vuelto a colocar en el puerto de manguito 165 y en el estante (2545), el controlador puede dirigir el tirador de estante 150, el ensamble de motor 130 y el transportador 170 para volver a colocar el estante en el congelador 120, volver a colocar el tirador de estante 150 y el manguito aislante 160, y volver a colocar la puerta 140 en el puerto de acceso 122, volviendo el sistema 100 a un estado anterior a la operación de transferencia (2550). Además, si la caja no es reemplazada al puerto de manguito 165 dentro de un tiempo determinado (2555), entonces puede ocurrir una condición de tiempo de espera, y el sistema 100 puede reemplazar el estante al congelador 120 sin la caja de muestra seleccionada. Esto puede ayudar a prevenir que el estante recuperado alcance una temperatura indeseablemente alta mientras se extrae del congelador 120.

40

Las FIGs. 26A-C ilustran los sistemas de automatización 111, 112, 113 en realizaciones alternativas. Los sistemas de automatización 111, 112, 113 pueden estar configurados para incluir algunas o todas las características del sistema 100 y del sistema de automatización 105 descritos anteriormente con referencia a las FIGs. 1-25. Además, como se muestra en la FIG. 26A, el sistema de automatización 111 puede incluir una antecámara 2630 para alojar una caja de muestras 2080 durante la transferencia desde y/o hacia un estante. Un transportador de cajas 2645 puede mover automáticamente la caja de muestras 2080 entre el estante y la antecámara 2630. Además, una puerta de antecámara 2635 puede ser abierta manualmente por un usuario para acceder a la caja de muestras 2080. Al proporcionar una antecámara 2630 y un transportador de cajas 2645, el sistema de automatización 111 puede proporcionar una mayor automatización de una operación de transferencia de muestras, así como reducir la formación de escarcha en las cajas de muestras frías y/o reducir las cantidades de calor y/o humedad que entran en el congelador.

45

50

El sistema de automatización 112, mostrado en la FIG. 26B, puede incluir una antecámara 2631 y un transportador de cajas comparables a los del sistema 111 de la FIG. 26A descrito anteriormente, con la excepción de que la puerta de la antecámara 2638 puede incluir un puerto de guantes 2636. El puerto de guante 2636 puede permitir a un usuario manipular las muestras dentro de una caja de muestras en la antecámara 2631 sin abrir la puerta 2638 y así reducir la formación de escarcha en las cajas de muestras frías.

55

El sistema de automatización 113, mostrado en la FIG. 26C, puede incluir una antecámara 2638 que está adaptada para acomodar un estante de almacenamiento de muestras completo (por ejemplo, el estante de almacenamiento de muestras 480 como se muestra en la FIG. 4). En la operación, el transportador 170 puede posicionar el estante de almacenamiento de muestras (dentro del manguito aislante 160) por encima de la antecámara 2638, donde luego se baja a la antecámara 2639. Un usuario puede entonces abrir la puerta 2639 para retirar y/o reemplazar una o más cajas de muestras del estante de muestras. Alternativamente, el usuario puede retirar y/o reemplazar el propio estante de almacenamiento de muestras. Así, el sistema de automatización 113 permite la carga y descarga masiva de muestras hacia y desde el congelador 120.

60

65

Las FIGs. 27A-B ilustran una parte de un ensamble de motor para enganchar y bloquear con un árbol de accionamiento. Como se ha descrito anteriormente con referencia a la FIG. 8, para configurar el congelador 120 para la rotación y extracción automatizada de los estantes de almacenamiento de muestras 480, se une un ensamble de motor 130 a los soportes de motor 239 y al árbol de accionamiento 231. Para levantar el rodamiento esférico 733 de la pista 729, el árbol

de accionamiento 231 puede incluir un extremo exterior roscado (mostrado en la FIG. 9 como 934). El extremo exterior roscado del árbol de accionamiento 231 permite la rotación del portaestantes 360 para roscar el árbol de accionamiento 231 en el ensamble de motor 130 y levantar el rodamiento esférico 733 de la pista 729. Una vez levantado, el árbol de accionamiento 231 puede bloquearse en su posición en el ensamble de motor 130 para evitar que se siga enroscando o desenroscando el árbol de accionamiento 231. El ensamble de motor 130, descrito anteriormente con referencia a la FIG. 16, incluye una placa de bloqueo 1650, que se engancha con el árbol de accionamiento 231 para levantar y bloquear el árbol de accionamiento en su posición.

La placa de bloqueo 1650 se ilustra con más detalle en las FIGs. 27A-B. Como se muestra en la FIG. 27A, el lado inferior de la placa de bloqueo 1650 (es decir, el lado que está orientado hacia la cubierta del congelador 121) incluye una abrazadera extraíble 2710. La abrazadera 2710 puede incluir una apertura roscada 2715 para encajar con la porción roscada del árbol de accionamiento 231 (mostrado en la FIG. 9 como 934). La abrazadera 2710 puede apretarse mediante pernos ajustados (no mostrados) colocados en los agujeros roscados 2720. Al apretar la abrazadera 2710 hasta un grado determinado sin bloquear completamente el árbol de accionamiento 231, la abrazadera 2710 puede proporcionar un control de par sobre el árbol de accionamiento 231. Por ejemplo, ajustando la abrazadera 2710 adecuadamente, la abrazadera 2710 permitirá que el árbol de accionamiento 231 gire con respecto a la abrazadera 2710 cuando se aplique una cantidad determinada de par al árbol de accionamiento 231. Permitiendo que el árbol de accionamiento 231 gire en respuesta a un par de torsión umbral, se pueden evitar daños en el árbol de accionamiento 231 y en los componentes que se conectan con el árbol de accionamiento 231, incluido el portaestantes 360. También puede aplicarse un adhesivo a las paredes interiores de la apertura de la pinza para controlar el umbral de par.

Como se muestra en la FIG. 27A, el lado superior de la placa de bloqueo 1650 (es decir, el lado que entra en contacto con el engranaje central 1640 como se muestra en la FIG. 16) incluye una abertura 2730 alineada con la apertura 2715 de la abrazadera 2710.

Las FIGs. 28A-D ilustran un ensamble de agarre 2800 en otra realización. El ensamble de agarre 2800 puede incorporar características del ensamble de agarre 1011 descrito anteriormente con referencia a las FIGs. 11A-B, 12A-B, 13A-C y 19A-B, y puede implementarse en lugar del ensamble de agarre 1011 en las realizaciones descritas anteriormente. En particular, como se muestra en la FIG. 28A, el ensamble de agarre 2800 incluye un ensamble superior 2820 para conectarse con un soporte 1820 de un tirador de estante 150 (como se muestra en la FIG. 18), un árbol 2840, y un módulo de agarre 2812 para acoplarse a un estante de muestras 480 (como se muestra en la FIG. 11A-B).

Como resultado de entrar y salir repetidamente de un congelador desde un ambiente más cálido (por ejemplo, a temperatura ambiente), un ensamble de agarre puede condensar humedad en las superficies de sus componentes, la cual puede congelarse en esas superficies mientras el ensamble está en el congelador. Con el tiempo, este efecto puede provocar una acumulación de hielo y escarcha en las superficies del ensamble, que puede interferir con la operación del mismo. El ensamble de agarre 2800 difiere del ensamble de agarre 1011 por una serie de características que se describen a continuación. Algunas de las características, en particular, pueden ayudar a prevenir una acumulación de escarcha en el ensamble de agarre 2800, así como evitar que la escarcha interfiera con la operación del ensamble de agarre 2800. El ensamble de agarre 1011 puede ser modificado para incorporar una o más de estas características.

Como se muestra en la FIG. 28B, el árbol 2240 comprende un marco que tiene un interior abierto, en contraste con la forma sólida del árbol del ensamble de agarre 1011 descrito anteriormente. Asimismo, los pasadores de localización 2813 incluyen una superficie cónica hacia el lado inferior del módulo 2812. Al reducir la masa y la superficie del árbol 2240, los pernos de localización 2813 y, opcionalmente, otros componentes, también se reduce la cantidad de escarcha que puede formarse en estas superficies. Además, un sello de humedad 2835 se encuentra dentro del árbol 2840 y abarca la varilla que se extiende hasta el retén en T 2018. Al crear un sello alrededor de la varilla, el sello de humedad 2835 evita que la humedad en la porción superior de la varilla migre hacia abajo de la varilla hasta el retén en T 2818 y cause una acumulación de escarcha en el retén en T 2818. Más bien, una porción superior biselada del sello de humedad 2018, también mostrada en la FIG. 28D, ayuda a dirigir la humedad por el lado del módulo de agarre 2812 hacia un escudo de goteo 2830.

El escudo de goteo 2830, como se muestra en la FIG. 28C, incluye hojas 2832, una primera de las cuales está inclinada hacia arriba y una segunda hacia abajo. Como resultado, la humedad líquida que llega a la superficie del escudo de goteo 2830 (por ejemplo, desde el árbol 2840 o el sello de humedad 2835) se dirige hacia abajo, hacia la hoja inferior, donde puede gotear lejos del escudo, y lejos de los componentes debajo del escudo de goteo 2830, antes de que pueda formar escarcha en las superficies del módulo. El escudo 2830 también previene que la humedad gotee sobre la parte superior de un estante debajo del módulo de agarre 2812, evitando así la acumulación de escarcha en la parte superior del estante donde puede interferir con la operación de agarre. La hoja superior 2832 también incluye una apertura para acomodar una varilla de detección 2816, que puede operar de manera comparable a la varilla de detección 1116 descrita anteriormente con referencia a las FIGs. 19A-B.

Un pasador espaciador 2824 se extiende desde la superficie inferior del escudo de goteo 2830 y se estrecha hasta un punto de contacto. El pasador espaciador 2824 puede extenderse a una longitud tal que, cuando el módulo 2812 se engancha con un estante, sólo los pasadores espaciadores hacen contacto con la superficie superior del estante, mientras que los pasadores de localización 2813 y el retén en T 2818 entran en los orificios correspondientes en la superficie

5 superior del estante. Si una superficie más ancha del módulo, que tiene mayor susceptibilidad a la acumulación de escarcha, entrara en contacto con la superficie superior de un estante, podría formarse un puente de hielo entre el módulo y el estante, lo que podría impedir que el módulo se separara del estante. Por el contrario, al permitir que sólo el pasador espaciador 2824 entre en contacto con la superficie superior del estante, cualquier puente de hielo que pueda formarse entre el pasador espaciador 2824 se romperá cuando el módulo 2812 se separe del estante. Así, el pasador espaciador 2824 facilita el desprendimiento entre el módulo 2812 y un estante. Aunque se muestra un solo pasador espaciador 2824, se pueden implementar dos o más pasadores espaciadores. Alternativamente, se puede implementar otro componente adecuado, como una junta tórica, una rejilla u otra longitud de material en lugar del pasador espaciador 2824 para asegurar que se mantenga una distancia entre el módulo 2812 y un estante.

10 En otras realizaciones, uno o más de los pasadores espaciadores 2824, los pasadores de localización 2813 y el retén en T 2818 pueden ser calentados continuamente, periódicamente, o antes o después de la inserción en un congelador, con el fin de eliminar la escarcha y prevenir una acumulación de hielo o escarcha. Los componentes pueden calentarse electrónicamente, por convección o por otros medios adecuados. Alternativamente, se puede aplicar una fuente de calor al entorno dentro de un manguito (por ejemplo, el manguito aislante 160), calentando así el ensamble de agarre 2800 cuando se encuentra dentro del manguito.

15 En la solicitud de patente provisional 62/140,160, titulada "Congelador criogénico", presentada el 30 de marzo de 2015, y ahora presentada como solicitud de utilidad de los Estados Unidos (expediente de abogado n° 0100.2401-001) el 30 de marzo de 2016, se pueden encontrar más detalles de un congelador para su uso con la invención descrita en la presente.

20 Aunque esta invención ha sido particularmente mostrada y descrita con referencias a realizaciones de ejemplo de la misma, se entenderá por los expertos en la materia que varios cambios en la forma y los detalles se pueden hacer en la misma sin apartarse del alcance de la invención abarcada por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de almacenamiento criogénico automatizado (100) que comprende:
5 un congelador (120) configurado para almacenar una pluralidad de estantes de muestras (480) en un entorno criogénico, el congelador (120) incluye una puerta (140) que permite el acceso al entorno criogénico a través de un puerto (122) en la porción superior del congelador (120); un sistema de extracción que incluye:
un sistema de accionamiento (130) montado en la parte superior del congelador (120), estando el sistema de accionamiento (130) configurado para girar los estantes de muestras (480) para alinear uno seleccionado de los estantes de muestras (480) con el puerto (122);
10 un manguito aislante (160) configurado para alojar la seleccionada de los estantes de muestras (480) por encima del puerto (122), el manguito aislante (160) incluye un puerto de manguito (165) para permitir que un usuario acceda a una caja de muestras seleccionada (2080) desde la seleccionada de los estantes de muestras (480); y
un tirador de estante (150), estando el tirador de estante (150) configurado para enganchar el seleccionado de los estantes de muestras(480) y elevar el seleccionado de los estantes de muestras(480) a través del puerto (122) y dentro del manguito aislante (160), estando el sistema caracterizado por un portaestantes (360) configurado para suspender cada uno de la pluralidad de estantes de muestras(480) por una respectiva porción superior del estante, en donde el portaestantes incluye además un montaje de estante (250, 351) en una superficie superior del portaestantes (360) y que tiene una pluralidad de aberturas, el montaje de estante (250, 351) que suspende cada una de la pluralidad de estantes de muestras (480) en una respectiva de la pluralidad de aberturas.
15
2. El sistema (100) de acuerdo con la reivindicación 1, donde cada una de la pluralidad de aberturas incluye una guía (652) que se extiende verticalmente por encima de una superficie superior del montaje de estante, la guía (652) está adaptada para centrar un estante de muestras respectivo (480) dentro de la abertura a medida que el estante de muestras respectivo (480) se baja a través de la abertura.
20
3. El sistema (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el portaestantes (360) incluye además una pluralidad de rieles, cada uno de los cuales está posicionado adyacente a uno respectivo de la pluralidad de estantes de muestras (480).
25
4. El sistema (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el congelador (120) es un recipiente criogénico refrigerado por líquido y aislado al vacío.
30
5. Un método de almacenamiento criogénico automatizado que comprende:
almacenar una pluralidad de estantes de muestras (480) en un congelador (120) manteniendo un entorno criogénico;
35 suspender, mediante un portaestantes (360), cada uno de la pluralidad de estantes de muestras (480) por una respectiva porción superior del estante, incluyendo el portaestantes (360) un montaje de estante (250, 351) en una superficie superior del portaestantes y teniendo una pluralidad de aberturas el montaje de estante que suspende cada uno de la pluralidad de estantes de muestras (480) a través de la superficie superior en una respectiva de la pluralidad de aberturas, girando automáticamente los estantes de muestras (480) para alinear uno seleccionado de los estantes de muestras (480) con un puerto (122) a través de una porción superior del congelador (120);
40 abrir automáticamente una puerta (140) correspondiente al puerto (122);
enganchando automáticamente uno de los estantes de muestras seleccionados mediante un tirador de estante (150) que incluye un dispositivo de agarre (1011);
elevar automáticamente el seleccionado de los estantes de muestras (480), a través del dispositivo de agarre, a través del puerto (122) y a través de un manguito aislante (160) externo al congelador (120); y alinear automáticamente una caja de muestras seleccionada (2080) del seleccionado de los estantes de muestras (480) a un puerto de manguito (165) del manguito aislante (160) para permitir que un usuario acceda a la caja de muestras seleccionada (2080).
45
6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende además el montaje de al menos uno de los manguitos aislantes (160) y del tirador de estante (150) en la parte superior del congelador (120).
50
7. El método de acuerdo con la reivindicación 5, en donde la elevación del estante de muestras seleccionado (480) incluye la elevación del estante de muestras seleccionado (480) a una posición que alinea la caja de muestras seleccionada (2080) con el puerto de manguito (165).
55
8. El método de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende además impedir el acceso a otras cajas de muestras del estante de muestras seleccionado (480) cuando la caja de muestras seleccionada (2080) está alineada con el puerto de manguito (165).

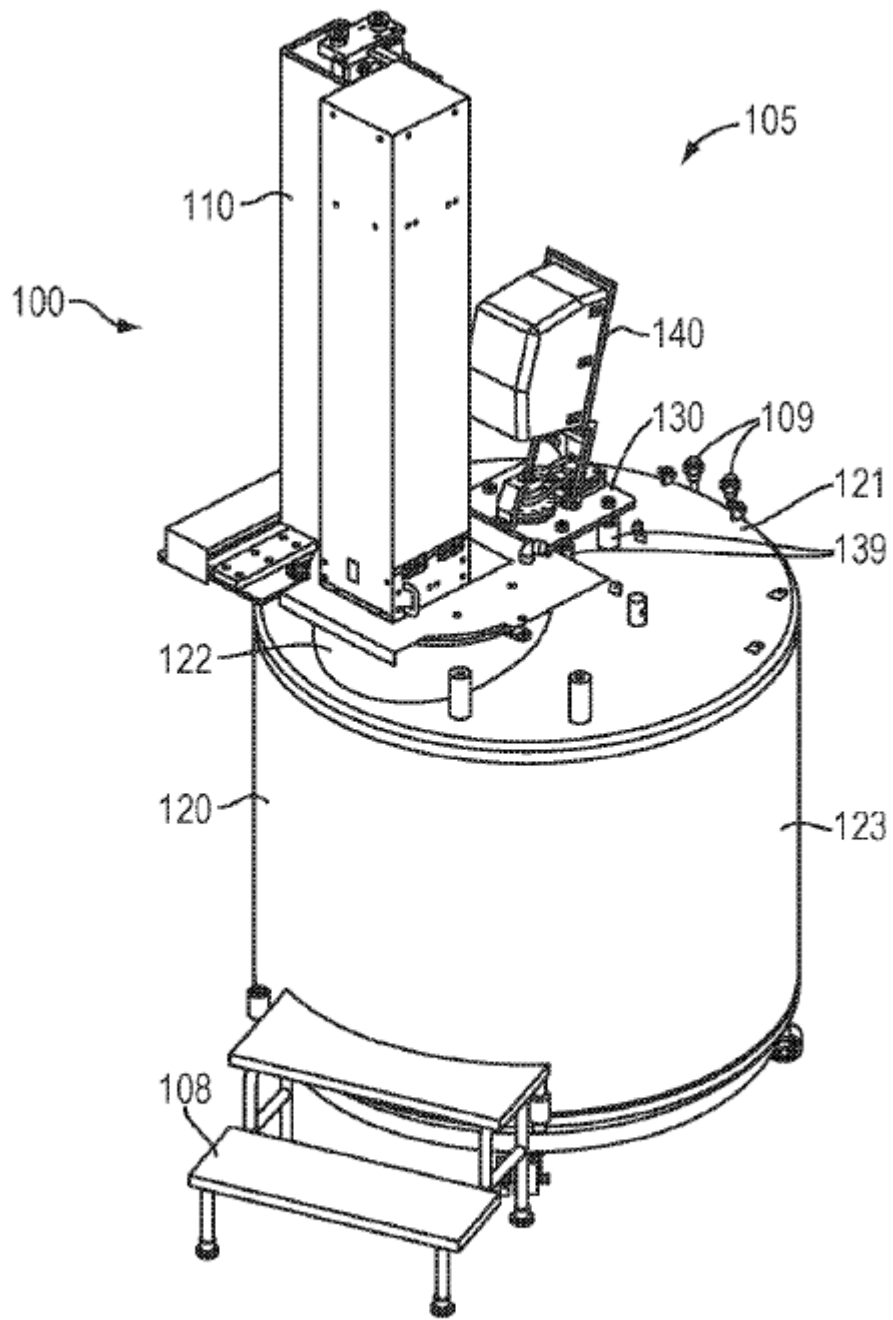


FIG. 1

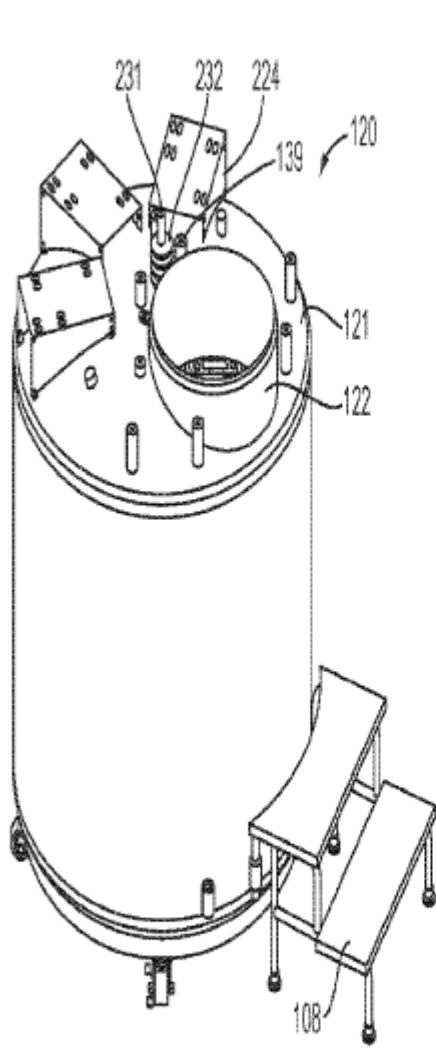


FIG. 2A

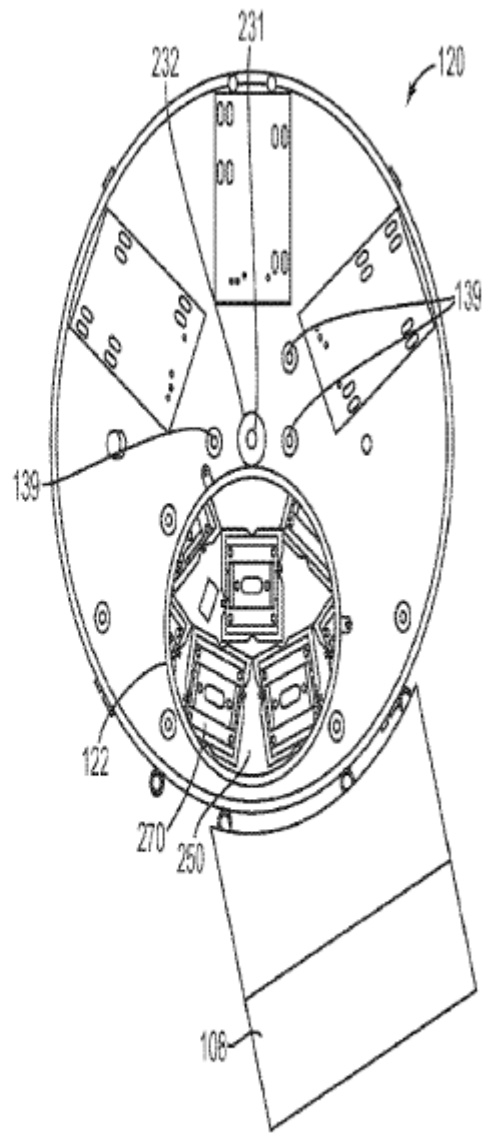


FIG. 2B

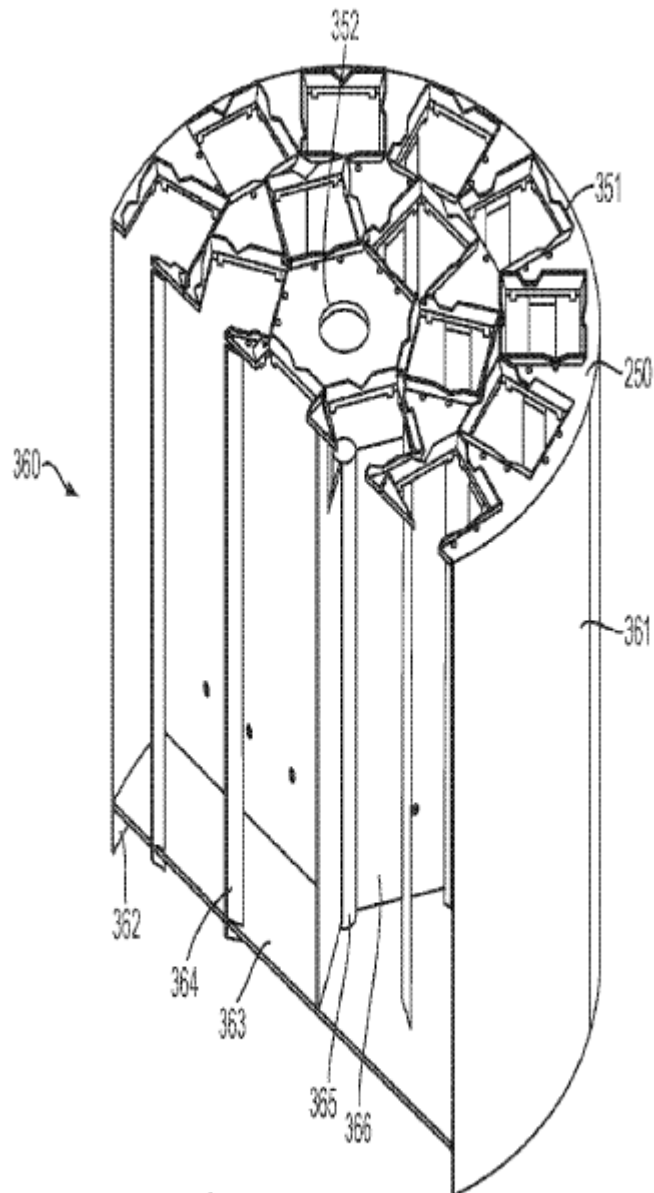


FIG. 3

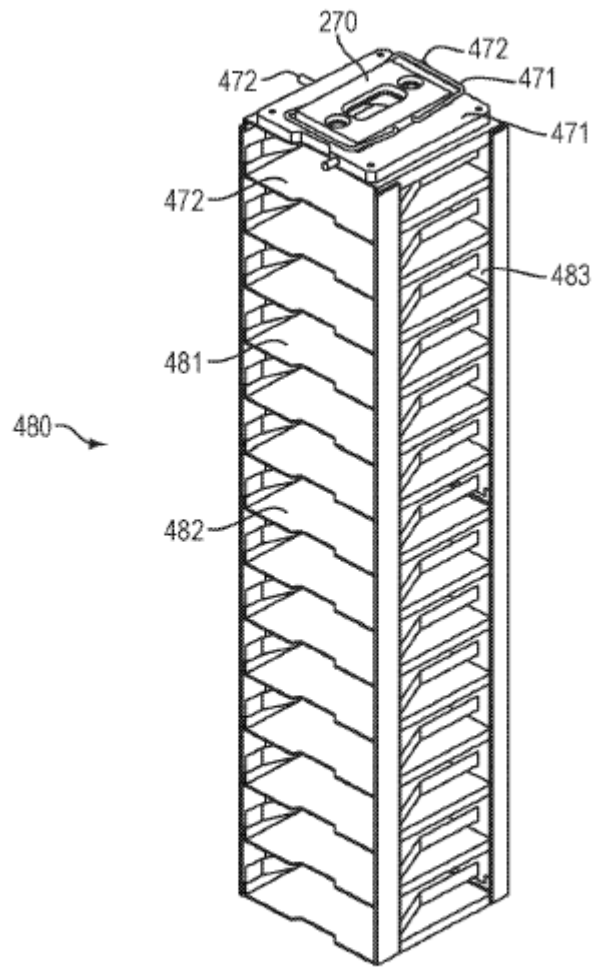


FIG. 4

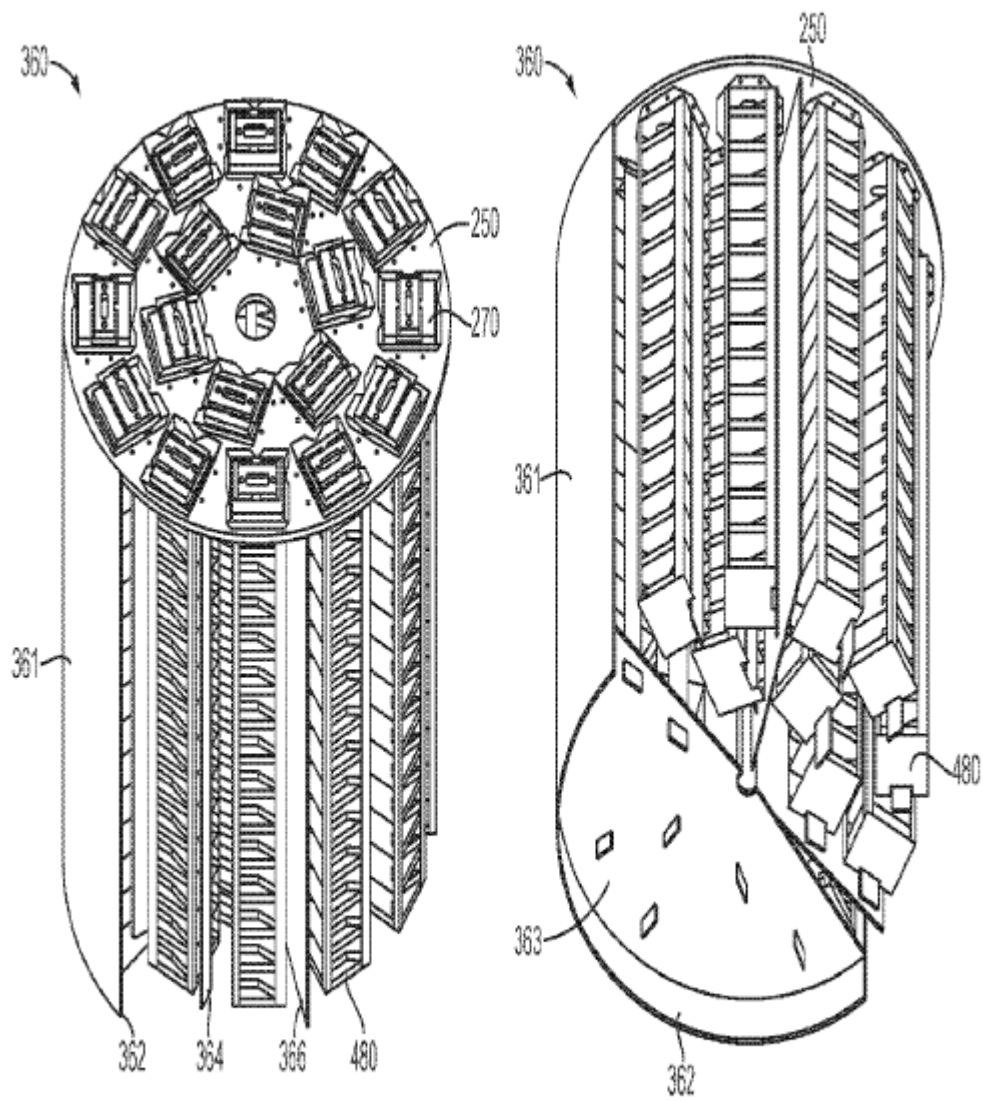


FIG. 5A

FIG. 5B

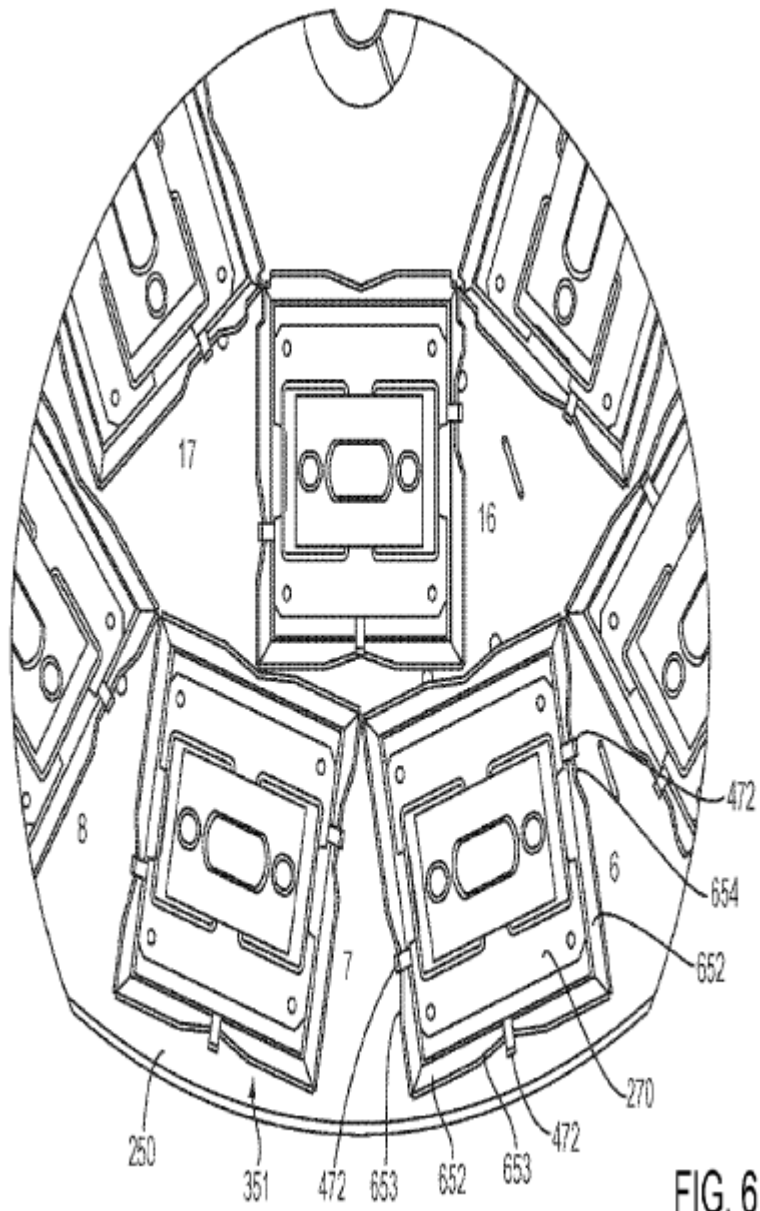


FIG. 6

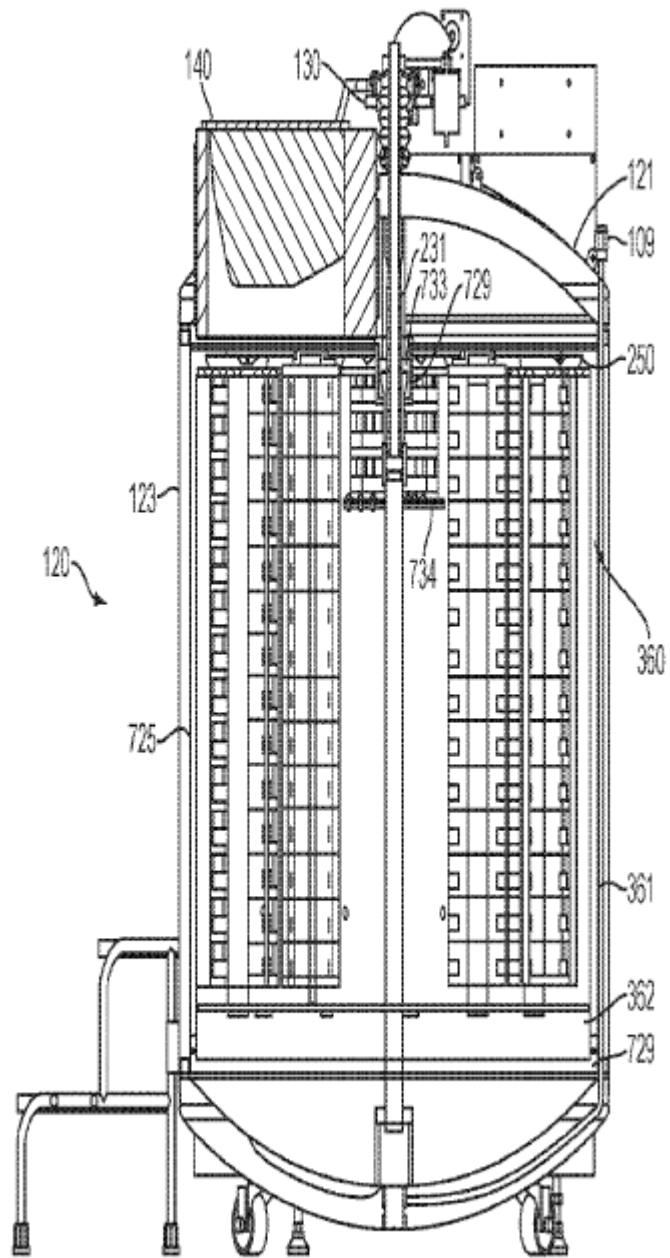


FIG. 7

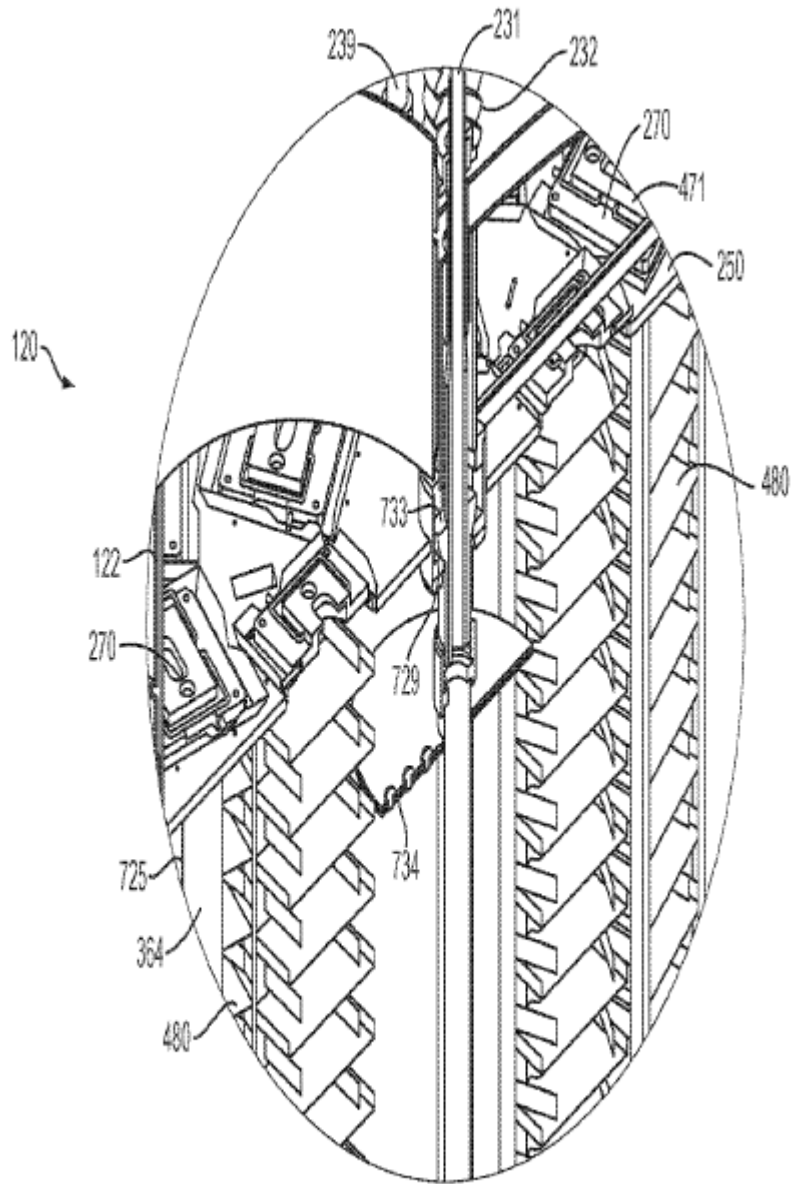


FIG. 8

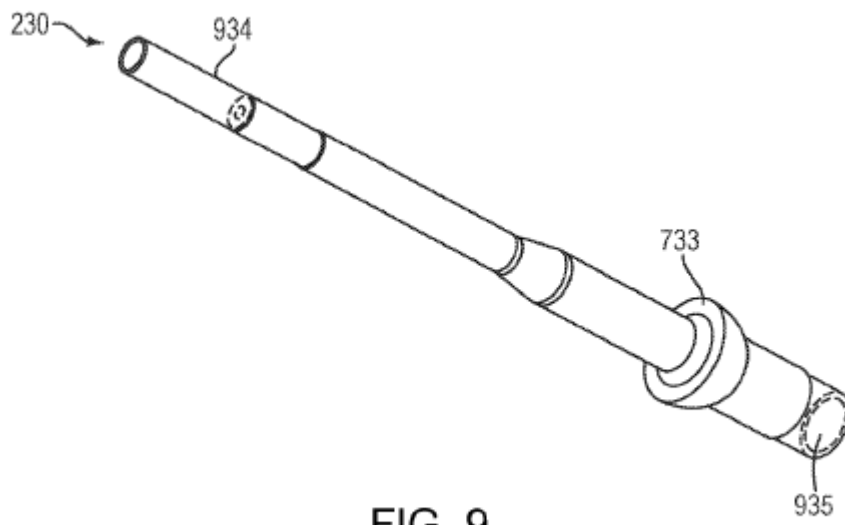
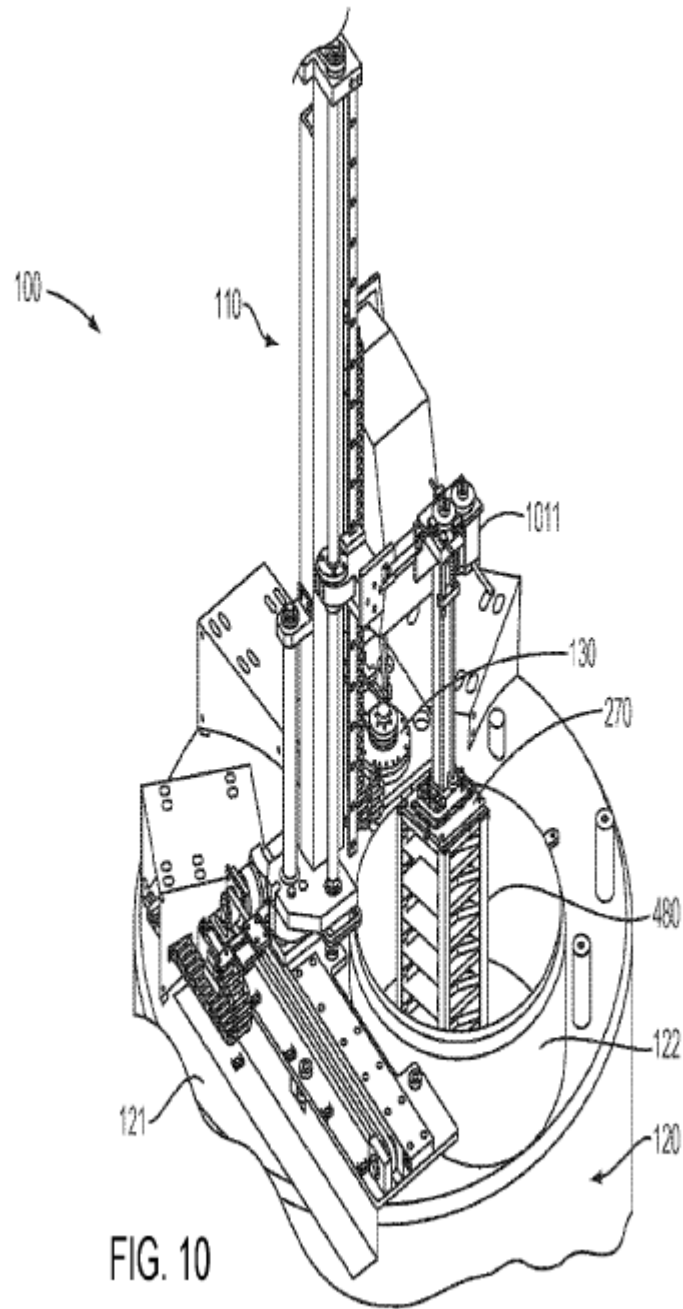


FIG. 9



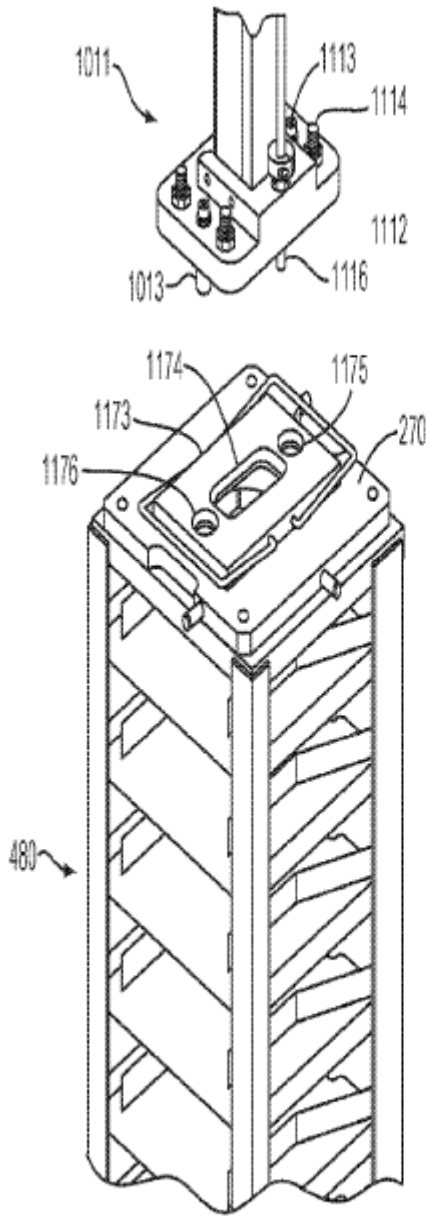


FIG. 11A

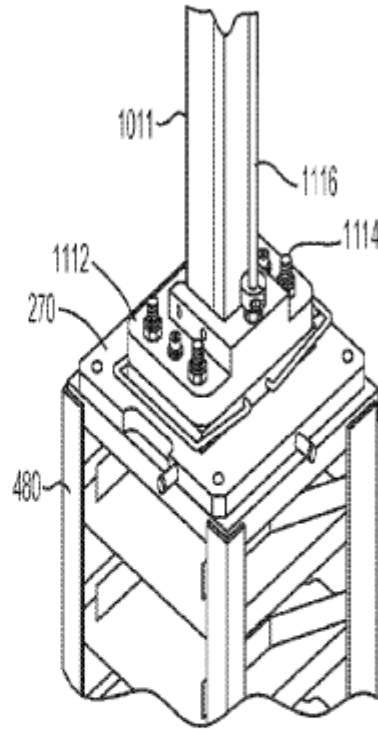


FIG. 11B

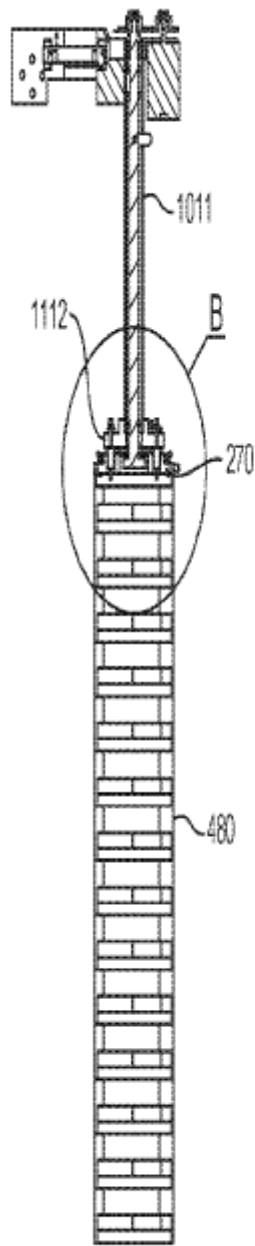


FIG. 12A

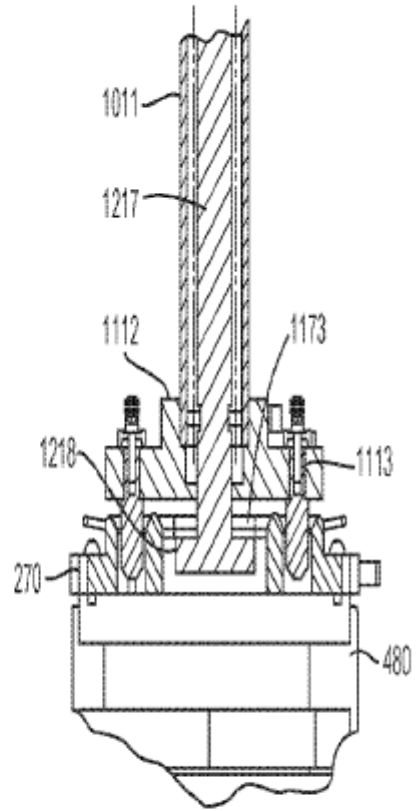


FIG. 12B

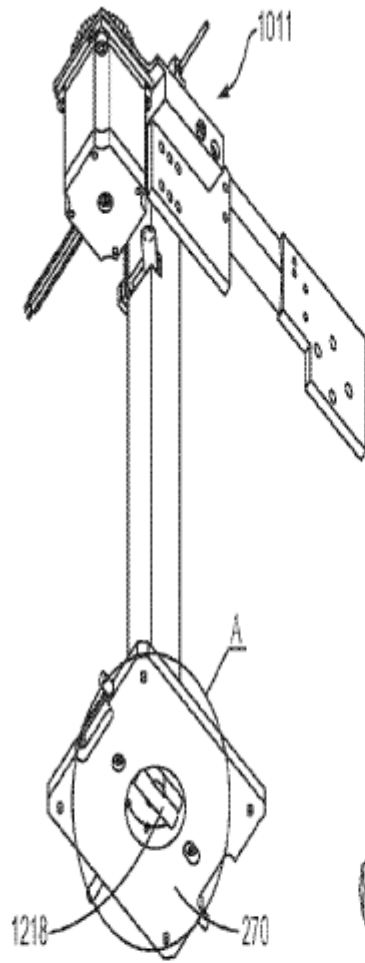


FIG. 13A

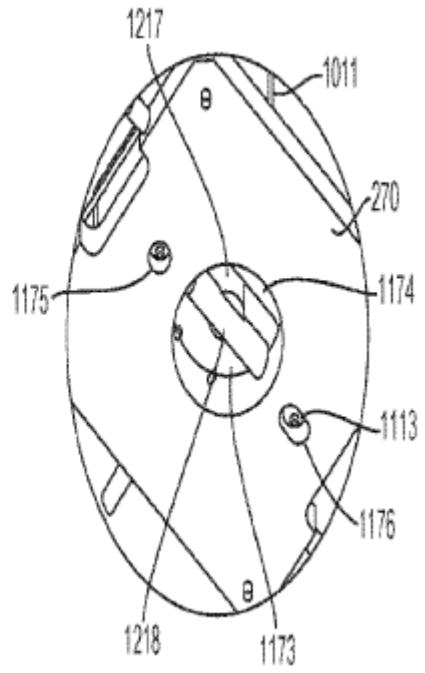


FIG. 13B

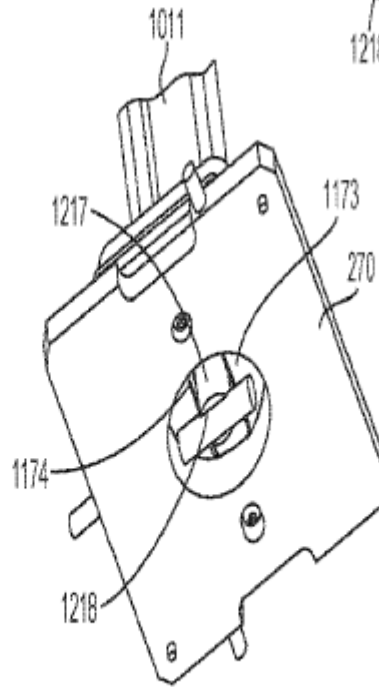


FIG. 13C

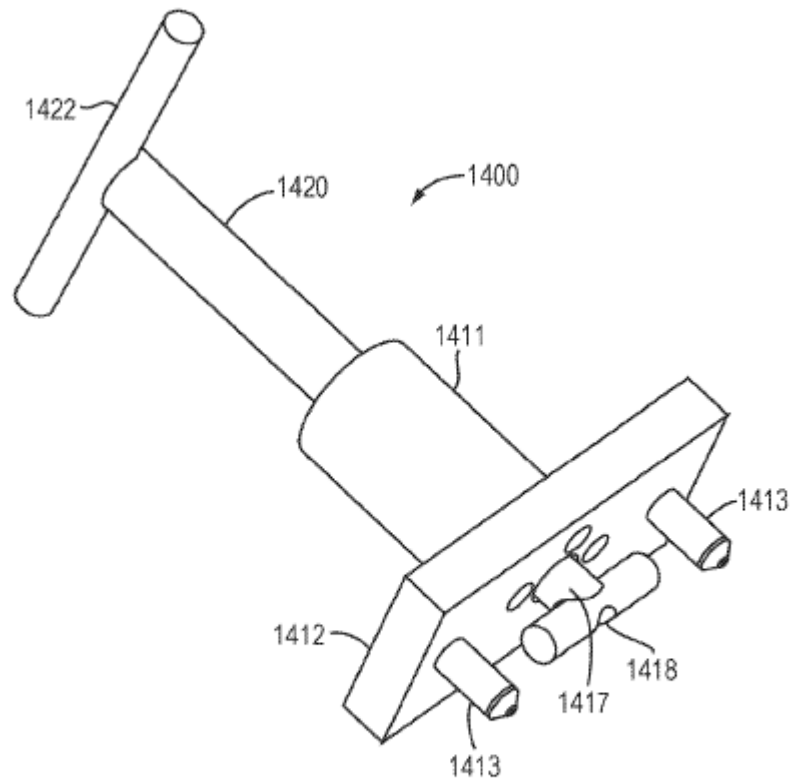


FIG. 14

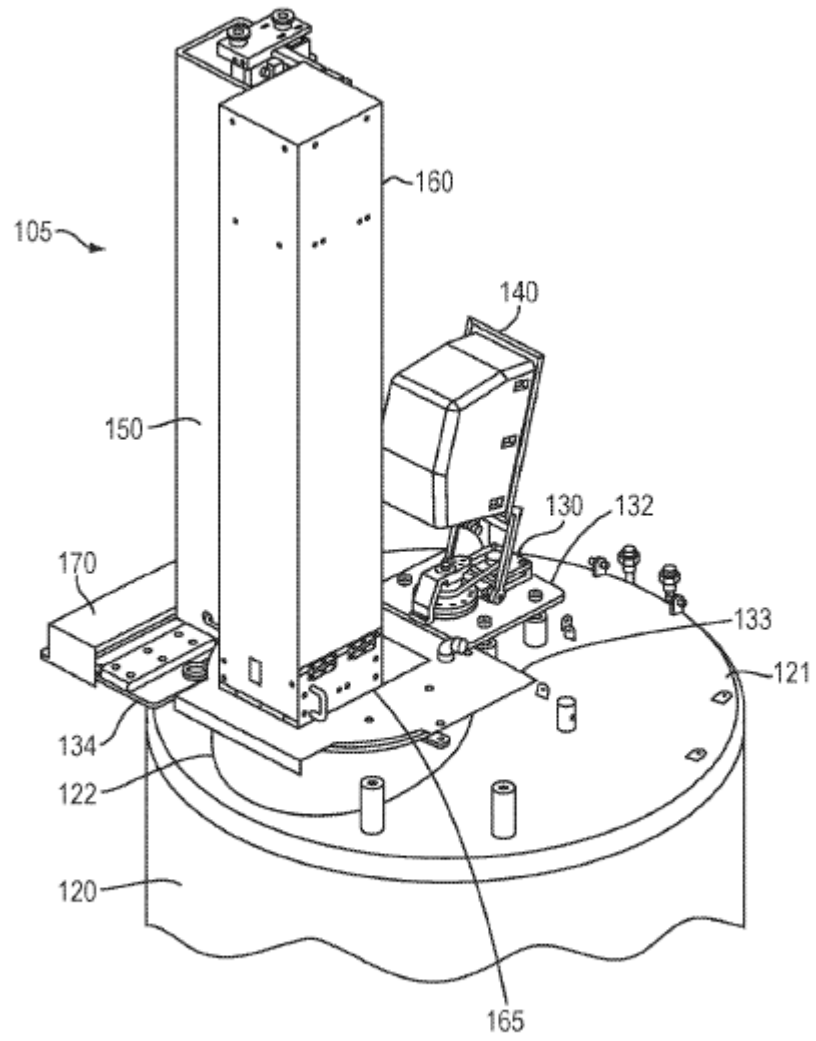


FIG. 15

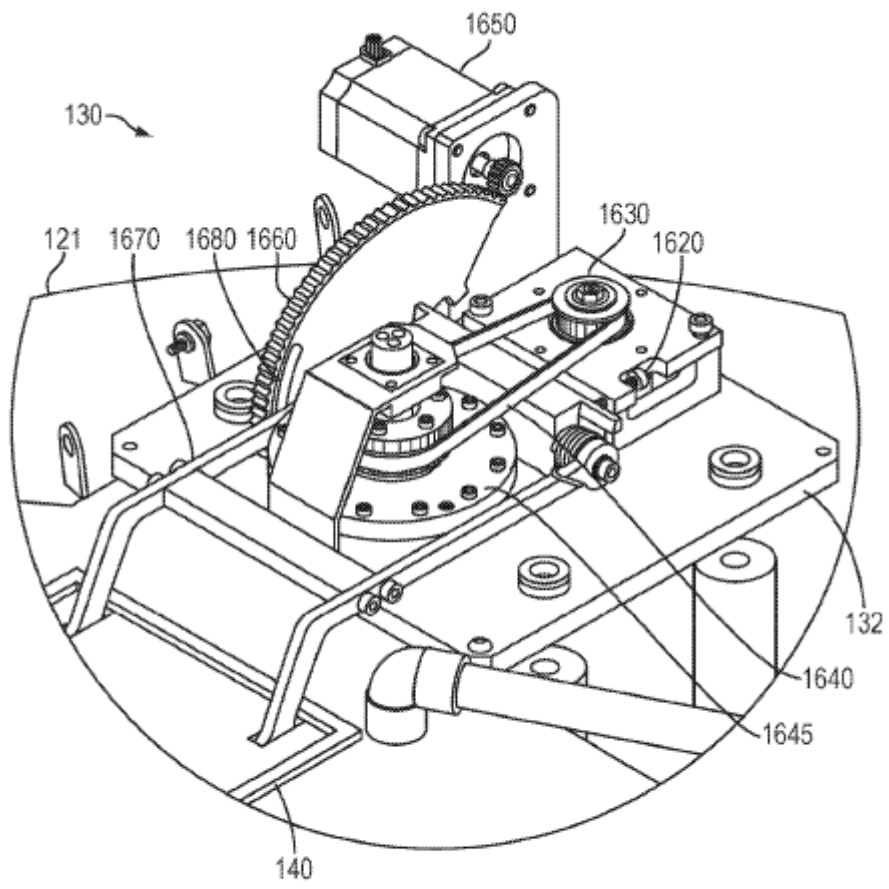


FIG. 16

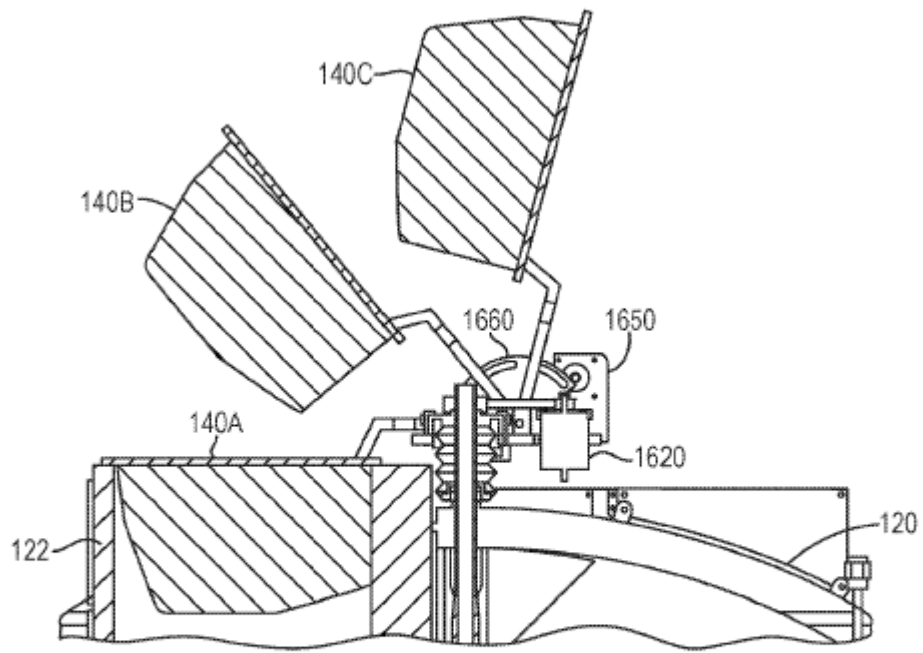


FIG. 17

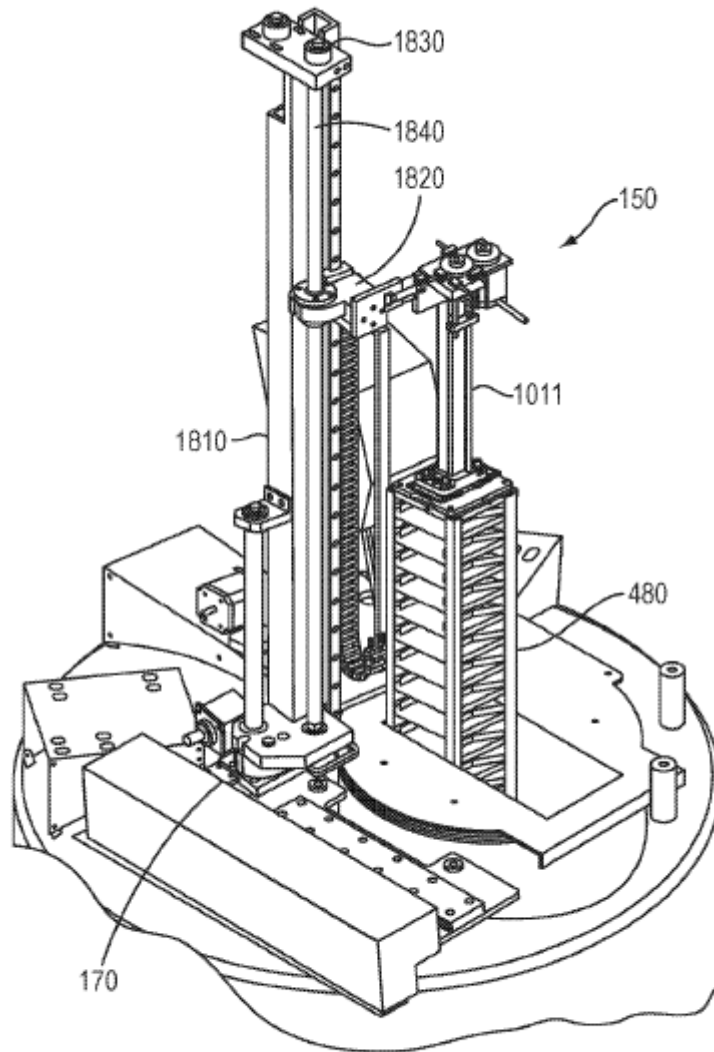


FIG. 18

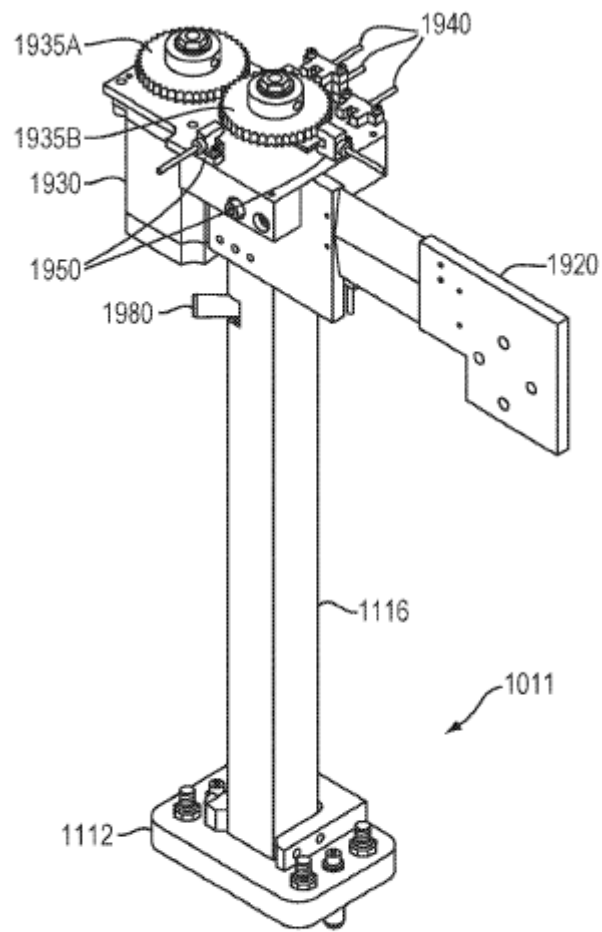


FIG. 19A

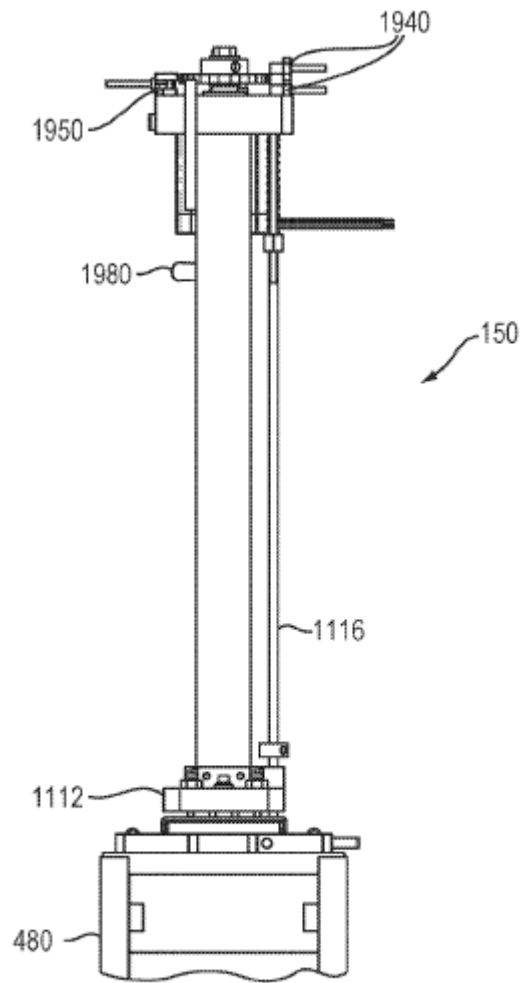


FIG. 19B

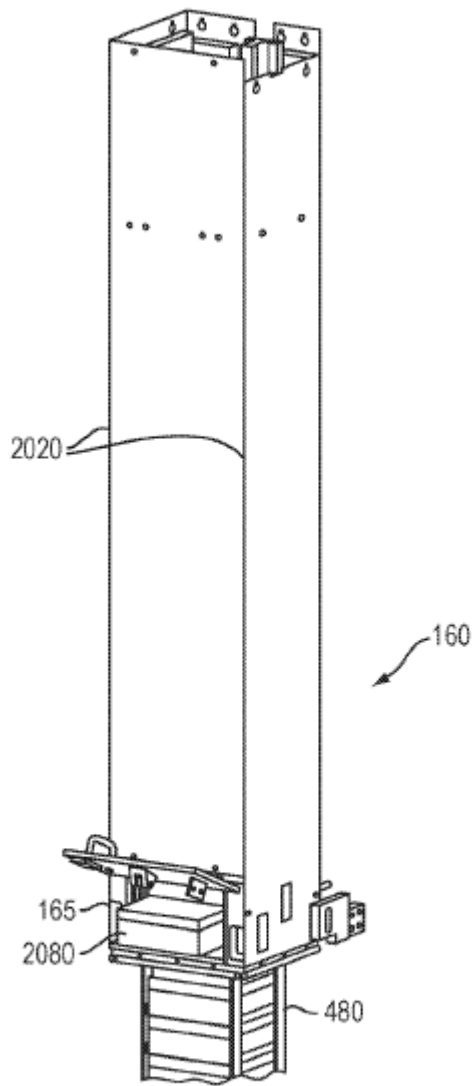


FIG. 20A

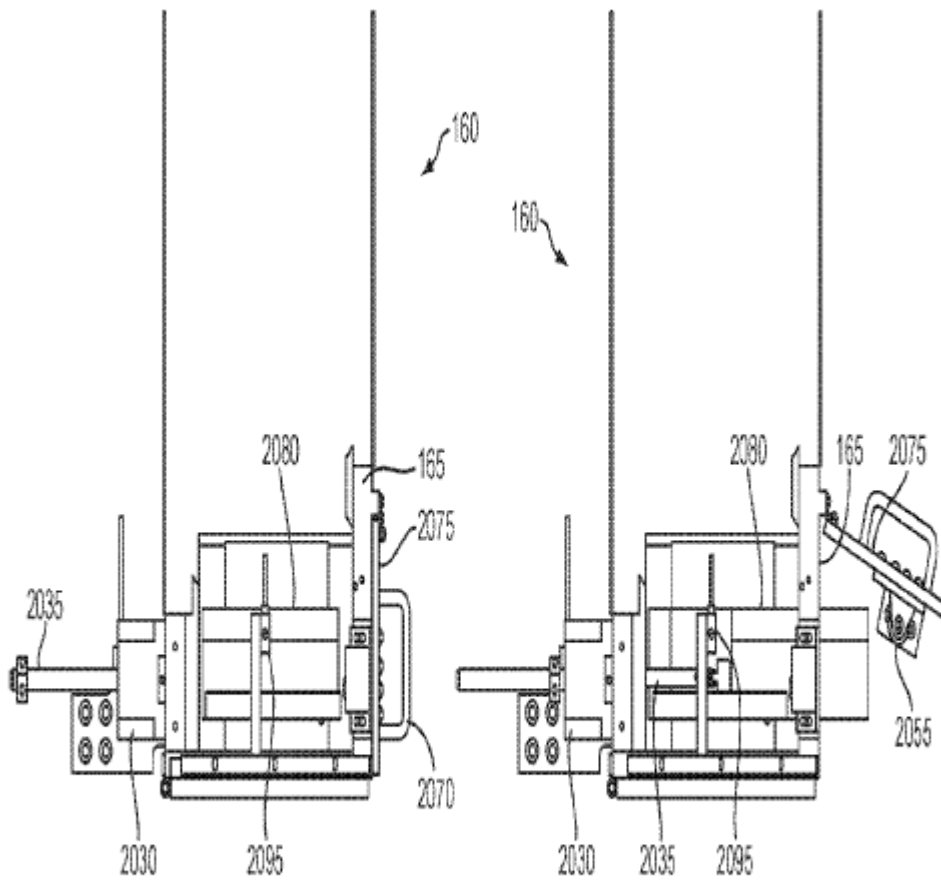


FIG. 20B

FIG. 20C

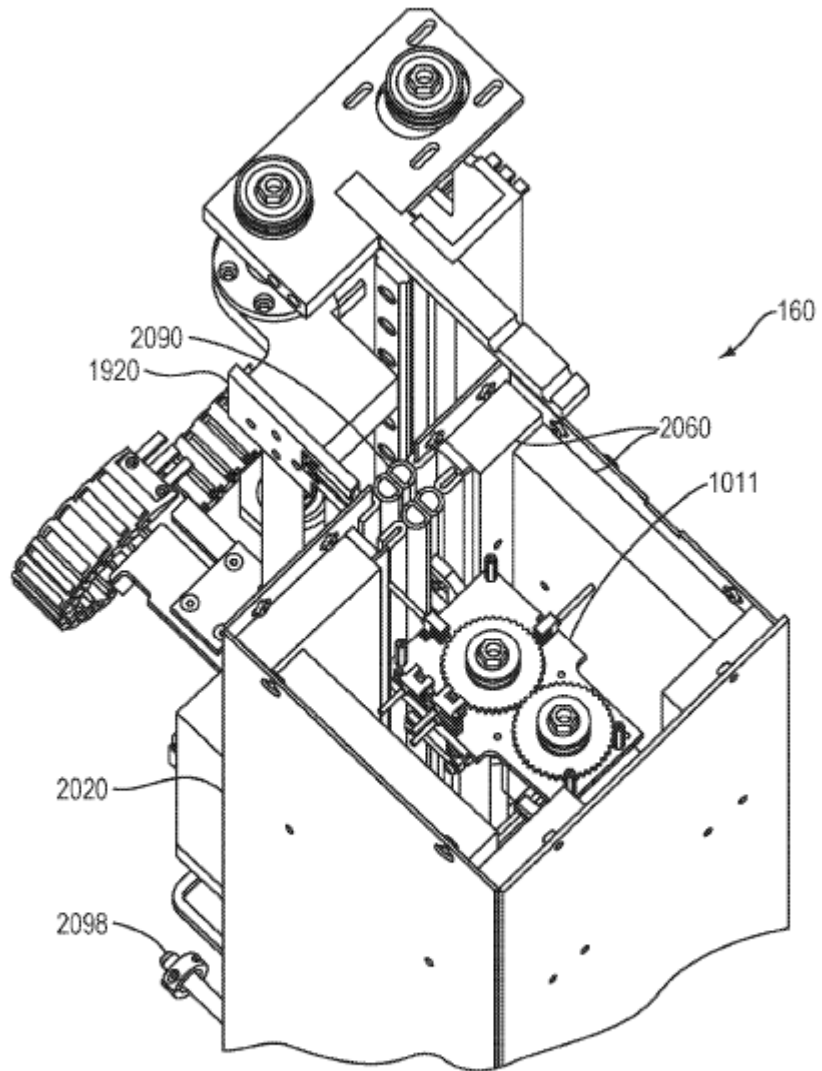


FIG. 20D

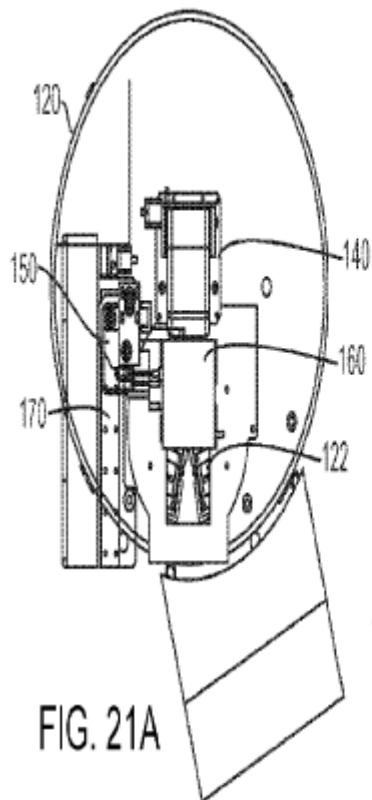


FIG. 21A

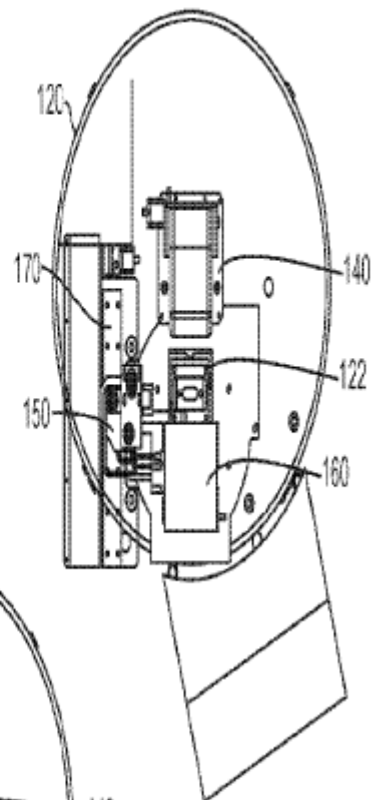


FIG. 21B

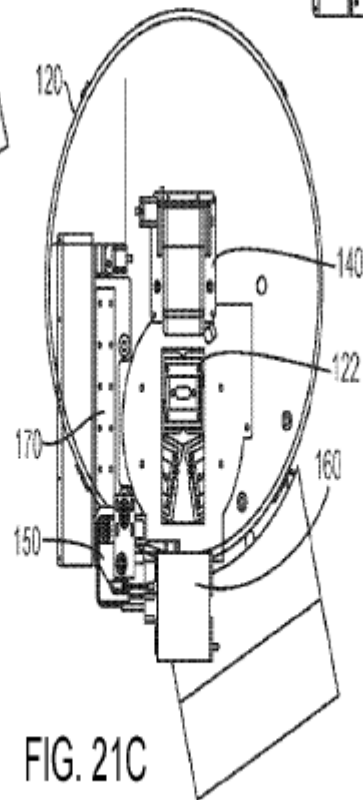


FIG. 21C

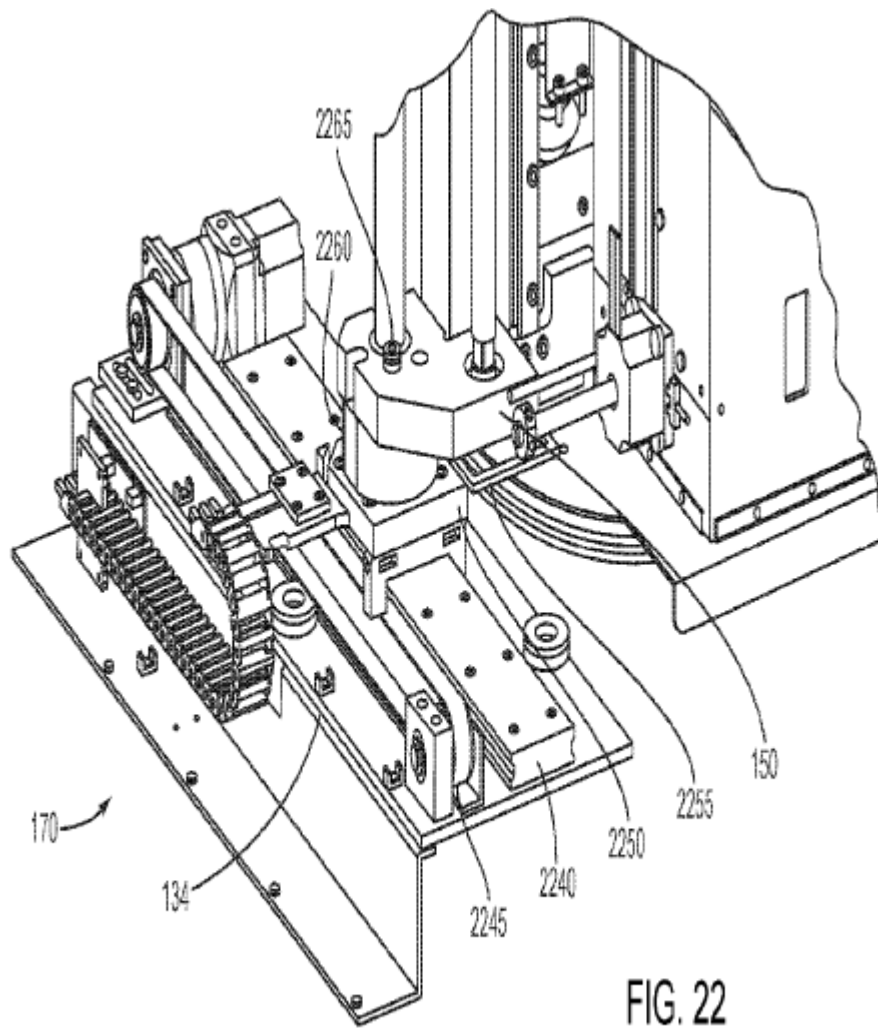
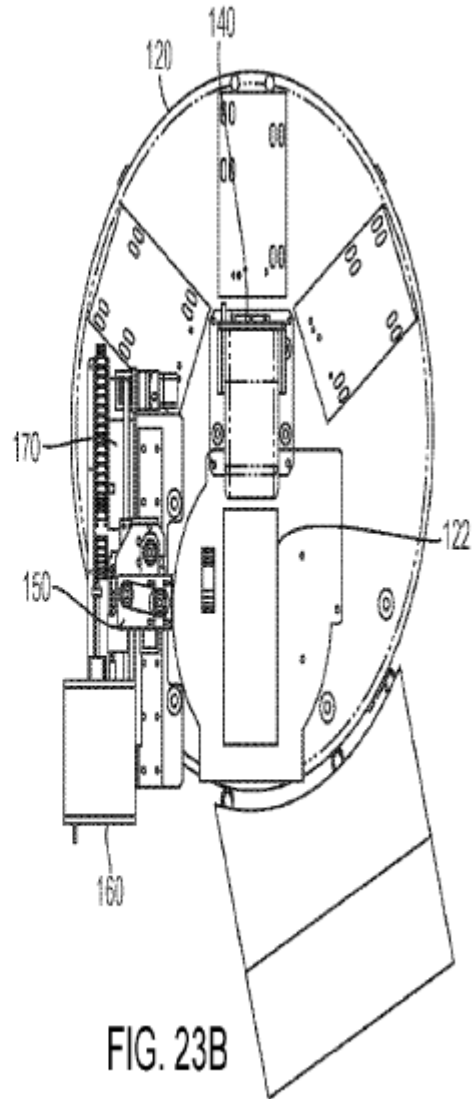
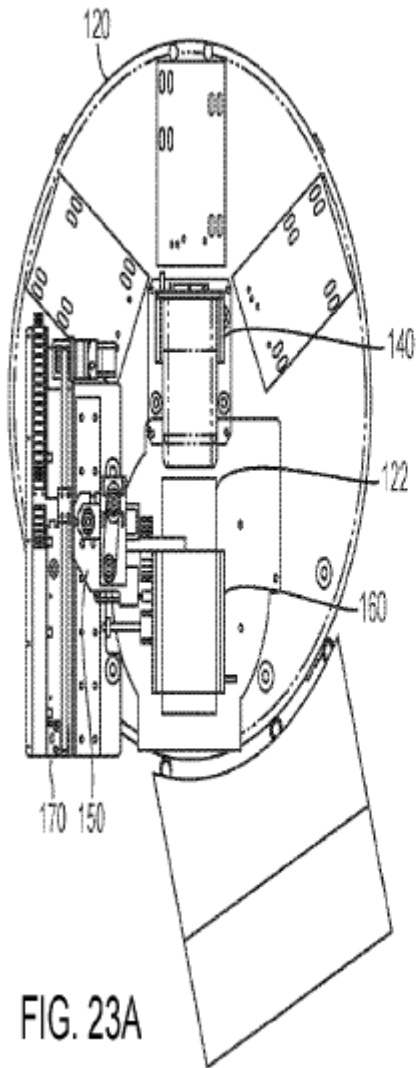


FIG. 22



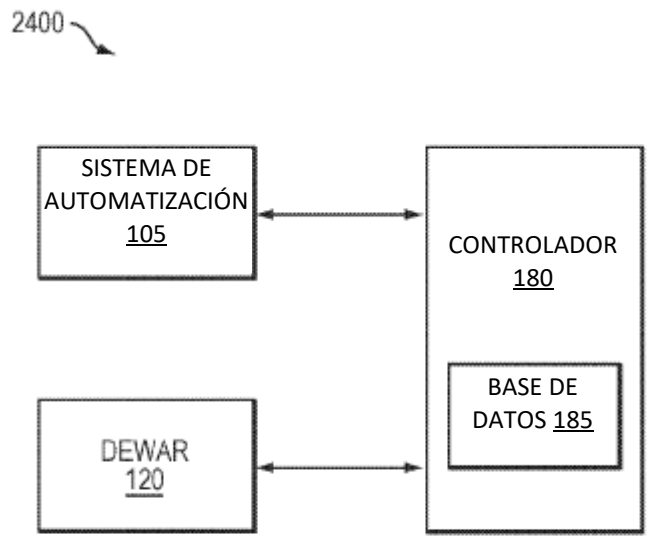


FIG. 24

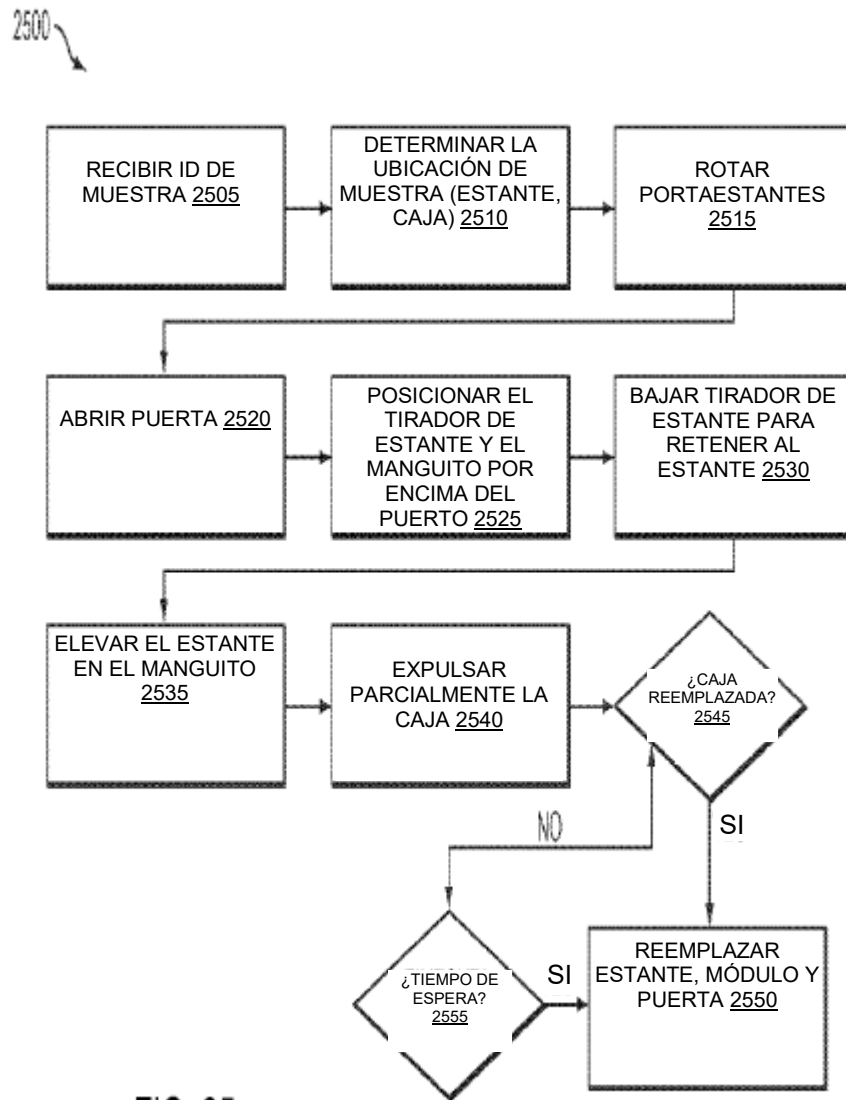


FIG. 25

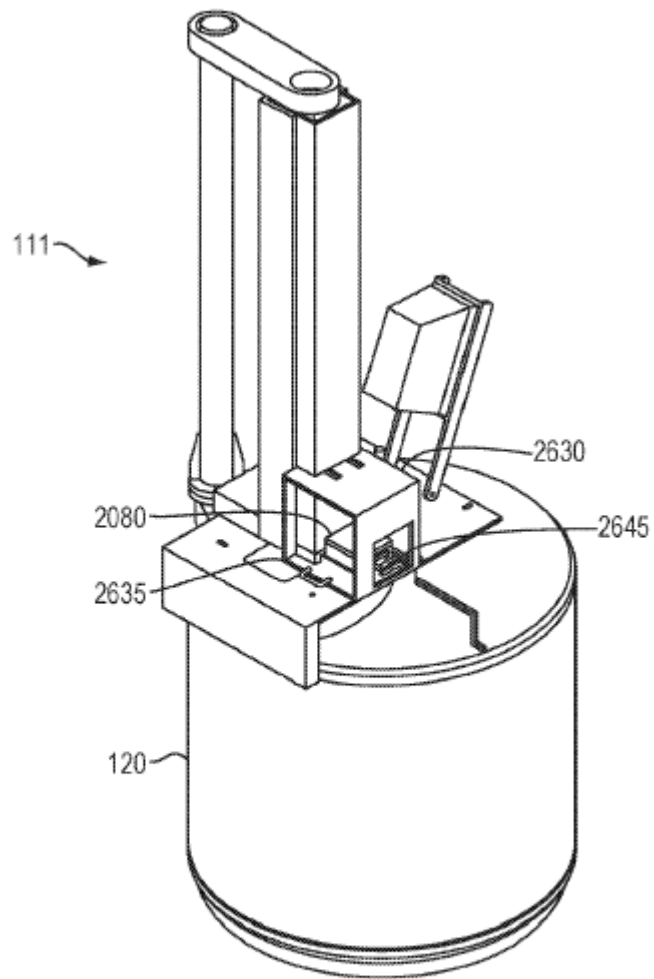


FIG. 26A

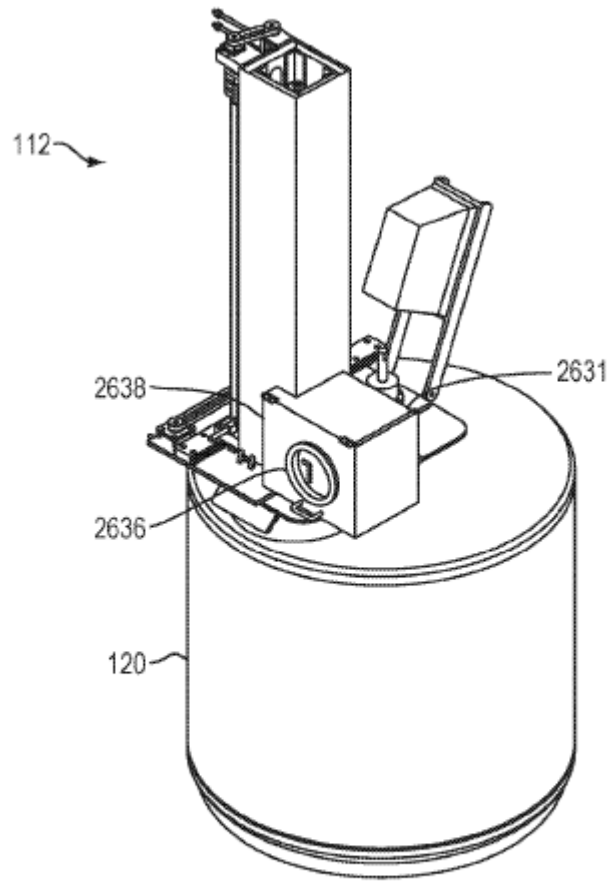


FIG. 26B

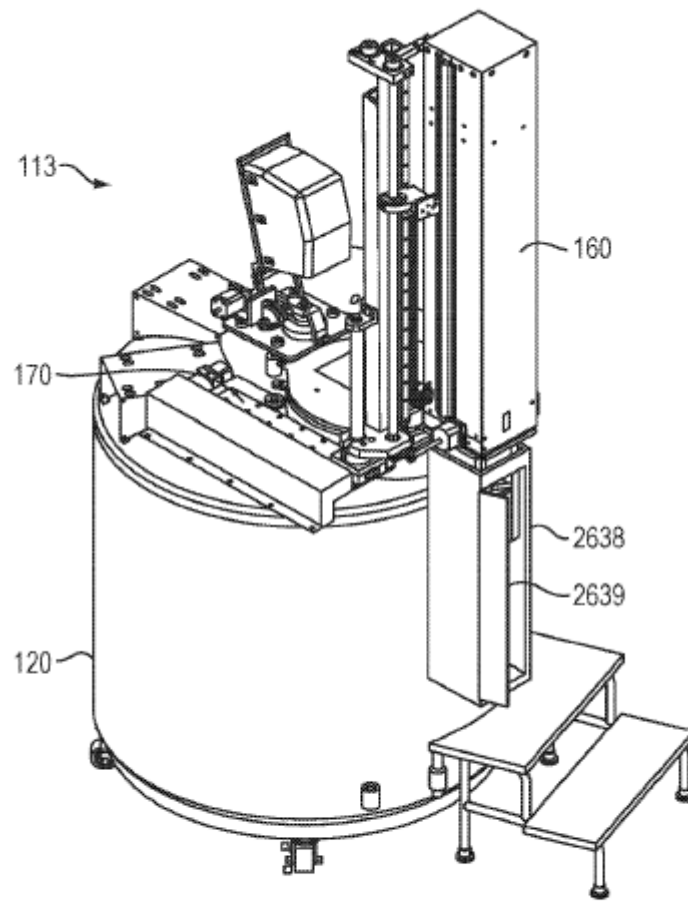


FIG. 26C

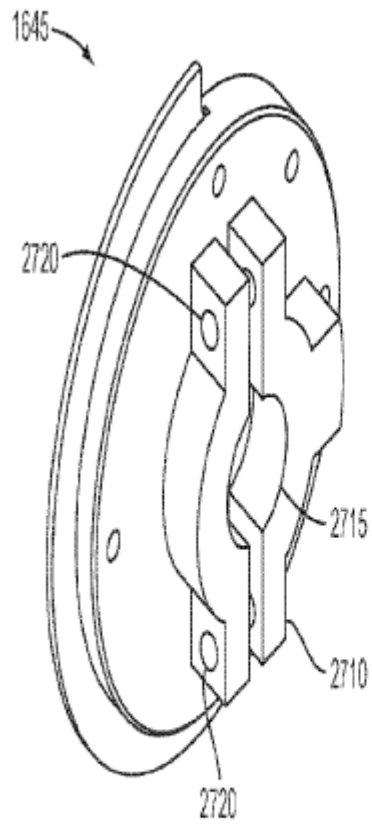


FIG. 27A

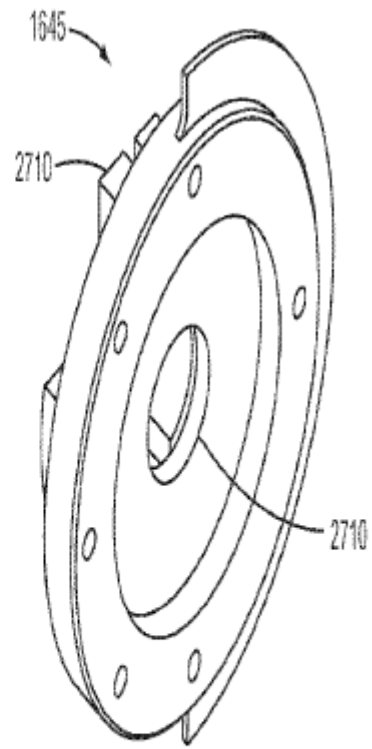


FIG. 27B

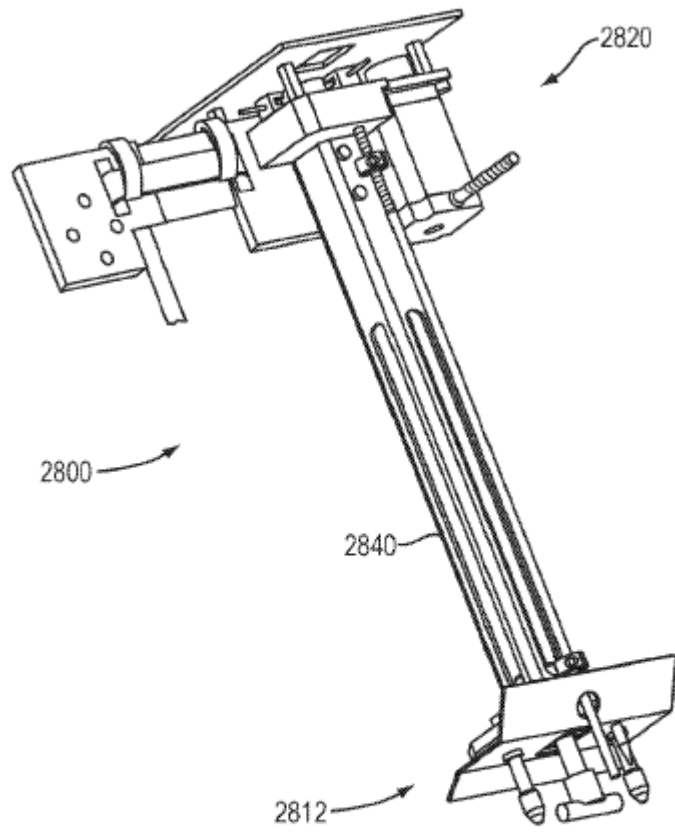


FIG. 28A

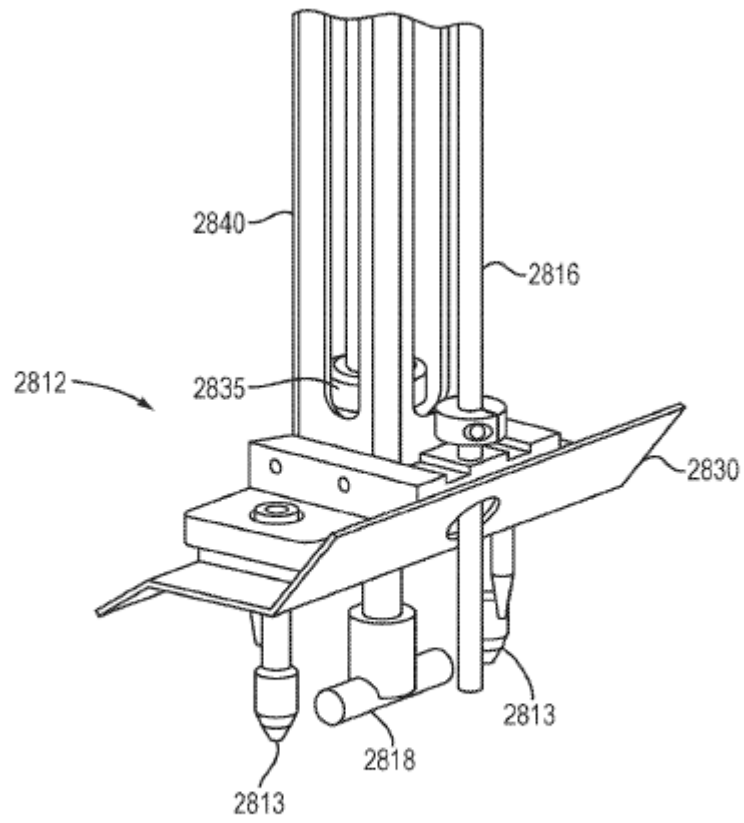


FIG. 28B

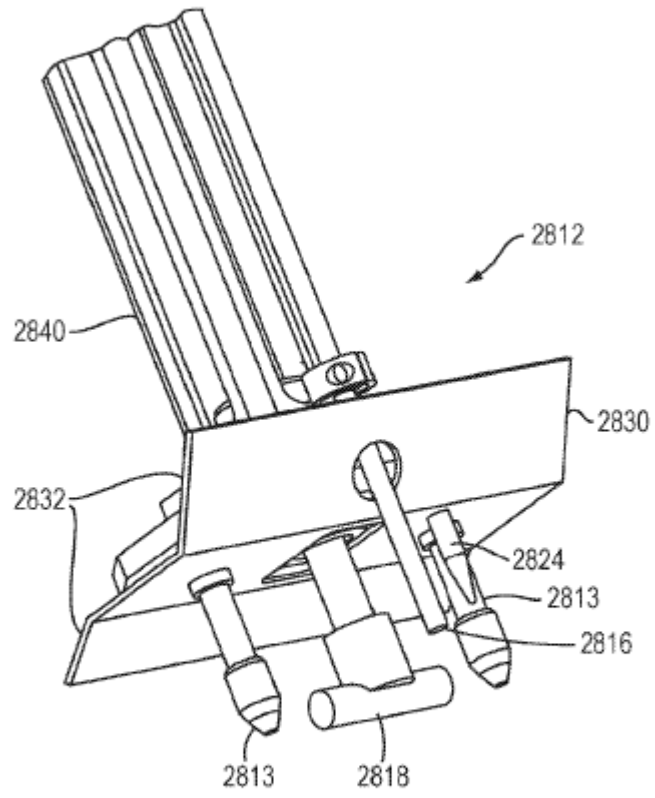


FIG. 28C

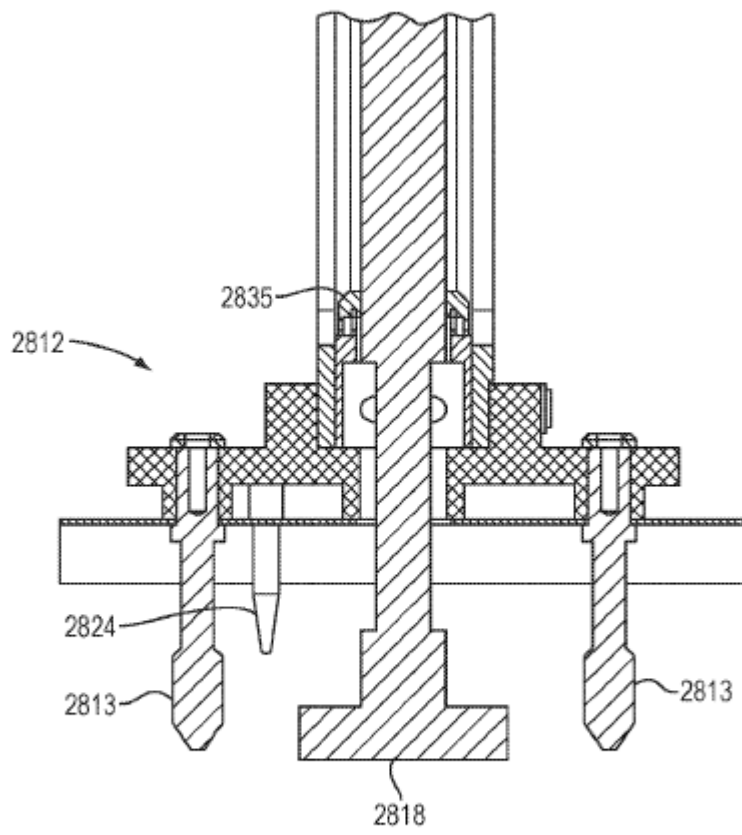


FIG. 28D