(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 955 054**

(51) Int. CI.:

B64G 1/00	(2006.01)	*B64G 1/62*	(2006.01)
B64G 1/10	(2006.01)	*B64G 1/68*	(2006.01)
B64G 1/22	(2006.01)		
B64G 1/40	(2006.01)		
B64G 1/64	(2006.01)		
B64G 1/24	(2006.01)		
B64G 1/26	(2006.01)		
B64G 1/28	(2006.01)		
B64G 1/36	(2006.01)		
B64G 1/54	(2006.01)		

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.09.2018 PCT/US2018/050286**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **14.03.2019 WO19051423**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.09.2018 E 18853997 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.06.2023 EP 3681804**

(54) Título: **Sistemas y métodos para suministrar, almacenar, y procesar materiales en el espacio**

(30) Prioridad:

10.09.2017 US 201762556468 P
06.12.2017 US 201762595238 P
08.01.2018 US 201862614835 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.11.2023

(73) Titular/es:

ORBIT FAB, INC. (100.0%)
1460 Overlook Dr.
Lafayette, CO 80026, US

(72) Inventor/es:

FABER, DANIEL

(74) Agente/Representante:

MILTENYI, Peter

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

Sistemas y métodos para suministrar, almacenar, y procesar materiales en el espacio

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

CAMPO TÉCNICO

La presente descripción se refiere, en general, a sistemas y métodos para suministrar, almacenar, y procesar materiales en el espacio. Aspectos representativos de la presente descripción incluyen sistemas espaciales, almacenamiento de combustible o propulsante, y procesamiento de combustible.

ANTECEDENTES

Los sistemas espaciales existentes presentan varios inconvenientes. Por ejemplo, los vehículos de lanzamiento pueden tener capacidades de volumen y masa limitadas. Los vehículos espaciales, tales como los satélites y/u otras máquinas para viajar por el espacio, a menudo se lanzan a órbita con una cantidad limitada de combustible a bordo debido a restricciones de tamaño y/o coste que deben asumirse al diseñar el vehículo espacial para una misión concreta. En consecuencia, las misiones espaciales pueden tener una vida útil y/o una utilidad limitada debido a la escasez de combustible. Del mismo modo, las características y funciones de los vehículos espaciales, tales como el tipo y la cantidad de carga útil que el propio vehículo espacial puede llevar, pueden ser limitadas y/o comprometidas debido a que puede ser necesario lanzar el vehículo espacial con todo el combustible que sea necesario durante toda su vida útil. La publicación de solicitud de patente americana nº 2007/0228220 describe un sistema de mantenimiento de vehículos espaciales en el espacio que puede suministrar propulsante a un vehículo espacial cliente mediante la transferencia de propulsante a depósitos de propulsante dentro del vehículo espacial cliente.

El repostaje (*refueling*) de un satélite resulta difícil o imposible con los sistemas existentes. Por ejemplo, los sistemas y procedimientos de acoplamiento existentes son complicados y dos satélites o vehículos pueden tener sistemas de acoplamiento incompatibles o carecer de ellos. Existe la necesidad de sistemas y métodos para suministrar, almacenar, y procesar materiales en el espacio que superen estos inconvenientes de los sistemas espaciales existentes. La invención presenta un método para transferir material en el espacio de acuerdo con la reivindicación 1, y un sistema para llevar a cabo una misión espacial de acuerdo con la reivindicación 7. En las reivindicaciones dependientes se indican realizaciones preferidas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 ilustra una vista parcialmente esquemática de un vehículo espacial configurado para transportar, suministrar, almacenar, y/o procesar materiales de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología.

La figura 2 ilustra una vista parcialmente esquemática de un vehículo espacial configurado para transportar, suministrar, almacenar, y/o procesar materiales de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología.

La figura 3 ilustra una vista parcialmente esquemática de un vehículo espacial configurado para transportar, suministrar, almacenar, y/o procesar materiales de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología.

La figura 4 ilustra una vista parcialmente esquemática de un sistema de contenedores de almacenamiento de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología.

La figura 5 ilustra una vista parcialmente esquemática de un vehículo espacial de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología.

La figura 6 ilustra una vista parcialmente esquemática de un conjunto contenedor flexible de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología.

La figura 7 ilustra una vista parcialmente esquemática de un conjunto contenedor flexible de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología.

La figura 8 ilustra dos vehículos espaciales acoplados entre sí, en el que uno de los vehículos espaciales ha desplegado un contenedor flexible, de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología.

La figura 9 ilustra una vista esquemática de una pared y un tabique que forman una parte de un contenedor flexible de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología.

Las figuras 10A-10E ilustran ejemplos de configuraciones recogidas de contenedores flexibles de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología.

La figura 11 ilustra un sistema de gestión de fluidos para la gestión de fluidos en contenedores flexibles de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología.

Las figuras 12A-12D ilustran vistas parcialmente esquemáticas de disposiciones para conectar contenedores flexibles a un vehículo espacial de acuerdo con las realizaciones de la presente tecnología.

La figura 13 ilustra una vista esquemática de una estructura de acoplamiento andrógino de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología.

Las figuras 14A y 14B ilustran disposiciones representativas de conectores para facilitar conexiones andróginas entre estructuras de acoplamiento, de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología.

Las figuras 15A-15F ilustran vistas laterales parcialmente esquemáticas de conectores y partes de conectores que facilitan conexiones andróginas entre estructuras de acoplamiento, de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología.

Las figuras 16 y 17 ilustran diagramas de flujo de métodos representativos para suministrar y almacenar materiales en el espacio.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Muchas realizaciones de la tecnología que se describe a continuación pueden adoptar forma de instrucciones ejecutables por un ordenador o un controlador, incluyendo rutinas ejecutadas por un ordenador o un controlador programable. Los expertos en la materia apreciarán que la tecnología puede ponerse en práctica en sistemas de ordenador/controlador distintos de los que se muestran y se describen a continuación. La tecnología puede incorporarse en un ordenador, controlador o procesador de datos de uso específico que esté específicamente programado, configurado o construido para ejecutar una o más de las instrucciones ejecutables por ordenador que se describen a continuación. Por consiguiente, los términos "ordenador" y "controlador", tal y como se utilizan aquí, se refieren a cualquier procesador de datos y pueden incluir dispositivos de Internet y dispositivos portátiles (incluyendo ordenadores de bolsillo, ordenadores portátiles, teléfonos móviles, sistemas multiprocesador, dispositivos electrónicos basados en procesador o programables, ordenadores de red, miniordenadores y similares). La información que manejan estos ordenadores puede presentarse en cualquier medio de visualización adecuado, incluyendo una pantalla LCD.

La tecnología también puede ponerse en práctica en entornos distribuidos, en los cuales unos dispositivos de procesamiento remotos realizan tareas o módulos los cuales que están enlazados a través de una red de comunicaciones. En un entorno informático distribuido, los módulos de programas y/o subrutinas pueden estar ubicados en dispositivos de almacenamiento de memoria locales y remotos. Los aspectos de la tecnología que se describen a continuación pueden almacenarse y/o distribuirse en soportes legibles por ordenador, incluyendo discos informáticos magnéticos u ópticamente legibles o extraíbles, así como distribuirse electrónicamente a través de redes. Las estructuras de datos y las transmisiones de datos particulares de los aspectos de la tecnología también se incluyen en el ámbito de las realizaciones de la tecnología.

Se hace referencia aquí al "espacio". El espacio incluye espacio orbital cerca o alrededor de la Tierra, la Luna u otro cuerpo planetario. Una persona con conocimientos ordinarios en la materia también reconocerá que los ejemplos no reivindicados de la presente tecnología pueden implementarse en una superficie planetaria o lunar, o en otra superficie. También se hace referencia a combustible o propulsante. Una persona experta en la materia entenderá que los términos combustible y propulsante pueden utilizarse indistintamente cuando se refieren a una sustancia para alimentar y/o propulsar un vehículo espacial, y puede incluir oxidantes que funcionan como propulsantes cuando se combinan con combustibles. Además, un experto en la materia entenderá que un vehículo espacial puede incluir cualquier objeto en el espacio fabricado por el hombre.

A. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

La presente descripción describe entornos, instalaciones, sistemas, y/o dispositivos tales como vehículos espaciales configurados para transportar, suministrar, almacenar, y procesar fluidos (tales como combustible o propulsante) y otros materiales en un entorno extraterrestre, tal como en el espacio o en cuerpos extraterrestres tales como lunas o asteroides. Las actividades realizadas por los vehículos espaciales que se describen aquí pueden ser autónomas, semiautónomas, o no autónomas, y pueden incluir la asistencia de robots, inteligencia artificial y/o seres humanos.

Varios de los vehículos espaciales de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología incluyen cisternas y satélites que tienen contenedores para recibir y/o almacenar materiales tales como líquidos, gases, y/u otros materiales. La presente tecnología también incluye sistemas de acoplamiento para conectar vehículos espaciales entre sí, tal como en una maniobra de encuentro y/o acoplamiento. Los sistemas de acoplamiento también facilitan la transferencia de materiales, datos, energía, y otros elementos. En algunas realizaciones, los vehículos espaciales y los sistemas descritos aquí pueden utilizarse para vender combustible o propulsante a los clientes como parte de un acuerdo de repostaje de satélites, lo cual puede prolongar la vida útil de los vehículos espaciales y otros satélites, así como mejorar las capacidades de las misiones de los vehículos espaciales. En otras palabras, las realizaciones de la presente tecnología pueden funcionar como "estaciones de repostaje" o "estaciones de propulsante" en órbita.

B. DEPÓSITOS, CISTERNAS Y TANQUES

La figura 1 ilustra una vista parcialmente esquemática de un vehículo espacial configurado para transportar, suministrar, almacenar, y/o procesar materiales de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología. El vehículo espacial de la figura 1 puede denominarse alternativamente cisterna o depósito de combustible. El vehículo espacial 100 puede incluir un contenedor de almacenamiento 105 para almacenar materiales en un volumen interior cerrado 110 dentro del contenedor de almacenamiento 105. El contenedor de almacenamiento 105 -y, por consiguiente, el volumen interior encerrado 110- puede dividirse en partes mediante uno o más tabiques interiores 115. El vehículo espacial 100 puede incluir opcionalmente uno o más sistemas de propulsión 120 adecuados para facilitar las transferencias de órbita, el mantenimiento de la estación, señalización, y/u otras operaciones de navegación orbital. Los sistemas de propulsión 120 pueden situarse en cualquier lugar adecuado del vehículo espacial 100. Los sistemas de propulsión 120 pueden incluir motores cohete, propulsores eléctricos y/u otros sistemas de propulsión espacial adecuados.

El vehículo espacial 100 puede incluir una o más estructuras de acoplamiento 125 situadas en una superficie exterior adecuada del vehículo espacial 100. Las estructuras de acoplamiento, que pueden ser andróginas, de modo que dos estructuras idénticas o similares pueden conectarse entre sí, se describen con más detalle a continuación. En algunas realizaciones, las estructuras de acoplamiento 125 pueden proporcionar capacidad de acoplamiento mecánico para acoplarse a otros vehículos espaciales. En algunas realizaciones, las estructuras de acoplamiento 125 pueden incluir una esclusa, conectores de fluido, conectores eléctricos, y/u otros conectores para transferir señales, electricidad, carga, pasajeros, fluidos, y/u otros materiales entre el vehículo espacial 100 y otros vehículos espaciales. Las estructuras de acoplamiento 125 pueden incluir ventanas para ver el entorno exterior del vehículo espacial 100, protectores para absorber los impactos durante un proceso de acoplamiento, y/o guías físicas o rieles de guía para alinear las estructuras de acoplamiento 125 con las correspondientes estructuras de acoplamiento de otros vehículos espaciales. Las estructuras de acoplamiento 125 pueden incluir puertas y/o aberturas que funcionen como puertos de acceso para personas y/o robots.

En algunas realizaciones, el contenedor 105 puede estar formado con una o más paredes 106 sólidas o flexibles que pueden o no estar presurizadas. Por ejemplo, el contenedor 105 puede estar presurizado a aproximadamente 1 atmósfera o por debajo de este valor, o puede estar presurizado a otros niveles de presión. Las paredes 106 del contenedor 105 pueden estar soportadas interna y/o externamente con cerchas, vigas, tubos, y/u otras estructuras adecuadas para soportar el contenedor 105 de manera que se forme el volumen interior cerrado 110. Las paredes pueden ser impermeables (para retener líquido y/o gas), o pueden presentar aberturas (tales que se forme como una malla o red) para retener objetos sólidos. Las paredes pueden estar realizadas en cualquier material adecuado para proporcionar soporte estructural y/o refuerzo en un entorno espacial, tal como aluminio, acero, y/o material compuesto (por ejemplo, fibra de carbono, fibra de vidrio, o material de carbono-carbono). Las paredes 106 del contenedor 105 pueden tener una estructura de nido de abeja, múltiples capas (por ejemplo, aislamiento térmico, aislamiento de radiación, blindaje contra micro-meteoritos, escudo Whipple, parasol), y/u otras estructuras adecuadas para mantener la forma del contenedor 105. Las capas seleccionadas de las paredes 106 pueden rodear completamente el vehículo espacial 100 y/o el contenedor 105, o pueden colocarse sólo parcialmente alrededor de partes del vehículo espacial 100 y/o el contenedor 105.

En algunas realizaciones, pueden disponerse elementos del vehículo espacial 100 y/o del contenedor 105 entre las capas de la pared 106 del contenedor 105, (por ejemplo, cables eléctricos, conductores térmicos, cables de datos y/u otros elementos). El vehículo espacial 100 puede estar recubierto y/o revestido total o parcialmente con un material térmicamente radiactivo. Una forma general del vehículo espacial 100 y/o del contenedor 105 puede tener bordes rectos, o puede tener uno o más extremos curvos, lo que puede facilitar la gestión de tensiones cuando el contenedor 105 se encuentra presurizado. Alrededor del contenedor 105 puede disponerse una estructura o armazón exo-esquelético para proporcionar soporte estructural adicional, y dicho armazón puede ser flexible o rígido.

El tabique 115 puede estar aislado para separar materiales de diferentes temperaturas en el volumen interior 110. En algunas realizaciones, éste puede configurarse estructuralmente para recibir la presión en uno o ambos lados.

Por ejemplo, puede incluir elementos estructurales de refuerzo y/o puede estar formado con un material rígido o flexible resistente. El tabique 115 puede incluir ventanas para permitir la visión entre partes del volumen interior 110 y/o puede tener unas aberturas o pasos para permitir el paso de energía, datos, calor, fluidos y/u otros materiales.

El contenedor 105 y el vehículo espacial 100 pueden configurarse para resistir el lanzamiento de un cohete o una fuerza gravitatoria elevada, tal como el lanzamiento de una pistola de gas, una pistola de polvo, o una honda. En algunas realizaciones, el contenedor 105 y/o el vehículo espacial 100, o partes de los mismos, pueden mantenerse en un material de encapsulamiento (por ejemplo, una resina o un líquido denso) para limitar los daños (como el desprendimiento de componentes) durante un lanzamiento a elevada aceleración. Dicho material de encapsulado puede ser permanente o puede retirarse (por ejemplo, puede desecharse cuando el vehículo espacial llega a la órbita.

En general, el contenedor 105 es un contenedor para recibir, almacenar, y distribuir materiales tales como combustible u otro propulsante (por ejemplo, un oxidante u oxidador). En algunas realizaciones, el vehículo espacial 100 y/o el contenedor 105 pueden incluir una etapa superior del vehículo de lanzamiento reutilizada y reformada, tal como un depósito de combustible de cohete reutilizado o un depósito de refuerzo. El vehículo espacial 100 puede orientarse para que presente una sección transversal pequeña en el vector orbital y un cuerpo relativamente largo a lo largo del vector orbital para reducir la resistencia. En algunas realizaciones, el eje más largo de un vehículo espacial 100 puede orientarse tangencialmente a su órbita para reducir la resistencia. En algunas realizaciones, el contenedor 105 puede incluir uno o más deflectores interiores 130 para amortiguar las vibraciones y/o ayudar a mover el combustible u otras materias hacia entradas y/o salidas.

El vehículo espacial 100 puede incluir uno o más sensores 135 situados dentro y/o fuera del contenedor 105. Los sensores 135 pueden incluir sensores para monitorizar la salud del vehículo espacial 100, el entorno alrededor del vehículo espacial 100, y/o características del contenedor 105 y el material que éste contiene. Por ejemplo, los sensores 135 pueden detectar rayos gamma, neutrones, radiación electromagnética, temperatura, vibración, presión, altitud, orientación, y/o posición relativa respecto a objetos cercanos, por ejemplo. Los sensores interiores 135 pueden detectar también propiedades del material almacenado en el contenedor 105, tales como composición, conductividad eléctrica, distribución de masa, propiedades de masa, distribución química, y/u otras características. En algunas realizaciones, los sensores 135 pueden autoalimentarse con paneles solares, generadores de energía de diferencia térmica, generadores piezoeléctricos, y/u otros sistemas de generación de energía.

El vehículo espacial 100 puede incluir uno o más tubos 141 para proporcionar entrada y salida al contenedor 105, y válvulas 145 y/o bombas 150 asociadas para controlar el flujo y/o para funcionar como dispositivos de expulsión para sacar material fuera del contenedor 105. Los tubos 141 también pueden transferir material entre partes del volumen encerrado 110 (por ejemplo, a través del tabique 115). Los extremos de los tubos exteriores 140 pueden incluir sistemas de acoplamiento para recibir y/o transferir fluido, tal como combustible para ser transferido hacia o desde otro vehículo espacial. Los extremos de los tubos exteriores 140 también pueden incluir interfaces de conexión para conexiones eléctricas, de datos, térmicas, y mecánicas. En algunas realizaciones, los tubos pueden incluir sistemas de medición 155 para medir el flujo de fluido, y dichos sistemas de medición 155 pueden conectarse a un sistema de facturación para cobrar a los clientes por una cantidad de combustible transferido a otro vehículo espacial.

En algunas realizaciones, el vehículo espacial 100 puede incluir uno o más puntos de unión 160 para la unión mecánica a equipos (tales como sensores o actuadores) u otros vehículos espaciales. En algunas realizaciones, los puntos de unión pueden incluir ganchos, cierres, pernos, correas, cierres de Velcro, raíles, imanes, adhesivos, y/u otros elementos adecuados para fijar objetos entre sí. En algunas realizaciones, los puntos de unión 160 pueden facilitar la unión de múltiples vehículos espaciales 100 (o múltiples contenedores 105).

En algunas realizaciones, el vehículo espacial 100 puede incluir sistemas de radiación térmica o de transferencia térmica 165 para conducir el calor entre partes del volumen interior encerrado 110 o desde el volumen interior 110 al exterior del vehículo espacial 100 o del contenedor 105. Desde el vehículo espacial 100 puede extenderse uno o más paneles solares 170, por ejemplo, con un brazo y/u otra estructura, y/o los paneles solares pueden disponerse nivelados con el vehículo espacial 100. Los paneles solares 170 pueden proporcionar energía al vehículo espacial 100, que puede almacenarse y distribuirse desde una o más baterías 175.

El vehículo espacial 100 puede incluir un sistema informático 180 para controlar las funciones del vehículo espacial 100, incluyendo aviónica, orientación, control, navegación, comunicación, acoplamiento, transferencia de fluidos, supervisión, y otros aspectos de las operaciones de vuelo espacial. En algunas realizaciones, el sistema informático 180 puede incluir inteligencia artificial y/o toma de decisiones autónoma para acoplarse automáticamente a otros vehículos espaciales para transferir o recibir combustible y/u otros materiales. El vehículo espacial 100 también puede llevar un sistema de comunicaciones 185, que puede incluir dispositivos de comunicaciones tales como radios

y antenas para comunicar voz, datos, y/o vídeo con otros satélites, vehículos espaciales y/o con la Tierra, por ejemplo.

En algunas realizaciones, el vehículo espacial 100 puede implementarse como un depósito estacionario y puede estacionarse en una órbita de estacionamiento hasta que viaje a otro vehículo espacial, u otro vehículo espacial viaje al vehículo espacial 100. En algunas realizaciones, el vehículo espacial 100 puede hacer girar y/o rotar el contenedor 105, o todo el vehículo espacial 100 puede utilizar propulsores 120 y/u otras fuerzas para girar o rotar, por ejemplo, para proporcionar fuerzas centrípetas.

Otros subsistemas que pueden implementarse en el vehículo espacial 100 incluyen instalaciones para procesar materiales, por ejemplo, que creen o descompongan combustible, propulsores y/u otros materiales. Los subsistemas pueden incluir conversión química por catálisis, electrólisis, calentamiento, enfriamiento, agitación de fluidos, y/u otros procesos. Los subsistemas pueden alimentarse y/o calentarse con un concentrador solar u otras fuentes de energía o calor adecuadas. Los subsistemas pueden enfriarse con radiadores. Los subsistemas pueden crear el combustible o propulsante para alimentar el vehículo espacial 100 o para almacenarlo en el contenedor 105 para su posterior distribución a otros vehículos espaciales.

En algunas realizaciones, el vehículo espacial 100 puede incluir un sistema de procesamiento de agua que separe el agua en hidrógeno y oxígeno (por ejemplo, por electrólisis o una membrana de intercambio de protones) para su uso como combustible. En algunas realizaciones, el sistema de procesamiento de agua puede funcionar a la inversa para combinar hidrógeno y oxígeno para producir agua. En algunas realizaciones, el vehículo espacial 100 puede recuperar combustible, propulsante, agua, hidrógeno, y/u oxígeno de otros vehículos espaciales o partes de otros vehículos espaciales (tal como las etapas superiores de uno o más vehículos espaciales, tal como vehículos de lanzamiento, después de que hayan completado su lanzamiento, pero que puedan tener material residual en uno o más depósitos) para su procesamiento y posterior almacenamiento en el contenedor 105. En algunas realizaciones, el vehículo espacial 100 puede incluir un sistema de procesamiento de hidrocarburos que cree o descomponga hidrocarburos. Por ejemplo, el vehículo espacial 100 puede incluir contenedores 105 o partes de contenedores 105 que contengan dióxido de carbono e hidrógeno para combinarse en metano y agua y almacenarse en otros contenedores 105 o partes de contenedores 105. Pueden formarse o descomponerse otros componentes orgánicos en el sistema de procesamiento de hidrocarburos. Sistemas que manipulan múltiples sustancias pueden incluir múltiples contenedores 105 o un único contenedor 105 puede incluir múltiples tabiques 115 para dividir el volumen interior 110 en partes adecuadas.

La figura 2 ilustra una vista parcialmente esquemática de un vehículo espacial 200 de acuerdo con otra realización de la presente tecnología, configurado para transportar, suministrar, almacenar, y/o procesar materiales. El vehículo espacial 200 también puede denominarse cisterna o depósito de combustible. El vehículo espacial 200 puede incluir una pluralidad de contenedores 105 y/u otros subsistemas 205 tales como sistemas de procesamiento de agua, sistemas de procesamiento de hidrocarburos, u otros sistemas para el procesamiento de materiales para su almacenamiento o distribución. Los contenedores 105 y/u otros subsistemas 205 pueden ser transportados por una o más estructuras de soporte, tales como una armadura 210. Los contenedores 105 y/u otros subsistemas 205 pueden conectarse entre sí mediante tuberías, conexiones eléctricas, de señales y/u otras conexiones 215. Un distribuidor 220 puede conectar uno o más de los contenedores 105 y/u otros subsistemas 205 entre sí y a una estructura de acoplamiento común 225, que puede ser similar a otras estructuras de acoplamiento descritas aquí. La estructura de acoplamiento 225 puede proporcionar un punto de conexión para que otros vehículos espaciales se acoplen y transfieran fluidos con el vehículo espacial 200. En algunas realizaciones, el vehículo espacial 200 puede estar formado por múltiples vehículos espaciales (tal como el vehículo espacial 100 descrito anteriormente) que se acoplen entre sí, ya sea directamente y/o a través de una estructura de soporte como la armadura 210.

El vehículo espacial puede incluir otros sistemas y subsistemas, tales como uno o más paneles solares 230, uno o más sistemas de propulsión 235 (para proporcionar empuje para el mantenimiento de la estación, maniobras en órbita, rotación del vehículo espacial 200, y/u otras funciones), blindaje 240 (para micro-meteoroides, radiación, y/u otros peligros), sistemas de comunicaciones 245 (para audio, video, y/o transmisión de datos). En algunas realizaciones, el vehículo espacial 200 puede orientarse para que presente un área de sección transversal más pequeña frente a su vector de velocidad orbital 250 para reducir o minimizar la resistencia.

En algunas realizaciones, la cisterna o depósito 200 puede esperar en una órbita a que otros vehículos espaciales (como el vehículo espacial 100 descrito anteriormente, u otro vehículo espacial, tal como un satélite) la visiten y reposten (*refuel*), u otro vehículo espacial (tal como el vehículo espacial 100) puede desplazarse entre el vehículo espacial 100 y otro vehículo espacial (como un satélite) para transportar combustible entre los vehículos espaciales.

La figura 3 ilustra una vista parcialmente esquemática de un vehículo espacial 300 configurado para transportar, suministrar, almacenar, y/o procesar materiales de acuerdo con otra realización de la presente tecnología. El vehículo espacial 300 también puede denominarse cisterna o depósito de combustible. El vehículo espacial 300

puede ser sustancialmente similar al vehículo espacial 100 descrito anteriormente en relación con la figura 1, pero puede tener una forma más pequeña, tal como un tamaño y una forma similares a un *CubeSat*. En algunas realizaciones, puede tener un tamaño y una forma adecuados para encajar en un adaptador de carga útil secundaria EELV u otro adaptador de carga útil para el lanzamiento. En algunas realizaciones descritas anteriormente (con referencia a la figura 1), el vehículo espacial puede lanzarse cargado de combustible para encontrarse con otros vehículos espaciales para abastecer de o repostar combustible (*fuel or refuel*) el otro vehículo espacial. En otras realizaciones, puede almacenarse cargado de combustible en una órbita hasta que un controlador lo mueva para encontrarse con otro vehículo espacial para abastecer de o repostar combustible el otro vehículo espacial. En algunas realizaciones, el vehículo espacial 300 puede acoplarse a otros vehículos espaciales 300 similares, o a vehículos espaciales diferentes, para formar un parque de depósitos o cisternas más grande.

El vehículo espacial 300 puede incluir un chasis 305, que puede contener varios componentes del vehículo espacial 300, tal como un contenedor 310 con un volumen interior cerrado. En algunas realizaciones, el contenedor 310 puede ser solidario del chasis 305, o el contenedor 310 puede ser un elemento separado contenido dentro del chasis 305. El contenedor 310 puede ser rígido, semirrígido, o puede ser un contenedor flexible similar a los contenedores flexibles o cisternas que se describen a continuación. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el contenedor 310 puede desplegarse desde el chasis 305 y extenderse más allá del chasis 305, con una o más partes del contenedor 310 dispuestas fuera del chasis 305 (similar a las realizaciones ilustradas en general en la figura 5, las cuales se describen a continuación). En algunas realizaciones, el contenedor 310 puede ser un depósito de purgado, con una capa de separación o membrana rellena de material para sacar el combustible fuera del contenedor 310 (descrito en detalle adicional más adelante). En algunas realizaciones, el volumen interior cerrado del contenedor 310 puede dividirse con un tabique para formar múltiples volúmenes interiores.

El vehículo espacial 300 puede incluir otros sistemas y subsistemas, tales como los descritos anteriormente en relación con las figuras 1 y 2. Por ejemplo, el vehículo espacial 300 puede incluir sistemas de comunicaciones 315 para comunicar audio, vídeo, y/o datos con otros vehículos espaciales y/o una estación de control en tierra. Puede capturarse vídeo y/u otras imágenes utilizando uno o más sistemas de cámara 320. El vehículo espacial 300 puede incluir sistemas de guiado, navegación, y control, tales como un giroscopio 325, un ordenador de aviónica y control 330, uno o más sensores solares 335 para determinar la señalización, uno o más telémetros 340 (que pueden utilizar láser, radar, y/o análisis de imágenes para detectar distancia) para determinar la distancia entre el vehículo espacial 300 y otros vehículos espaciales u objetos, uno o varios sistemas de determinación de la posición 345 (tal como GPS, GLONASS, Galileo, o BeiDou, o entradas de diversos sensores tales como sensores solares, sensores magnéticos, seguidores estelares, u otros sistemas adecuados para la determinación de la posición) para navegación. El vehículo espacial 300 puede incluir, además, uno o más sistemas de propulsión 350 adecuados para facilitar las transferencias de órbita, el mantenimiento de estaciones, señalización, y/u otras operaciones de navegación orbital. Los sistemas de propulsión 350 pueden colocarse en cualquier posición adecuada del vehículo espacial 300. Los sistemas de propulsión 350 pueden incluir motores cohete, propulsores eléctricos, y/u otros sistemas de propulsión espacial adecuados. Uno o más paneles solares 355 pueden proporcionar energía eléctrica al vehículo espacial 300.

Para facilitar la transferencia de materiales con otros vehículos espaciales, el vehículo espacial 300 puede incluir una estructura de acoplamiento 360 conectada al contenedor 310. Para facilitar el acoplamiento mecánico con otros vehículos espaciales, el vehículo espacial 300 puede incluir un elemento de acoplamiento 365, que puede proporcionar alineación mecánica axial y/o rotacional y proporcionar rigidez y resistencia a la conexión cuando el vehículo espacial 300 se acopla con otro vehículo espacial. En algunas realizaciones, el elemento de acoplamiento 365 y la estructura de acoplamiento 360 pueden combinarse en una única estructura de acoplamiento que incluya elementos de acoplamiento mecánico, conectores de transferencia de fluidos, conectores eléctricos, conectores de señal (por ejemplo, datos), conectores de transferencia de calor y/u otros conectores, tal como se describe con más detalle a continuación en relación con las figuras 13- 15F. Una estructura de acoplamiento combinada puede incluir amortiguadores para absorber vibraciones o choques durante un proceso de acoplamiento, y/o elementos para permitir la disipación de potenciales electrostáticos disímiles (por ejemplo, con un arco eléctrico mínimo).

En algunas realizaciones, pueden unirse entre sí varios vehículos espaciales 300 (por ejemplo, conectando estructuras de acoplamiento 360 y/o elementos de acoplamiento 365 entre sí) para formar un vehículo espacial global más grande que tenga múltiples contenedores 310. Tal agrupación de vehículos espaciales 300 puede ser similar al vehículo espacial 200 ilustrado en la figura 2. En algunas realizaciones, el vehículo espacial individual 300 en el vehículo espacial global puede incluir varios subsistemas, tales como sistemas de procesamiento de agua, sistemas de procesamiento de hidrocarburos, y/u otros sistemas para procesar materiales para su almacenamiento y/o distribución. Por ejemplo, en el vehículo espacial global pueden agruparse diferentes vehículos espaciales con diferentes propósitos y subsistemas interiores. Un vehículo espacial global puede incluir sistemas de propulsión, paneles solares, aviónica, controladores y dispositivos de conexión y acoplamiento.

La figura 4 ilustra una vista esquemática de un sistema de contenedores de almacenamiento 400 de acuerdo con una realización de la presente tecnología. El sistema de contenedores de almacenamiento 400 puede incluir un contenedor de almacenamiento 405 (que puede denominarse depósito). El contenedor de almacenamiento 405 puede ser rígido, semirrígido, o flexible. Una vejiga de separación 410 puede ser una vejiga de purgado que funcione como un dispositivo de expulsión para expulsar materiales del contenedor de almacenamiento 405, y/o puede funcionar como un tabique para dividir el volumen interior cerrado 415 del contenedor de almacenamiento 405 en múltiples compartimentos. En otras realizaciones, un dispositivo de expulsión puede incluir una bomba para expulsar materiales del contenedor de almacenamiento 405. Una válvula de presurización 420 puede regular la presión a la vejiga de separación 410 desde un depósito presurizador 425, que puede llenarse o presurizarse por medio de un generador de gas 430. En algunas realizaciones, el generador de gas 430 puede incluir un propulsante sólido, y/o puede incluir otros componentes generadores de gas. En algunas realizaciones, el generador de gas 430 puede convertir el fluido del contenedor de almacenamiento 405 en gas para presurizar la vejiga de separación 410 (por evaporación o conversión química, por ejemplo). En algunas realizaciones, el generador de gas 430 es un reformador, que puede convertir los gases de la vejiga 410 en líquidos para su retorno al volumen interior 415 fuera de la vejiga 410. En algunas realizaciones, el contenedor de almacenamiento 405 puede incluir un acumulador 435 para recibir la expansión de cualquier material en el interior del contenedor de almacenamiento 405 o para recibir aumentos temporales o permanentes de presión o capacidad. Un sistema de acoplamiento 440, que puede ser similar a otros conectores o sistemas de acoplamiento descritos aquí, puede facilitar la conexión del contenedor de almacenamiento 405 a otros vehículos espaciales para la transferencia de materiales hacia y desde el contenedor de almacenamiento 405. Además de fluidos, el sistema de acoplamiento 440 puede transferir opcionalmente fuerzas mecánicas, energía eléctrica, calor, datos, y/u otras sustancias. Por ejemplo, el conector 440 puede ser una estructura de acoplamiento polivalente que se describe con más detalle a continuación. Dentro del volumen interior cerrado 415 puede colocarse un elemento deflector 445 para reducir el chapoteo. El sistema de contenedores de almacenamiento 400 puede implementarse en cualquiera de los vehículos espaciales o satélites descritos aquí, o en otros vehículos espaciales.

La figura 5 ilustra una vista parcialmente esquemática de un vehículo espacial 500 configurado de acuerdo con la invención de la presente tecnología. El vehículo espacial 500 es un satélite (tal como un satélite de comunicaciones, un satélite de reconocimiento, u otro satélite) o, de acuerdo con un ejemplo no reivindicado, puede ser otro tipo de vehículo espacial descrito aquí. El vehículo espacial 500 incluye un contenedor flexible 505 (que puede denominarse depósito flexible) para recibir, almacenar, y/o suministrar materiales, tales como combustible o agua. El contenedor flexible 505 puede ser recogible, desplegable, flexible, y expansible (por ejemplo, puede tener características elásticas o puede ser inelástico). Por ejemplo, puede guardarse hasta que se necesite para almacenar combustible y/u otros materiales durante una misión espacial. El vehículo espacial 500 puede ponerse en órbita sin combustible, y otro vehículo espacial puede suministrar combustible y/u otro material al vehículo espacial 500, de modo que el contenedor flexible 505 se despliegue desde un cuerpo principal 510 (que puede denominarse bus satélite) del vehículo espacial 500 para recibir y almacenar el combustible. El contenedor flexible 505 puede recogerse, desplegarse, vaciarse, y rellenarse varias veces. El vehículo espacial 500 puede incluir un sistema de presurización conectado operativamente al contenedor flexible 505 para expandir o contraer el contenedor flexible 505.

En algunas realizaciones, el contenedor flexible 505 puede estar formado en su totalidad o en parte como una membrana que presente una capa de barrera para el fluido. En algunas realizaciones, el contenedor flexible 505 puede tener múltiples capas adicionales, incluyendo capas para la protección contra micro-meteoritos (que pueden ser auto-reparadoras, por ejemplo, que incluyan un gel u otra sustancia para que fluya hacia pinchazos u otros daños y los repare). En algunas realizaciones, el contenedor flexible 505 puede incluir materiales que se endurezcan o fragüen (por ejemplo, mediante curado) después del despliegue. En algunas realizaciones, pueden distribuirse fibras, cables, y/o hilos de refuerzo en y/o alrededor del material de la membrana para su refuerzo.

En algunas realizaciones, el contenedor flexible 505 puede recogerse y/o desplegarse de un receptáculo de empaquetado 515 que transporte el vehículo espacial 500. El receptáculo de empaquetado 515 puede proporcionar una unión mecánica para mantener la conexión entre el contenedor flexible 505 y el resto del vehículo espacial 500. El receptáculo de empaquetado también puede incluir un conducto o tubo para mantener la conexión entre el contenedor flexible 505 y el vehículo espacial 500. El receptáculo de empaquetado también puede incluir conductos o tubos para transferir fluidos y/o señales dentro y fuera del contenedor 505.

En algunas realizaciones, el cuerpo principal 510 del vehículo espacial 500 puede tener un tamaño, una configuración, u otra forma similar a la especificación de un *CubeSat*, o puede tener otros tamaños o formas. El contenedor flexible 505 puede estar dimensionado para contener una variedad de cantidades de volumen. Los contenedores de acuerdo con las realizaciones de la presente tecnología pueden contener entre 100 gramos y 100.000 toneladas de material, u otras cantidades de material.

El vehículo espacial 500 puede incluir sistemas y subsistemas para llevar a cabo una misión espacial. Por ejemplo, el vehículo espacial 500 puede incluir uno o más sistemas de propulsión 520 (que pueden ser similares a otros

sistemas de propulsión descritos aquí) adecuados para facilitar transferencias de órbita, mantenimiento de estaciones, señalización, y/u otras operaciones de navegación. Los sistemas de propulsión 520 pueden disponerse en cualquier posición adecuada en el vehículo espacial 500. Los sistemas de propulsión 520 pueden incluir motores cohete, propulsores eléctricos y/u otros sistemas de propulsión espacial adecuados. El vehículo espacial 500 puede incluir uno o más sistemas de comunicación 525 (para transmisión de audio, vídeo, datos, y/u otras transmisiones). El vehículo espacial 500 puede incluir un sistema de alimentación 530, que puede incluir un panel solar, para suministrar energía eléctrica al vehículo espacial 500. El cuerpo principal 510 también puede incluir sistemas de navegación 535, tales como sistemas de determinación y control de orientación, sistemas de guía, navegación y control, controladores de aviónica, y/u otros sistemas de navegación adecuados. Una carga útil 540 puede transportarse fuera y/o dentro del cuerpo principal 510.

En algunas realizaciones, el vehículo espacial 500 puede incluir una o más estructuras de acoplamiento 545, que pueden incluir uno o más conectores para transferir fluido, electricidad, datos, y/o para realizar otras funciones. En algunas realizaciones, una o más estructuras de acoplamiento 545 pueden ser transportadas por un brazo 546. En algunas realizaciones, las estructuras de acoplamiento 545 pueden estar en una superficie del cuerpo principal 510 o ir soportadas adecuadamente de otra manera. En algunas realizaciones, las estructuras de acoplamiento 545 pueden ser estructuras de acoplamiento polivalentes descritas en detalle más adelante.

La figura 6 ilustra una vista parcialmente esquemática de un conjunto contenedor flexible 600 en una configuración desplegada de acuerdo con una realización de la presente tecnología. El contenedor flexible 505 puede desplegarse desde el receptáculo 515 y puede ir soportado por una o más estructuras de soporte, y/o puede incluir estructuras de refuerzo. El receptáculo 515 sirve de chasis u otra interfaz a un satélite que transporta el conjunto contenedor flexible 600. Uno o más brazos 605 (que pueden estar formados por una armadura u otra estructura alargada) pueden extenderse fuera del receptáculo 515 o el vehículo espacial (500, véase la figura 5), y uno o más cables de sujeción 610 pueden conectar un extremo del brazo 605 al contenedor flexible 505. Uno o más brazos 605 y cables 610 pueden proporcionar estabilidad al contenedor flexible 505. En algunas realizaciones, pueden disponerse uno o más brazos dentro del contenedor flexible 505, y extenderse en el interior del mismo, y soportar el contenedor flexible 505 desde dentro. En algunas realizaciones, pueden conectarse uno o más brazos 605 al contenedor flexible 505 sin un cable de tensión. En algunas realizaciones, los brazos 605 pueden incluir y/o formar parte de puertas u otros mecanismos de retención para sujetar el contenedor flexible 505 cuando el contenedor 505 se encuentra en la configuración recogida (véase, por ejemplo, la figura 10A, que se describe a continuación e ilustra puertas o elementos de cubierta 1010, que pueden incluir brazos 605).

En algunas realizaciones, unos larguerillos interiores o exteriores 615 pueden atravesar superficies internas y/o externas del contenedor flexible 505 y/o pueden posicionarse entre capas del contenedor flexible 505 para proporcionar soporte contra la presión interior y/o para proporcionar rigidez. Los larguerillos 615 pueden ser rígidos, semirrígidos, o flexibles. Por ejemplo, los largueros 615 pueden incluir hilos, alambres, cuerdas, cintas, tubos, cerchas, láminas, y/o vigas. Los larguerillos 615 pueden amortiguar las vibraciones. Los larguerillos 615 pueden fijarse al contenedor flexible 505 con adhesivo, elementos de fijación, y/u otros dispositivos de unión adecuados. En algunas realizaciones, los larguerillos 615 pueden conectarse entre sí, por ejemplo, para formar una red que puede o no estar unida al contenedor flexible 505 (dicha red, en algunas realizaciones, puede rodear por lo menos una parte del contenedor flexible 505). En algunas realizaciones, uno o más larguerillos pueden estar conectados al contenedor flexible 505 a lo largo de toda la longitud del larguerillo, a lo largo de parte de la longitud del larguerillo, en puntos seleccionados a lo largo del larguerillo, o sólo en los puntos finales del larguerillo.

En algunas realizaciones, en el volumen interior cerrado 625 del contenedor flexible 505 puede disponerse un material de matriz 620, que puede incluir espuma u otro material poroso. El material de matriz 620 puede llenar parte o la totalidad del volumen interior 625. El material de matriz 620 puede proporcionar soporte interior para el contenedor flexible 505 mientras permite que los materiales pasen a través de sus poros. En algunas realizaciones, el material de matriz 620 puede desplegarse desde el receptáculo 515. En algunas realizaciones, el material de matriz 620 puede endurecerse o fraguar después del despliegue.

En algunas realizaciones, uno o más elementos de refuerzo exteriores 630 pueden desplegarse desde el receptáculo 515 para proporcionar una zona de refuerzo y/o barrera protectora para prevenir o resistir el contacto entre lados del contenedor flexible 505 y otros elementos del vehículo espacial (para ayudar a prevenir daños al contenedor flexible 505). Por ejemplo, los elementos de refuerzo 630 pueden ayudar a resistir torsión, desplazamiento, y/o hundimiento del contenedor flexible 505 durante los movimientos del vehículo espacial que transporta el contenedor flexible 505. En algunas realizaciones, los elementos de refuerzo exteriores pueden estar formados como puertas o aletas que cubren el contenedor flexible 505 antes del despliegue, pero abiertas para proporcionar estructura después del despliegue. Los elementos de refuerzo 630 pueden desplegarse de otras maneras adecuadas desde el receptáculo 515 u otras partes del vehículo espacial, y pueden rodear total o parcialmente la interfaz entre el contenedor flexible 505 y el receptáculo 515. Los elementos de refuerzo 630 pueden

disponerse en otras partes del contenedor flexible 505, tales como partes del contenedor flexible 505 que no sean adyacentes al receptáculo 515.

En algunas realizaciones, un deflector interior 635, que opcionalmente puede ir soportado y/o restringido con un soporte 640 conectado al receptáculo 515 y/o por uno o más largueros 615, puede quedar situado en el volumen interior cerrado 625 para prevenir o reducir el chapoteo de materiales en el volumen interior 625.

La figura 7 ilustra una vista parcialmente esquemática de un conjunto contenedor flexible 700 de acuerdo con otra realización de la presente tecnología. El conjunto contenedor flexible 700 puede ser, en general, similar al conjunto contenedor flexible 600 ilustrado y descrito anteriormente respecto a la figura 6, y puede implementarse en un vehículo espacial, tal como un satélite. Un contenedor flexible 705 incluye una vejiga flexible exterior 750 con un volumen interior cerrado 710 dentro del cual puede colocarse una vejiga flexible interior 715. La vejiga flexible interior 715 puede colocarse dentro de un volumen interior cerrado 710 dentro del cual puede colocarse una vejiga flexible interior 715. La vejiga flexible interior 715 puede ser un dispositivo de expulsión, y puede funcionar como una vejiga de purgado secundaria que puede expandirse (tal como llenándose con gas y/o fluido) para presurizar el volumen interior 710 y expulsar material del volumen interior 710. En algunas realizaciones, la vejiga flexible interior 715 puede incluir materiales aislantes para facilitar el almacenamiento de dos materiales diferentes a dos temperaturas distintas dentro del contenedor flexible 705. En consecuencia, en algunas realizaciones, los contenedores flexibles pueden alojar dos o más fluidos que pueden quedar separados por la vejiga flexible interior 715. Por ejemplo, los vehículos espaciales de acuerdo con las realizaciones de la presente tecnología pueden transportar un combustible y un oxidante dentro del contenedor flexible 705. En algunas realizaciones, el conjunto contenedor flexible 700 puede transportar una fase líquida y una fase de vapor del mismo material (por ejemplo, agua líquida y vapor de agua), alojando una fase en la vejiga flexible interna 715 y una fase fuera de la vejiga flexible interna 715. En algunas realizaciones, puede crearse un diferencial de presión entre el volumen interior 710 y el interior de la vejiga flexible interior 715 mediante la presurización de la vejiga flexible interior 715 (que puede estar construida con un material elastómero) contra la presión en el volumen interior 710.

En algunas realizaciones, el receptáculo 515 puede actuar de chasis o interfaz para el satélite que transporta el conjunto contenedor flexible 700, y el receptáculo 515 puede incluir uno o más puntos de acceso de fluidos 711 para transferir fluidos entre el satélite y el conjunto 700. En algunas realizaciones, pueden disponerse tubos 720 y/u otros conductos para acceder y/o distribuir materiales en el conjunto contenedor flexible 700 fuera del contenedor flexible 705 y/o dentro del mismo, con unos puertos de acceso 725 para acceder al volumen interior cerrado 710. En algunas realizaciones, los tubos 720 en el interior del contenedor flexible 705 pueden ser porosos o incluir de otro modo una pluralidad de aberturas para recoger y/o distribuir materiales a lo largo de la longitud de los tubos 720. En algunas realizaciones, una protuberancia ecuatorial 730 puede rodear toda o parte de una sección media (tal como una sección ecuatorial si el contenedor 700 es sustancialmente cilíndrico o esférico). La protuberancia ecuatorial 730 puede permitir que los materiales densos se reúnan en la protuberancia para el acceso por uno de los tubos 720. Por ejemplo, un vehículo espacial puede girar para crear fuerzas centrípetas que hagan que los materiales más densos o pesados se acumulen en la protuberancia ecuatorial, a la que puede accederse mediante un tubo 720. Puede accederse a los fluidos que tienen una densidad relativamente baja, u otros fluidos o materiales, con un tubo central 735 situado dentro del volumen interior 710. El tubo central 735 puede ser poroso en algunas realizaciones, y/o puede tener un punto final 740 con un difusor, filtro, u otro dispositivo de gestión de fluidos. En algunas realizaciones, el fluido puede recogerse en cualquier posición del tubo central 735. Una o más válvulas 745 pueden implementarse en cualquiera de los tubos 720, puntos de acceso de fluido 711, u otros conductos de fluido.

En algunas realizaciones, una vejiga (750 o 715) u otra pared de un contenedor flexible 705 puede incluir múltiples capas. Por ejemplo, la vejiga flexible exterior 750 puede estar formada por dos o más vejigas flexibles separadas, una dentro de la otra. En algunas realizaciones, puede utilizarse un espacio o hueco entre dos o más vejigas flexibles separadas que forman la vejiga flexible exterior para purgado o presurización del volumen interior 710, como almacenamiento, o para proporcionar funcionalidad de auto-reparación, tal como se ha descrito anteriormente (por ejemplo, puede colocarse un gel en el hueco para cubrir daños en la vejiga flexible exterior 750). En algunas realizaciones, puede no haber un espacio o hueco entre las dos o más vejigas flexibles separadas que forman una vejiga flexible exterior; en su lugar, las dos o más vejigas flexibles separadas pueden simplemente quedar colocadas una junto a la otra.

La figura 8 ilustra dos vehículos espaciales acoplados entre sí, en el que uno de los vehículos espaciales ha desplegado un contenedor flexible 805, de acuerdo con otra realización de la presente tecnología. Por ejemplo, un primer vehículo espacial puede ser una cisterna 100 (descrita anteriormente respecto a la figura 1), y puede acoplarse a un satélite 500 (descrito anteriormente respecto a la figura 5) utilizando un sistema de acoplamiento 810. La figura 8 ilustra una operación de repostaje en la que la cisterna 100 suministra combustible al satélite 500 antes de que la cisterna 100 y el satélite 500 se desacoplen o se liberen uno del otro. El contenedor flexible 805 se expande o se extiende alejándose del satélite.

La figura 9 ilustra una vista esquemática de capas de una pared o membrana 900 que forma por lo menos una parte de un contenedor flexible de acuerdo con una realización de la presente tecnología. La figura 9 también ilustra capas de un tabique 905, que puede dividir volúmenes interiores cerrados en contenedores de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología. En algunas realizaciones, la membrana 900 puede incluir una o más barreras de abrasión 910 colocadas como una capa más externa o entre capas más externas para protección contra rozaduras o rozamiento externo. En algunas realizaciones, las barreras de abrasión 910 pueden colocarse en capas interiores o como capa más interior para protección contra la abrasión de materiales almacenados dentro del contenedor flexible. Capas interiores de cualquier tipo adecuado pueden facilitar la dirección del aire o fluido atrapado hacia una o más rejillas de ventilación cuando el contenedor flexible está vacío, plegado, y/o recogido. Puede formarse una barrera contra micro-meteoroides 915 con materiales adecuados para prevenir o reducir perforaciones u otros daños causados por desechos espaciales o micro-meteoroides (por ejemplo, un "escudo de Whipple" de múltiples capas), y puede colocarse dentro de la barrera contra la abrasión 910 o adyacente a la misma. En la membrana 900 puede disponerse una barrera térmica 920 que comprenda material aislante para reducir o prevenir la transferencia de calor a través de la membrana 900. Una barrera mecánica 925 en la membrana 900 puede proporcionar soporte estructural y/o protección contra desechos más grandes o meteoroides. En la membrana 900 puede disponerse una barrera de fluido 930 para limitar o prevenir la transferencia de fluido fuera de la membrana 900.

El tabique 905 puede presentar una disposición de capas similar que forman la membrana 900, o puede presentar una disposición diferente con otros tipos o cantidades de capas. En algunas realizaciones, puede que no se utilicen todas las capas y, en una realización particular, puede que sólo haya una barrera de fluido en la membrana 900 o en el tabique 905. En algunas realizaciones, algunas capas y/o la totalidad de una parte de la membrana 900 o del tabique 905 pueden tener propiedades elásticas, o las capas pueden ser inelásticas. El tabique 905 puede unirse a la membrana 900 en una unión 950, donde algunas o todas las capas constituyentes de la membrana 900 y el tabique 905 pueden unirse entre sí. En algunas realizaciones, una sola capa puede incorporar características o funciones de múltiples capas.

Por contexto, en algunas realizaciones, el vacío del espacio 935 puede disponerse fuera de la membrana 900, un primer fluido o material 940 (tal como propelente o combustible) puede disponerse dentro de la membrana 900 en un primer lado del tabique 905, y/o un segundo fluido o material 945 (tal como propelente o combustible) puede disponerse dentro de la membrana 900 en un segundo lado del tabique 905, opuesto al primer lado.

Las figuras 10A-10E ilustran unas vistas de contenedores flexibles 1000 recogidos (que pueden incluir una o más vejigas, tales como vejigas interiores y exteriores) de acuerdo con varias realizaciones de la presente tecnología. Los contenedores flexibles 1000 pueden ser similares a otros contenedores flexibles y membranas que se describen aquí. En algunas realizaciones, los contenedores flexibles 1000 pueden plegarse, enrollarse, y/o de otro modo recogerse durante el lanzamiento de un vehículo que incorpora los contenedores flexibles. Los contenedores flexibles pueden desplegarse desde la configuración recogidas, por ejemplo, presurizándolos o llenándolos con materiales. En algunas realizaciones, el receptáculo 515 puede contener el contenedor flexible 1000 recogido hasta que el contenedor flexible 1000 se despliega. Opcionalmente, una o más puertas o elementos de cubierta 1010 pueden cubrir el contenedor 1000 y/o sustancialmente cerrar una parte superior del receptáculo 515 hasta que los elementos de cubierta 1010 se abran para permitir que el contenedor flexible 1000 se despliegue. En algunas realizaciones, en lugar de puertas, o además de éstas, otros elementos de cubierta 1010 pueden restringir el contenedor 1000, tales como correas, cierres y/u otros elementos de cubierta liberables. En algunas realizaciones, el receptáculo 515 puede ser principalmente liso o carecer de bordes afilados para resistir o prevenir daños al contenedor 1000 durante su despliegue o uso. Un difusor, una válvula, y/u otros tubos 1005 pueden conectar el contenedor 1000 enrollado o recogido al receptáculo 515 y/u otras partes del vehículo espacial.

En particular, la figura 10A ilustra una vista lateral de un contenedor flexible 1000 enrollado en un rollo horizontal (respecto al receptáculo 515). La figura 10B ilustra una vista lateral de un contenedor flexible 1000 plegado sobre sí mismo en una disposición de plegado simple. La figura 10C ilustra una vista lateral de un contenedor flexible 1000 plegado sobre sí mismo en una disposición de doble pliegue. La figura 10D ilustra una vista lateral de un contenedor flexible 1000 enrollado en un rollo vertical (perpendicular al rollo horizontal ilustrado en la figura 10A). La figura 10E ilustra una vista lateral de un contenedor flexible 1000 plegado en una configuración de concertina horizontal (como un acordeón o fuelle). En algunas realizaciones, el contenedor flexible puede plegarse en una configuración de concertina vertical (por ejemplo, perpendicular a la configuración horizontal mostrada en la figura 10E). En algunas realizaciones, los contenedores 1000 con vejigas flexibles externas y vejigas flexibles internas pueden plegarse o enrollarse de cualquiera de las maneras anteriores. Pueden incluirse membranas internas y/o externas adicionales para resistir el rozamiento y/o la adherencia de los diversos pliegues o enrollamientos en el proceso de despliegue, y/o para facilitar la salida de materia atrapada (por ejemplo, aire o fluido) de los contenedores 1000 al recoger, empaquetar, y/o vaciar los contenedores flexibles 1000. Por ejemplo, tal como se ilustra en las figuras 10C y 10E, en el interior del contenedor flexible 1000 puede colocarse una membrana porosa 1015 (por ejemplo, fieltro, tela, u otro material poroso adecuado).

La figura 11 ilustra un sistema de gestión de fluidos 1100 para gestionar fluidos en contenedores flexibles 1105 de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología. En el volumen interior cerrado 1115 del contenedor flexible 1105 puede colocarse un difusor 1110 u otro respiradero, válvula, o estructura de distribución de flujo. El difusor 1110 puede distribuir el flujo de fluido u otro material en el contenedor flexible 1105 para reducir la tensión localizada en el contenedor. Por ejemplo, puede utilizarse un tubo "*piccolo*" como difusor. Un tubo "*piccolo*" puede incluir un tubo con una pluralidad de orificios de distribución de flujo distribuidos a lo largo de su longitud y/o diámetro, y puede colocarse en un extremo del tubo de gestión de fluido 1120 dentro del volumen interior 1115.

En algunas realizaciones, un generador de gas y/o reformador 1125 (que puede ser similar al generador de gas y/o reformador 430 ilustrado y descrito anteriormente respecto a la figura 4) puede conectarse operativamente a un depósito presurizador 1130 (tal como por medio de un tubo 1120, o a través de una conexión directa con el volumen dentro de la membrana flexible interior 1135). El generador de gas y/o reformador 1125 puede proporcionar gas para presurizar el depósito presurizador 1130 el cual, a su vez, puede proporcionar presión para una membrana flexible interna 1135. La membrana flexible interior 1135 puede presurizarse y/o expandirse para proporcionar una función de purgado para el contenedor flexible 1105 (la membrana flexible interior 1135 puede formar parte de un dispositivo de expulsión para expulsar material del contenedor flexible 1105) y/o puede utilizarse para almacenar un material de diferente composición, temperatura, y/u otras propiedades dentro del contenedor 1105 pero separado del resto del volumen interior cerrado 1115. En algunas realizaciones, el volumen interior 1115 del contenedor flexible 1105 puede presurizarse para expulsar material de la membrana flexible interior 1135. En algunas realizaciones, el contenedor flexible 1105 puede llenarse o presurizarse con el generador de gas y/o el reformador 1125, por ejemplo, mediante tubos 1120 o una conexión directa con el volumen interior 1115.

En algunas realizaciones, puede incorporarse un sistema de calentamiento y/o enfriamiento 1140 al sistema de gestión de fluido para calentar o enfriar materiales en el sistema. Por ejemplo, el sistema de calentamiento y/o enfriamiento 1140 puede acoplarse térmicamente al tubo 1120 para mantener las temperaturas de funcionamiento deseadas en el tubo 1120. Pueden distribuirse una o más válvulas 1145 a lo largo del tubo 1120 para habilitar o deshabilitar el flujo de materiales en el tubo 1120 para facilitar el control de la presurización, almacenamiento, y/o distribución. Uno o más sistemas de acoplamiento 1150 con estructuras de acoplamiento de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología pueden conectarse operativamente al tubo 1120. En algunas realizaciones, sensores distribuidos a lo largo del tubo 1120, dentro del contenedor 1105, y/o en cualquier otra parte del sistema de gestión de fluidos, pueden incluir sensores de temperatura, sensores de presión, sensores de caudal, y/o sensores de composición de fluido. Otros sensores pueden incluir sensores de tensión, sensores de radiación, u otros sensores adecuados para monitorizar el rendimiento y estado del sistema de gestión de fluidos 1100.

Las figuras 12A-12D ilustran vistas parcialmente esquemáticas de disposiciones para conectar contenedores flexibles 1200 a un vehículo espacial o al receptáculo 515 de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología. Dado que las membranas de los contenedores flexibles son flexibles, puede configurarse un cierre estanco correspondiente para controlar la flexibilidad. Pueden formarse cierres estancos adecuados de varias maneras. En algunas realizaciones, la totalidad de la pared del contenedor flexible puede sellarse contra el vehículo espacial y/o el receptáculo 515, o en otras realizaciones, sólo la barrera de fluido puede sellarse contra el vehículo espacial y/o el receptáculo. Por ejemplo, la figura 12A ilustra una junta de brida 1205 entre el contenedor 1200 y una parte del vehículo espacial o receptáculo, tal como un conducto o tubo de transferencia de fluido 1210. La junta de brida 1205 puede incluir un elemento de brida 1215 que quede presionado contra una abertura pasante del contenedor 1200 y sellado con la fuerza de un perno, tornillo, remache, amarre, clip, y/u otro elemento de sujeción 1220. El contenedor 1200 o la barrera de fluido queda sellado entre la junta de brida 1205 y el tubo 1210 u otra parte del vehículo espacial o receptáculo.

La figura 12B ilustra una abrazadera de sujeción de tubo flexible 1225 para sellar el contenedor 1200 contra el vehículo espacial.

En otras realizaciones, los contenedores flexibles 1200 pueden conectarse al vehículo espacial mediante adhesivo, juntas, y/u otros elementos de fijación adecuados para proporcionar una interfaz sellada para transferir material desde el contenedor a otras partes del vehículo espacial. Por ejemplo, la figura 12C ilustra una vista superior de una disposición para conectar un contenedor flexible al vehículo espacial. Una junta 1230 colocada entre el contenedor 1200 y el tubo 1210 u otra parte del vehículo espacial puede presentar orificios para pernos 1235, mediante los cuales se colocan unos pernos dentro del contenedor 1200, pasan a través del contenedor 1200, a través de la junta 1230, y se fijan al vehículo espacial. Un orificio 1240 facilita la transferencia de fluidos. La figura 12D ilustra una vista en sección transversal lateral de un cierre estanco creado con una junta tórica 1245 unida a la membrana del contenedor 1200 o integrada en la misma y colocada en una ranura 1250 que lleva el tubo 1210 u otra parte de un vehículo espacial. Puede colocarse un elemento del cuerpo interior 1255 (que puede ser un anillo o un casquillo) del tubo 1210 para presionar la junta tórica 1245 hacia la ranura 1250 para sellar la conexión.

C. MECANISMOS E INTERFACES DE ACOPLAMIENTO

Los vehículos espaciales de acuerdo con las realizaciones de la presente tecnología pueden acoplarse y/o conectarse entre sí para facilitar la transferencia de materiales entre los mismos. En un aspecto de la tecnología, una primera estructura de acoplamiento de un primer vehículo espacial puede acoplarse a una segunda estructura de acoplamiento de un segundo vehículo espacial. Las estructuras de acoplamiento pueden ser andróginas, lo que significa que cada estructura de acoplamiento puede acoplarse a cualquier otra estructura de acoplamiento de configuración similar sin tener en cuenta su orientación como conector macho o hembra. Las estructuras de acoplamiento pueden ser multifuncionales, de manera que pueden realizarse múltiples conexiones al unirse las estructuras de acoplamiento. Por ejemplo, las estructuras de acoplamiento pueden proporcionar elementos de acoplamiento mecánico, elementos de alineación, elementos de conexión de fluidos, elementos de conexión eléctrica, elementos de conexión de datos, y/o cualquier otro elemento de conexión adecuados para transferir materiales en el espacio.

La figura 13 ilustra una vista esquemática de una estructura de acoplamiento 1300 configurada de acuerdo con una realización de la presente tecnología. La estructura de acoplamiento 1300 es capaz de acoplarse a otra estructura de acoplamiento (por ejemplo, en otro vehículo espacial) que tenga la misma disposición de conectores. En algunas realizaciones, todo lo que puede ser necesario para conectar dos estructuras de acoplamiento entre sí es una maniobra de sincronización o rotación para alinear los acoplamientos. En algunas realizaciones, la estructura de acoplamiento 1300 incluye un elemento de montaje 1310, que puede ser una placa de montaje. En algunas realizaciones, el elemento de montaje 1310 puede incluir una parte de un vehículo espacial, de manera que puede omitirse una placa de montaje y las características y/o conectores de la estructura de acoplamiento pueden montarse en la parte del vehículo espacial, tal como una pared exterior u otra superficie. El elemento de montaje 1310 lleva los diversos conectores. En algunas realizaciones, los conectores de la estructura de acoplamiento 1300 pueden conectarse a otros conectores de otra estructura de acoplamiento simultáneamente o casi simultáneamente durante un proceso de acoplamiento.

En algunas realizaciones, la estructura de acoplamiento 1300 incluye uno o más conectores de fluido para transferir fluido hacia o desde otro vehículo espacial a través de otra estructura de acoplamiento. Por ejemplo, una pluralidad de conectores de fluido pueden disponerse en un patrón circular 1312 para coincidir con un patrón correspondiente en otra estructura de acoplamiento. En un ejemplo particular, tal como se ilustra en la figura 13, dos conectores de fluido hembra 1315 y dos conectores de fluido macho 1320 pueden colocarse en una orientación simétrica capaz de acoplarse a la misma disposición en otra estructura de acoplamiento. Puede haber más o menos conectores de fluido 1315, 1320 y pueden estar dispuestos en uno o más patrones circulares, que pueden ser concéntricos entre sí o no.

En algunas realizaciones, la estructura de acoplamiento 1300 incluye uno o más conectores eléctricos 1325, que opcionalmente pueden estar dispuestos en un patrón circular tal como se muestra en la figura 13. Los conectores eléctricos 1325 pueden ser en sí mismos andróginos, de manera que pueden ser sustancialmente similares o idénticos a otros conectores eléctricos en otra estructura de acoplamiento 1300 para facilitar el acoplamiento andrógino entre las estructuras de acoplamiento 1300.

En algunas realizaciones, la estructura de acoplamiento 1300 incluye uno o más conectores de acoplamiento mecánico macho 1330 y unos conectores de acoplamiento mecánico hembra 1335, que pueden disponerse en un patrón circular 1340 similar al patrón 1312 de conectores de fluido. La disposición ilustrada en la figura 13 facilita la conexión andrógina a otra estructura de acoplamiento 1300 que tenga el mismo patrón circular 1340. Los conectores de acoplamiento mecánico 1330, 1335 se acoplan a correspondientes conectores 1330, 1335 para formar una conexión estructural para acoplar dos vehículos espaciales (a través de las estructuras de acoplamiento 1300), por ejemplo, durante un proceso de transferencia de fluido utilizando los conectores de fluido 1315, 1320. En algunas realizaciones, los conectores de acoplamiento mecánico pueden incluir ganchos, cierres, pasadores, imanes (la "P" en la figura 13 ilustra que el conector hembra 1335 puede ser una almohadilla magnéticamente susceptible, mientras que la "M" en la figura 13 ilustra que el conector macho 1330 puede ser un imán que puede ser permanente o conmutable), y/u otras conexiones mecánicas macho y hembra o andróginas adecuadas. En algunas realizaciones, los conectores de acoplamiento mecánico pueden incluir un saliente y una cavidad para recibir el saliente, y/o un carril guía y una ranura para recibir el carril guía.

En algunas realizaciones, la estructura de acoplamiento 1300 incluye uno o más elementos de alineación para ayudar a la alineación de las estructuras de acoplamiento si quedan ligeramente desplazadas durante una secuencia de acoplamiento. Por ejemplo, uno o más elementos de alineación macho 1345 y unos elementos de alineación hembra 1350 pueden disponerse en un patrón circular 1355 similar al patrón 1312 de los conectores de fluido. La disposición de elementos de alineación facilita la conexión andrógina con elementos de alineación en otra estructura de acoplamiento que tengan el mismo patrón circular 1355. En algunas realizaciones, los elementos de alineación macho 1345 pueden incluir un cono que puede tener una forma, un tamaño, y una posición para acoplarse a un elemento de alineación hembra 1350, que puede ser una copa. En algunas realizaciones, los elementos de

alineación 1345, 1350 pueden incluir guías, y pasadores, y/o una combinación de elementos de diferentes tipos adecuados para facilitar la alineación mecánica de las estructuras de acoplamiento 1300 entre sí.

Las estructuras de acoplamiento 1300 pueden incluir elementos adicionales para facilitar un acoplamiento andrógino. Por ejemplo, indicadores, tales como luces 1360, reflectores 1365, y/o indicadores de alineación 1370, pueden ser vistos, observados, y/o analizados por operarios, sensores, y/o cámaras 1375 dispuestos en la estructura de acoplamiento 1300 o adyacentes a la misma. En algunas realizaciones, unos códigos de barras (tales como códigos QR) 1380 pueden proporcionar información de identificación para que las cámaras 1375 u otros sensores los lean para identificar vehículos u otra información, tal como información de ubicación. En algunas realizaciones, puede disponerse una cámara en un eje central o punto central 1385 de la estructura de acoplamiento 1300. En algunas realizaciones, puede incluirse en la estructura de acoplamiento 1300 un sistema de medición 1390, tal como un telémetro láser, un sistema lidar y/o un sistema radar, para proporcionar información de posición para maniobras de acoplamiento. El elemento de montaje 1310 puede incluir uno o más orificios para pernos u otros elementos de fijación 1395 para montar la estructura de acoplamiento 1300 a un vehículo espacial. En algunas realizaciones, pueden incorporarse elementos de alineación y/o acoplamiento en los elementos de fijación 1395. Los elementos de fijación 1395 pueden incluir elementos de alineación para ayudar a un constructor a alinear la estructura de acoplamiento 1300 en un vehículo espacial.

Una ventaja de la estructura de acoplamiento 1300 es que puede acoplarse a estructuras de acoplamiento idénticas o estructuralmente similares (por ejemplo, que presenten una disposición coincidente de conectores macho y hembra) para una conexión andrógina a otro vehículo espacial. Tales conexiones andróginas pueden permitir conectar entre sí varios vehículos diferentes para procesos de transferencia de fluidos u otros procesos. De acuerdo con diversas realizaciones, cualquier número y tipo adecuado de conectores puede disponerse en círculos u otros patrones para proporcionar una estructura de acoplamiento andrógino 1300. En algunas realizaciones, un conector macho y un conector hembra pueden ser adyacentes entre sí en un par y otros pares de conectores macho y hembra pueden distribuirse sobre un patrón circular u otro patrón simétrico en la estructura de acoplamiento 1300. Los patrones circulares u otros patrones simétricos pueden ser concéntricos. En general, para facilitar el acoplamiento andrógino, los acoplamientos coincidentes pueden tener el mismo radio o distancia efectiva desde un punto central 1385 de la estructura de acoplamiento 1300.

En algunas realizaciones, para cada tipo de conector (por ejemplo, fluido, de cierre, de alineación, eléctrico) puede haber variantes macho y hembra y/o activas y pasivas. En algunas realizaciones, una primera estructura de acoplamiento 1300 puede incluir un primer conjunto de conexiones, incluyendo conexiones activas, pasivas, macho y/o hembra, mientras que otra estructura de acoplamiento 1300 puede incluir un subconjunto de dichos conectores. En dichas realizaciones, las estructuras de acoplamiento 1300 pueden ser compatibles y estar totalmente acopladas, pero con sólo un subconjunto de conexiones habilitadas (por ejemplo, las conexiones pueden estar limitadas a los conectores de la segunda estructura de acoplamiento 1300). En algunas realizaciones, un patrón circular de conectores puede incluir más de un tipo de conector. Por ejemplo, un único patrón circular de conectores puede incluir uno o más conectores de fluido y uno o más conectores eléctricos, o cualquier combinación adecuada de conectores en uno de los patrones circulares.

Las figuras 14A y 14B ilustran otras disposiciones representativas de conectores que pueden facilitar conexiones andróginas entre estructuras de acoplamiento 1300, de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología. La figura 14A ilustra, esquemáticamente, un par macho y hembra 1400, que puede estar en una primera estructura de acoplamiento 1300, dispuesto para acoplarse a otro par macho y hembra 1405, que puede estar en una segunda estructura de acoplamiento 1300 y puede ser sustancialmente idéntico al par 1405. Los pares pueden girar 180 grados uno respecto del otro para facilitar la conexión de acoplamiento. La figura 14B ilustra, esquemáticamente, una disposición 1410 que puede implementarse en una cara de una estructura de acoplamiento 1300. Por ejemplo, los conectores macho y hembra 1415 pueden disponerse en una configuración rectangular o de otro modo paralela alrededor de un punto central 1420, mientras que otros conectores macho y hembra 1425 (marcados M o F) pueden situarse en ubicaciones opuestas respecto al punto central 1420. En consecuencia, la figura 14B ilustra otra disposición andrógina representativa de conectores para una estructura de acoplamiento. Las realizaciones de la presente tecnología contemplan otras disposiciones de conectores adecuadas para formar una conexión andrógina coincidente entre estructuras de acoplamiento. En algunas realizaciones, es posible que solamente se requiera sincronizar (girar) las estructuras de acoplamiento 1300 para alinear sus elementos andróginos.

Las figuras 15A-15F ilustran vistas parcialmente esquemáticas de conectores y partes de conectores que facilitan conexiones andróginas entre estructuras de acoplamiento, de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología. Los conectores pueden incluir conectores mecánicos, de fluido, eléctricos, y de otro tipo que puede llevar el elemento de montaje 1310 para formar una estructura de acoplamiento tal como la estructura de acoplamiento 1300 mostrada en la figura 13. En algunas realizaciones, un conector en un elemento de montaje puede incluir un elemento macho y un elemento hembra situados adyacentes entre sí (tal como se ilustra en las figuras 15A, 15D, y

15E), de manera que cada elemento de montaje 1310 incluye un elemento macho y un elemento hembra que se acoplan a correspondientes elementos macho y hembra en otro elemento de montaje 1310.

La figura 15A ilustra un sistema de fijación de pasador 1500, que puede incluir un pasador con púas 1505 colocado para acoplarse a una cavidad con púas 1510 correspondiente. Las púas del pasador 1505 o la cavidad 1510 pueden ser retráctiles para facilitar la liberación de la conexión. Las figuras 15B y 15C ilustran un conector de fluido hembra 1515 y un conector de fluido macho 1520, respectivamente. Los conectores de fluido macho y hembra facilitan la conexión y transferencia de fluido entre las estructuras de acoplamiento. En algunas realizaciones, el conector de fluido hembra 1515 incluye una abertura receptora 1525 dimensionada y conformada para recibir un tubo 1530 del conector de fluido macho 1520. La conexión puede incluir unos elementos de bloqueo liberables 1535 (que pueden ser accionados por uno o más solenoides 1527) situados para sujetar y liberar selectivamente el conector macho 1520 en la abertura 1525 del conector hembra 1515. Al conectarse, el fluido puede fluir a través del tubo 1530 y una entrada y/o salida 1540 del conector hembra 1515.

La figura 15D ilustra un acoplamiento magnético 1545, que puede incluir un conector macho 1550 (que puede ser un imán accionado que puede activarse o desactivarse) y un conector hembra 1555, que puede ser una almohadilla metálica susceptible a fuerzas magnéticas. La figura 15E ilustra unos elementos de alineación mecánica (véase los elementos 1345 y 1350 de la figura 13 anterior), que pueden incluir un elemento de alineación mecánica hembra en forma de copa 1560 para recibir un elemento de alineación macho en forma de saliente o cono 1565, por ejemplo. La figura 15F ilustra unos conectores eléctricos 1570, cada uno de los cuales puede incluir un muelle 1575 situado en una cavidad 1580 y que empuja un contacto 1585 hacia fuera desde el elemento de montaje 1310. En algunas realizaciones, un contacto 1585 puede ser una almohadilla plana situada para contactar otro contacto 1585 de otro conector 1570 en otra estructura de acoplamiento. En algunas realizaciones, el contacto 1585 puede incluir una punta o un cono u otro saliente. En algunas realizaciones, los contactos 1585 pueden contactar una almohadilla de contacto hembra 1590 no accionada por muelle en la estructura de acoplamiento opuesta.

Los conectores y las estructuras de acoplamiento de acuerdo con la presente tecnología pueden disponerse de cualquier manera adecuada para proporcionar un acoplamiento andrógino entre vehículos espaciales para transferir fluidos, señales eléctricas, fuerzas mecánicas, datos, calor, y/o cualquier otro material transferible adecuado.

D. TRANSPORTE, DISTRIBUCIÓN Y/O VENTA DE MATERIALES

En algunas realizaciones, los vehículos espaciales de acuerdo con realizaciones de la presente tecnología pueden operar en una o más órbitas alrededor de la Tierra o la Luna, o alrededor de otras ubicaciones celestes, o pueden operar en superficies de cuerpos extraterrestres (por ejemplo, la Luna, Marte, asteroides). Por ejemplo, los vehículos espaciales pueden operar en una órbita de baja inclinación (por ejemplo, entre 3 y 13 grados, tal como 8 grados) alrededor de la Tierra para encontrarse con vehículos espaciales lanzados desde cerca del ecuador, tal como desde la Guayana Francesa, India, o Brasil. En algunas realizaciones, los vehículos espaciales pueden operar en una órbita de inclinación media (por ejemplo, entre 25 y 35 grados, tal como 30 grados) para encontrarse con vehículos espaciales lanzados desde Florida, California, Japón, o China. Todavía en otras realizaciones, los vehículos espaciales pueden operar en una órbita de inclinación elevada (por ejemplo, entre 41 y 51 grados, tal como 46 grados) para encontrarse con vehículos espaciales lanzados desde Rusia o Alaska. En otra realización, los vehículos espaciales pueden operar en órbita heliosíncrona (Sun Synchronous Orbit, SSO), por ejemplo, con una inclinación de 98 grados para acercarse a las órbitas comunes de observación de la Tierra. En algunas realizaciones, las órbitas pueden ser órbitas terrestre bajas (Low Earth Orbit, LEO), órbitas terrestres medias (Medium Earth Orbit, MEO), órbitas terrestres geoestacionarias (Geostationary Earth Orbit, GEO), o una órbita terrestre supersíncrona (SSEO) con un periodo superior a 24 horas. Las órbitas pueden ser excéntricas (como una órbita de transferencia). Los vehículos espaciales pueden posicionarse en o cerca de uno o más de los puntos de Lagrange en un sistema de dos cuerpos, como los puntos de Lagrange asociados a la Tierra y la Luna. En algunas realizaciones, los vehículos espaciales pueden situarse en una órbita lunar.

En algunas realizaciones, un vehículo espacial (por ejemplo, una cisterna) con un contenedor puede acoplarse a otro vehículo espacial (tal como un satélite) utilizando estructuras de acoplamiento (que pueden ser andróginas tal como se describe aquí). Un controlador u otro operador puede hacer que se transfiera material entre los dos vehículos espaciales. Por ejemplo, el satélite puede desplegar un contenedor flexible y la cisterna puede llenar el contenedor flexible con combustible u otro material. A continuación, la cisterna puede desacoplarse y desplazarse a otra órbita. En consecuencia, la presente tecnología facilita la distribución de materiales tales como combustible, que puede implementarse en un proceso comercial de venta de combustible o materiales. En algunas realizaciones, un vehículo espacial (tal como una cisterna) que incluye un contenedor de almacenamiento con combustible u otro material puede lanzarse a una primera órbita, donde puede almacenarse o estacionarse. Esa primera órbita puede ser una órbita alta de estacionamiento. La cisterna puede transferirse a una segunda órbita, que puede ser una órbita operativa para un satélite. La cisterna puede acoplarse al satélite y suministrarle combustible. A continuación, la cisterna puede desacoplarse del satélite y volver a la órbita de estacionamiento. Por consiguiente, la cisterna

puede almacenarse en un entorno de baja resistencia y/o en una órbita que suponga un bajo riesgo de impacto para otras órbitas operativas hasta que se necesite, y el satélite se puede repostar cuando sea necesario. En algunas realizaciones, una cisterna puede funcionar como remolcador espacial para acoplarse a satélites cliente y moverlos a diversas órbitas mientras utiliza combustible en la cisterna o mientras suministra combustible al satélite cliente.

La figura 16 ilustra un diagrama de flujo de un método 1600 para transferir, suministrar, y/o almacenar materiales en el espacio o, de otra manera, para llevar a cabo una misión espacial. En el bloque 1610, puede lanzarse un vehículo espacial, tal como un satélite, sin combustible o sin suficiente combustible para llevar a cabo su misión. En el bloque 1620, puede lanzarse un vehículo espacial, tal como una cisterna que transporta combustible y, en el bloque 1630, éste puede almacenarse en una órbita, hasta que se mueva hacia el satélite, o de otra manera se encuentre con el mismo, para repostar el satélite, tal como se muestra en el bloque 1640. En el bloque 1650, el satélite puede establecer su órbita (o restablecer su órbita después de recibir combustible). En el bloque 1660, el satélite puede llevar a cabo su misión u otras operaciones. En el bloque 1670, puede agotarse el combustible del satélite. En el bloque 1680, el satélite se puede repostar a través de la cisterna (por ejemplo, a través de la cisterna cambiando de órbita para encontrarse con el satélite, o a través del satélite cambiando de órbita para encontrarse con la cisterna). En el bloque 1690, la misión del satélite y/o de la cisterna puede completarse después de una o más operaciones de repostaje de combustible, y el satélite y/o la cisterna pueden abandonar la órbita (por ejemplo, entrar en la atmósfera terrestre o colocarse en una órbita "cementerio" u otra órbita adecuada). En algunas realizaciones, el satélite puede desplegar un contenedor flexible al llegar a su órbita operativa, o al acoplarse a la cisterna (por ejemplo, para prepararse para recibir material de la cisterna). Mediante este proceso, por ejemplo, una única cisterna puede suministrar combustible a múltiples satélites, y/o un único satélite puede recibir combustible de múltiples cisternas.

La figura 17 ilustra un diagrama de flujo de un método 1700 para llevar a cabo una misión espacial de acuerdo con otra realización de la presente tecnología. En el bloque 1710, puede lanzarse un satélite completamente cargado de combustible, y en el bloque 1720, puede establecer su órbita. En el bloque 1730, el satélite puede llevar a cabo su misión u otras operaciones, durante o después de las cuales puede requerir repostaje de combustible o cambio de órbita, en el bloque 1740. Simultáneamente o en otro momento, puede lanzarse (bloque 1750) un remolcador (que puede ser una cisterna de acuerdo con la tecnología aquí descrita), y almacenarse en una órbita (bloque 1760). En el bloque 1770, el remolcador o cisterna puede llevar a cabo un cambio de órbita asistido del satélite y/o una operación de repostaje. El remolcador o cisterna puede utilizar sus propios sistemas de propulsión o los sistemas de propulsión del satélite. En los bloques 1780 y 1790, las misiones pueden completarse y el remolcador o cisterna y el satélite pueden abandonar la órbita. En algunas realizaciones, el remolcador puede llevar a cabo múltiples operaciones de remolque o repostaje antes de abandonar la órbita.

La presente tecnología contempla otros procesos y métodos. Por ejemplo, en algunas realizaciones, después de un cambio de órbita asistido (bloque 1770), el satélite puede llevar a cabo sus operaciones (bloque 1730), el satélite puede abandonar la órbita (bloque 1790), el remolcador puede abandonar la órbita (bloque 1780), y/o el remolcador puede volver a una órbita de almacenamiento (bloque 1760). Cualquier proceso adecuado de repostaje y/o remolque puede llevarse a cabo con realizaciones de la presente tecnología.

Una órbita de almacenamiento o estacionamiento para una cisterna puede ser igual o diferente (por ejemplo, menor o mayor que) de una órbita operativa para un satélite. Por ejemplo, la órbita de estacionamiento puede tener un semieje mayor y/o un semieje menor mayor que la órbita operativa del satélite. Las órbitas pueden ser elípticas, circulares, y/u órbitas de transferencia entre cuerpos.

Las realizaciones de la presente tecnología proporcionan instalaciones y equipos que permiten operaciones de transferencia y/o procesamiento de fluidos y materiales en entornos extraterrestres, tal como en órbita o en una superficie planetaria o lunar. En algunas realizaciones, las actividades de los vehículos espaciales y los equipos relacionados descritos aquí pueden ser controlados por un ser humano a bordo, de manera remota o autónoma. En algunas realizaciones, puede implementarse inteligencia artificial (IA) para comunicarse automáticamente entre vehículos espaciales para determinar necesidades de repostaje de combustible y para controlar operaciones de repostaje descritas aquí. La IA puede implementarse para controlar el vuelo en formación de vehículos espaciales o el acoplamiento y desacoplamiento de vehículos espaciales para formar vehículos espaciales globales grandes o pequeños.

Las realizaciones de la presente tecnología pueden comercializarse para proporcionar un servicio de repostaje y/o remolque para mejorar capacidades de los satélites u otras misiones espaciales y/o para mejorar la vida útil de los vehículos espaciales. En algunas realizaciones, las cisternas pueden recuperar y procesar materiales de satélites (que pueden incluir depósitos de combustible u otros depósitos en las etapas superiores de los vehículos de lanzamiento), o de otras fuentes, para su posterior suministro a otros vehículos espaciales. Por ejemplo, las cisternas y los vehículos espaciales de acuerdo con la presente tecnología pueden recuperar hidrógeno líquido y oxígeno líquido no utilizados de la etapa superior de un cohete, convertirlos en agua, almacenarlos como propulsante, o almacenarlos y distribuirlos de cualquier otra manera.

A partir de lo anterior, se apreciará que se han descrito aquí a título ilustrativo algunas realizaciones de la presente tecnología, pero pueden introducirse diversas modificaciones sin apartarse de la tecnología descrita. Por ejemplo, puede transferirse cualquier material adecuado con la presente tecnología, y pueden realizarse actividades en cualquier órbita adecuada. Los vehículos espaciales pueden dimensionarse y configurarse para que tengan las características adecuadas para las misiones espaciales. Además, ciertos aspectos de la tecnología descrita en el contexto de algunas realizaciones pueden combinarse o eliminarse en algunas realizaciones. Por ejemplo, no es necesario que las realizaciones incluyan todos los sistemas o subsistemas aquí descritos. Varias realizaciones pueden ensamblarse en órbita o en la Tierra. Las estructuras pueden imprimirse en 3D, soldarse o ensamblarse de otras maneras adecuadas. En algunas realizaciones, el espacio no utilizado de otro modo en un vehículo de lanzamiento puede llenarse con combustible o llevar un contenedor de acuerdo con una realización de la presente tecnología. En algunas realizaciones, pueden crearse o aumentarse almacenes o bancos de material en el espacio llevando combustible u otro material en el espacio no utilizado de un vehículo de lanzamiento, y/o llevando uno o más contenedores de combustible a la órbita. En algunas realizaciones, una estructura alrededor de contenedores flexibles, o en los mismos, puede incluir una aleación con memoria de forma que aplique presión a los contenedores flexibles para funcionar como dispositivo de expulsión para sacar el material fuera de los contenedores flexibles. Aunque los contenedores (incluyendo los contenedores flexibles) se han ilustrado redondos, éstos pueden presentar cualquier forma adecuada.

Además, aunque se han descrito ventajas asociadas a algunas realizaciones de la tecnología en el contexto de esas realizaciones, algunas realizaciones pueden también presentar dichas ventajas, y no es necesario que todas las realizaciones presenten dichas ventajas para que se encuentren dentro del alcance de la presente tecnología. En consecuencia, la presente descripción y la tecnología asociada pueden abarcar otras realizaciones no descritas o mostradas expresamente aquí.

Tal como se utiliza aquí, el término "y/o" cuando se utiliza en la frase "A y/o B" significa "A, o B, o tanto A como B". Una manera de interpretación similar se aplica al término "y/o" cuando se utiliza en una lista de más de dos términos.

REIVINDICACIONES

1. Método para transferir materiales en el espacio, comprendiendo el método:

lanzar un vehículo espacial (100, 300) que comprende un contenedor de almacenamiento (105, 310);
posicionar el vehículo espacial (100, 300) en una primera órbita,
transferir el vehículo espacial (100, 300) a una segunda órbita;
acoplar el vehículo espacial (100, 300) a un satélite (500) en la segunda órbita;
transferir material entre el contenedor de almacenamiento (105, 310) y el satélite (500); y
desacoplar el vehículo espacial (100, 300) del satélite (500);

caracterizado por el hecho de que

transferir material al satélite (500) comprende desplegar un contenedor flexible (505, 705, 805) en el satélite (500) para recibir el material; y
en el que desplegar el contenedor flexible (505, 705, 805) comprende extender el contenedor flexible (505, 705, 805) alejándolo del satélite (500).

2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además, devolver el vehículo espacial (100, 300) a la primera órbita.

3. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que transferir material entre el contenedor de almacenamiento (105, 310) y el satélite (500) comprende recibir, en el contenedor de almacenamiento (105, 310), material del satélite (500).

4. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que lanzar el vehículo espacial (100, 300) comprende lanzar el vehículo espacial (100, 300) con material en el contenedor de almacenamiento (105, 310) para ser suministrado al satélite (500).

5. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que transferir material entre el contenedor de almacenamiento (105, 310) y el satélite (500) comprende transferir combustible al satélite (500), comprendiendo el método, además, lanzar el satélite (500) a la segunda órbita, en el que lanzar el satélite (500) comprende lanzar el satélite (500) sin suficiente combustible para una misión espacial planeada para el satélite (500).

6. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que acoplar el vehículo espacial (100, 300) al satélite (500) comprende orientar una primera estructura de acoplamiento (125, 360) transportada por el vehículo espacial (100, 300) para alinearse con una segunda estructura de acoplamiento (545) transportada por el satélite (500), y conectar una pluralidad de conectores transportados por la primera estructura de acoplamiento (125, 360) a una correspondiente pluralidad de conectores transportados por la segunda estructura de acoplamiento (545).

7. Sistema para llevar a cabo una misión espacial, comprendiendo el sistema un vehículo espacial no tripulado (100, 300) configurado para operar en un entorno extraterrestre, comprendiendo el vehículo espacial (100, 300):

un contenedor de almacenamiento (105, 310) configurado para contener material;
una primera estructura de acoplamiento (125, 360) dispuesta en una superficie exterior del vehículo espacial (100, 300);
comprendiendo la primera estructura de acoplamiento (125, 360) una pluralidad de conectores que incluye un conector de fluido (1315, 1320) y uno o más de un conector eléctrico (1325), un conector de señal, o un conector mecánico (1330, 1335) colocados para acoplar la primera estructura de acoplamiento (125, 360) a una segunda estructura de acoplamiento (545) de un satélite (500); y
un controlador (180) programado con instrucciones que, cuando se ejecutan:
acoplan el vehículo espacial (100, 300) a un satélite (500) en una órbita utilizando la primera estructura de acoplamiento (125, 360);
transfieren material entre el contenedor de almacenamiento (105, 310) y el satélite a través de la primera estructura de acoplamiento (125, 360); y
desacoplan el vehículo espacial (100, 300) del satélite (500);

comprendiendo el sistema, además, el satélite (500), caracterizado por el hecho de que el sistema comprende, además, un contenedor flexible (505, 705, 805) transportado por el satélite (500), estando configurado el contenedor flexible (505, 705, 805) para desplegarse desde una configuración recogida, en la que, en la configuración recogida, el contenedor flexible (505, 705, 805) está contenido dentro del satélite (500) y, en una configuración desplegada, el contenedor flexible (505, 705, 805) se extiende alejándose del satélite (500).

8. Sistema de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la órbita es una primera órbita y las instrucciones, cuando se ejecutan:

posicionan el vehículo espacial (100, 300) en una segunda órbita,
transfieren el vehículo espacial (100, 300) a la primera órbita; y
después de desacoplar el vehículo espacial (100, 300) del satélite (500), hacen que el vehículo espacial (100, 300) abandone la primera órbita.

9. Sistema de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el contenedor flexible (505, 705, 805) comprende una vejiga flexible interior (715) situada dentro de una vejiga flexible exterior (750).

10. Sistema de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la vejiga flexible interior (715) está situada para expandirse dentro de la vejiga flexible exterior (750) para expulsar materiales de la vejiga flexible exterior (750).

11. Sistema de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende, además, una capa aislante entre la vejiga flexible interior (715) y la vejiga flexible exterior (750), en el que la vejiga flexible interior (715) está configurada para contener un primer material y la segunda vejiga flexible (750) está configurada para contener un segundo material distinto del primer material.

12. Sistema de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende, además, una fuente de gas transportada por el satélite y situada para suministrar gas a la vejiga flexible interior (715) para provocar que se expanda.

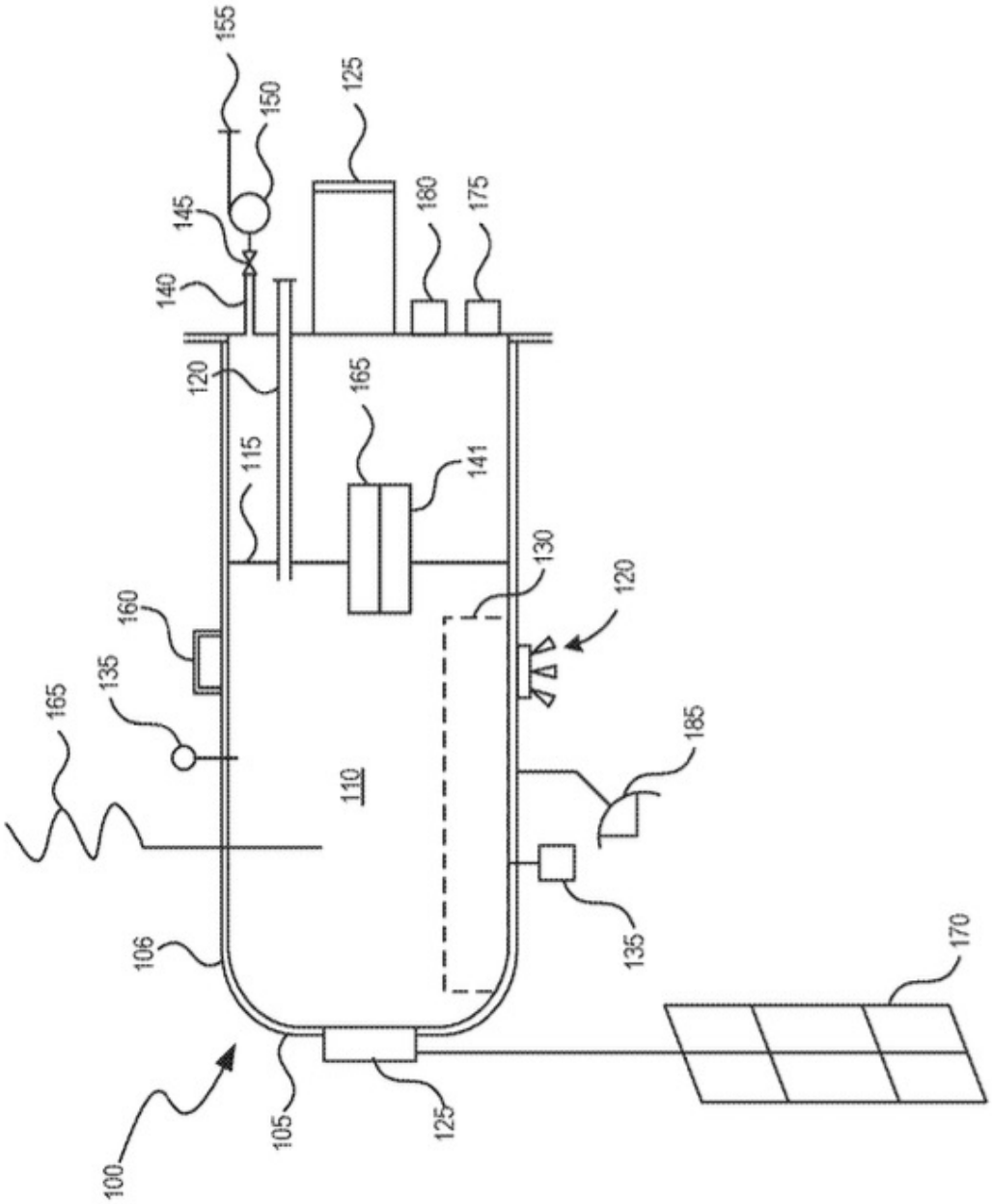
155
150
125
145
180
175
140
120
165
115
141
130
160
120
135
165
185
110
106
135
170
100
105
125

FIG. 1

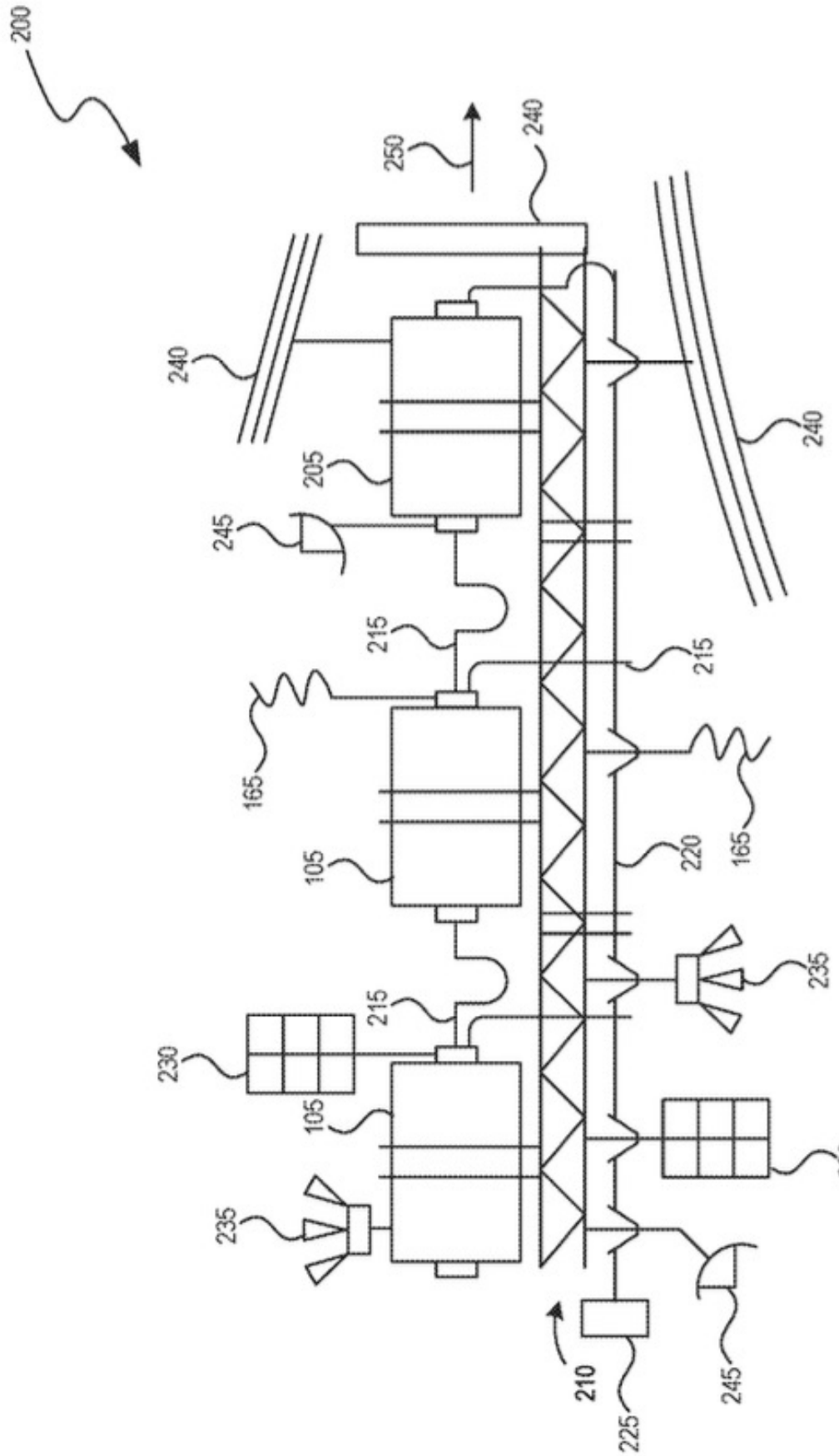
200
250
240
240
240
205
245
215
215
165
165
105
220
235
215
230
105
230
235
210
225
245

FIG. 2

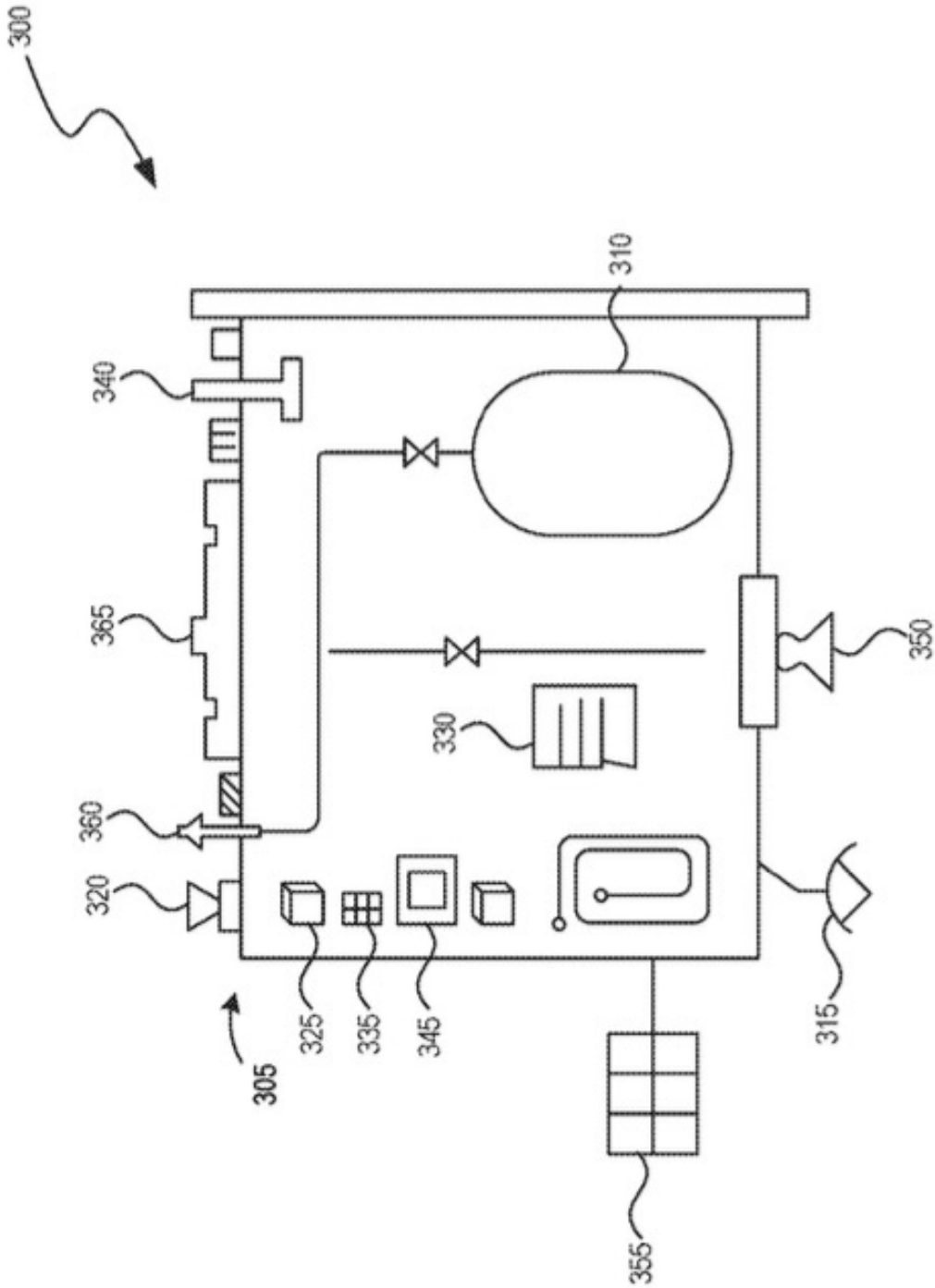

FIG. 3

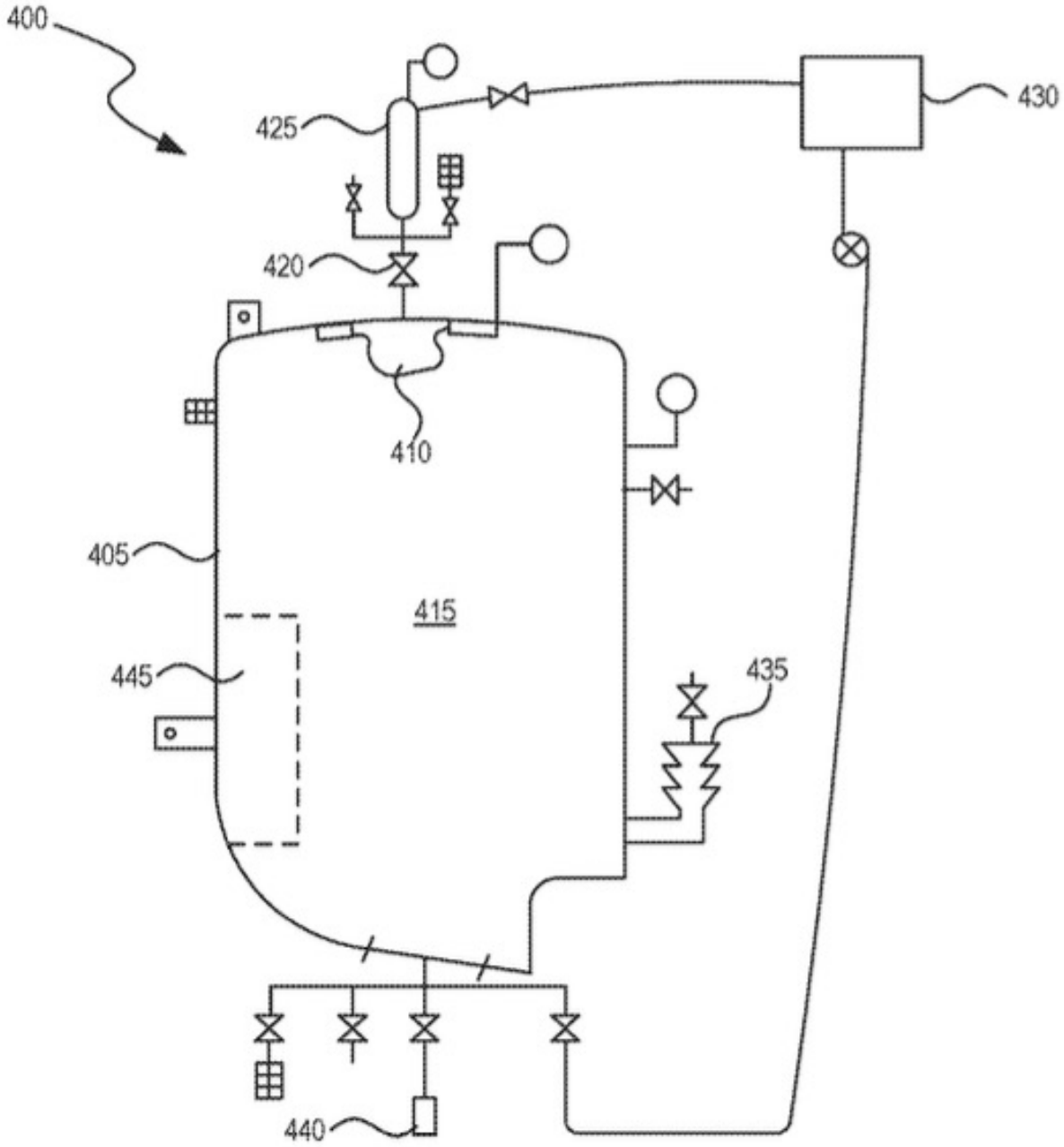

FIG. 4

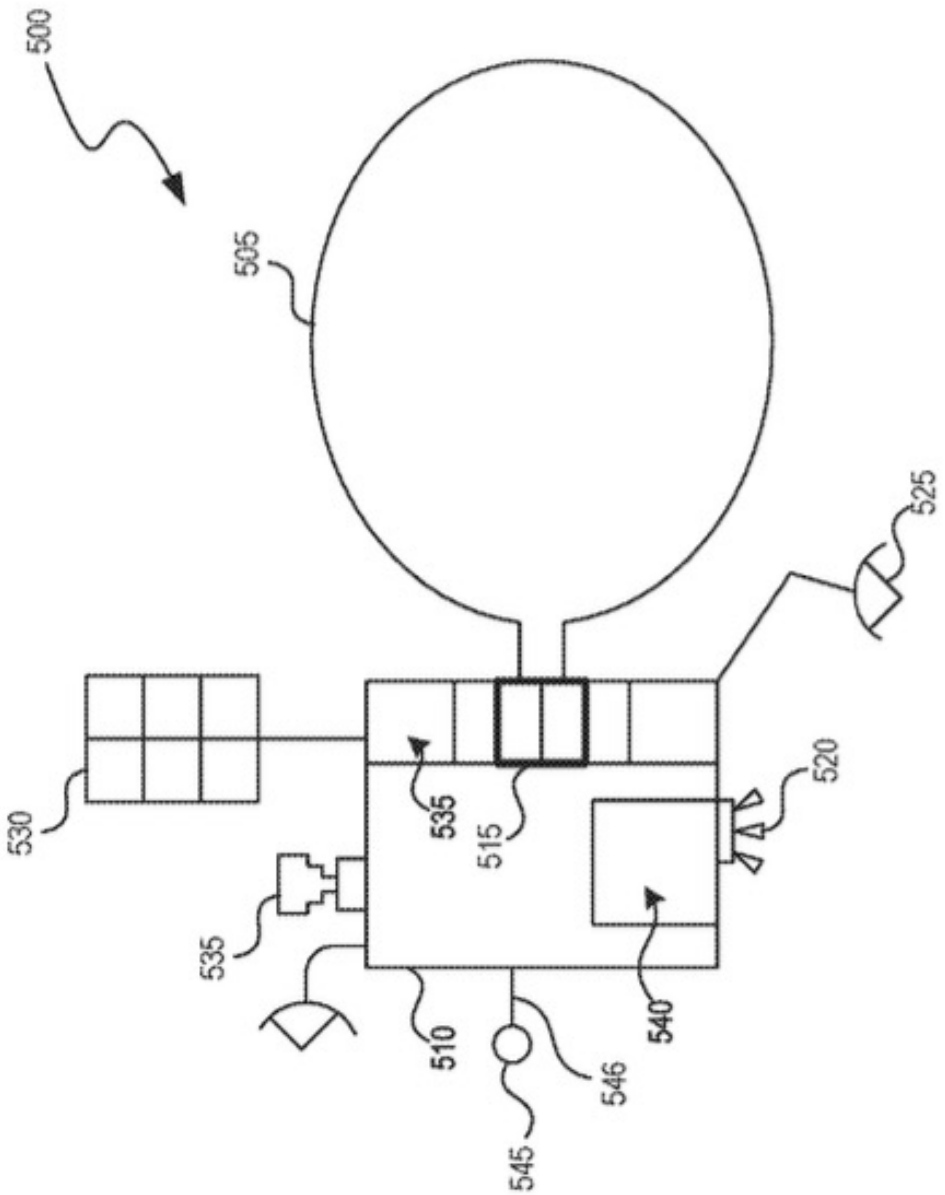

FIG. 5

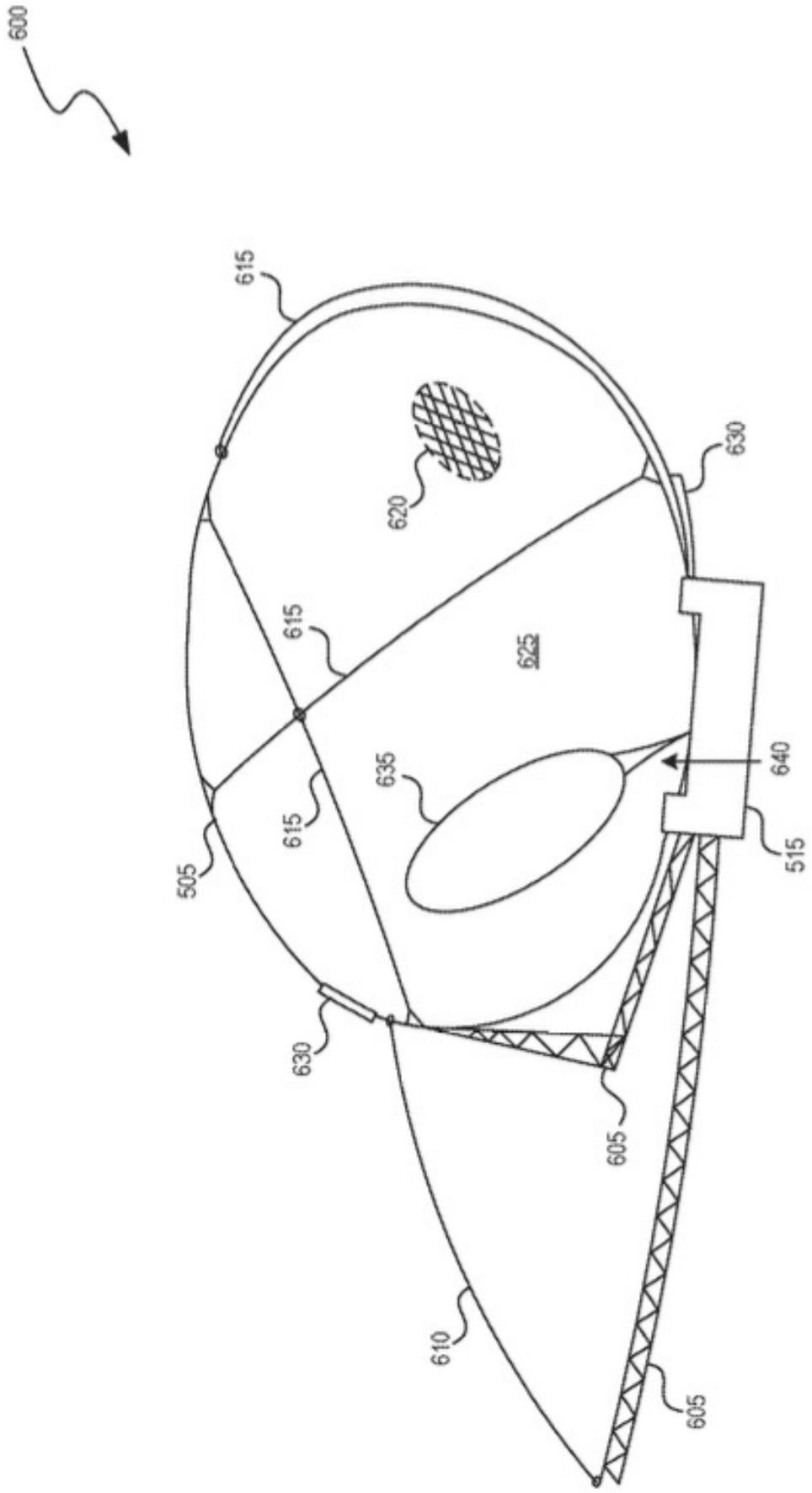

FIG. 6

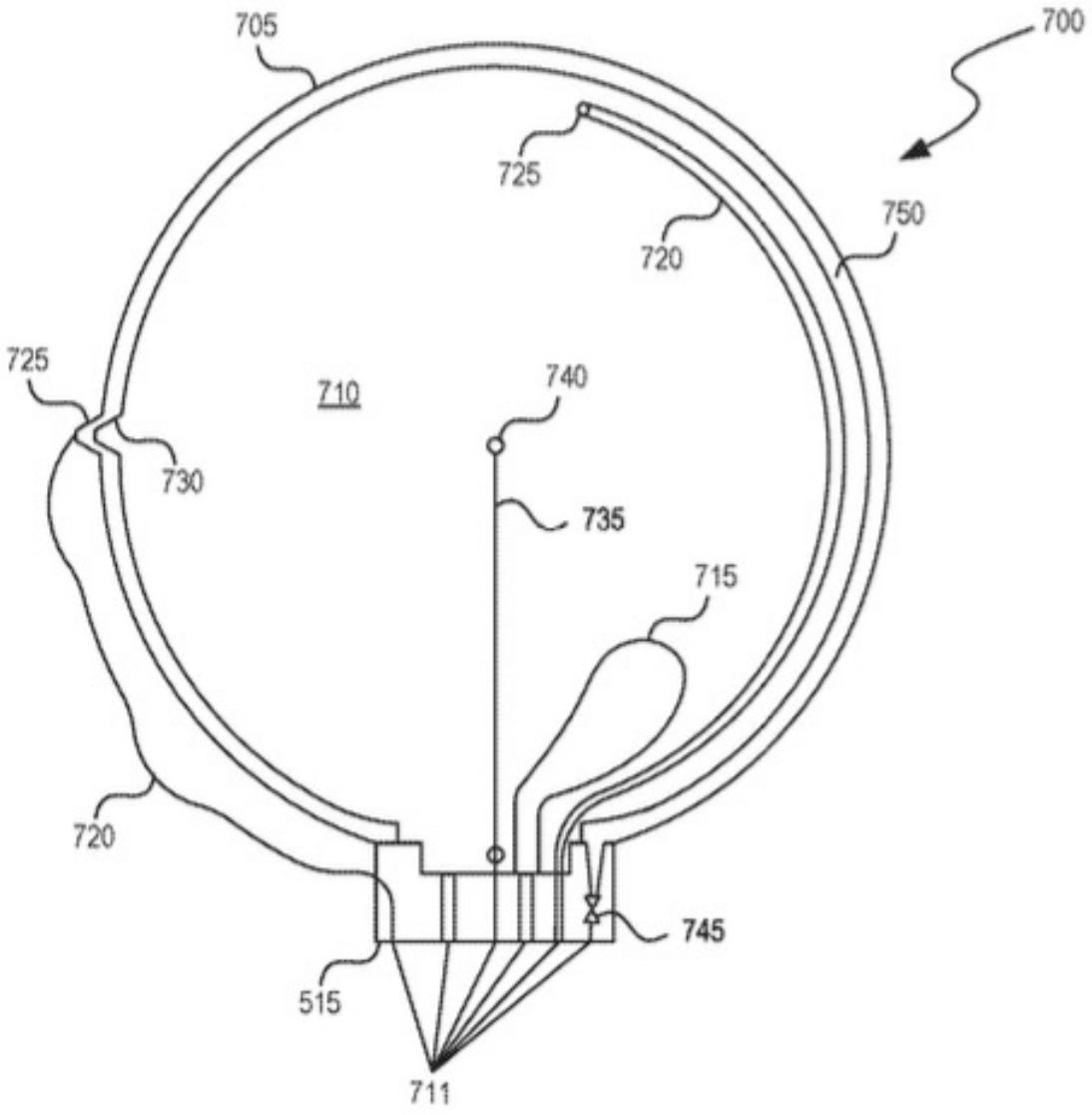

FIG. 7

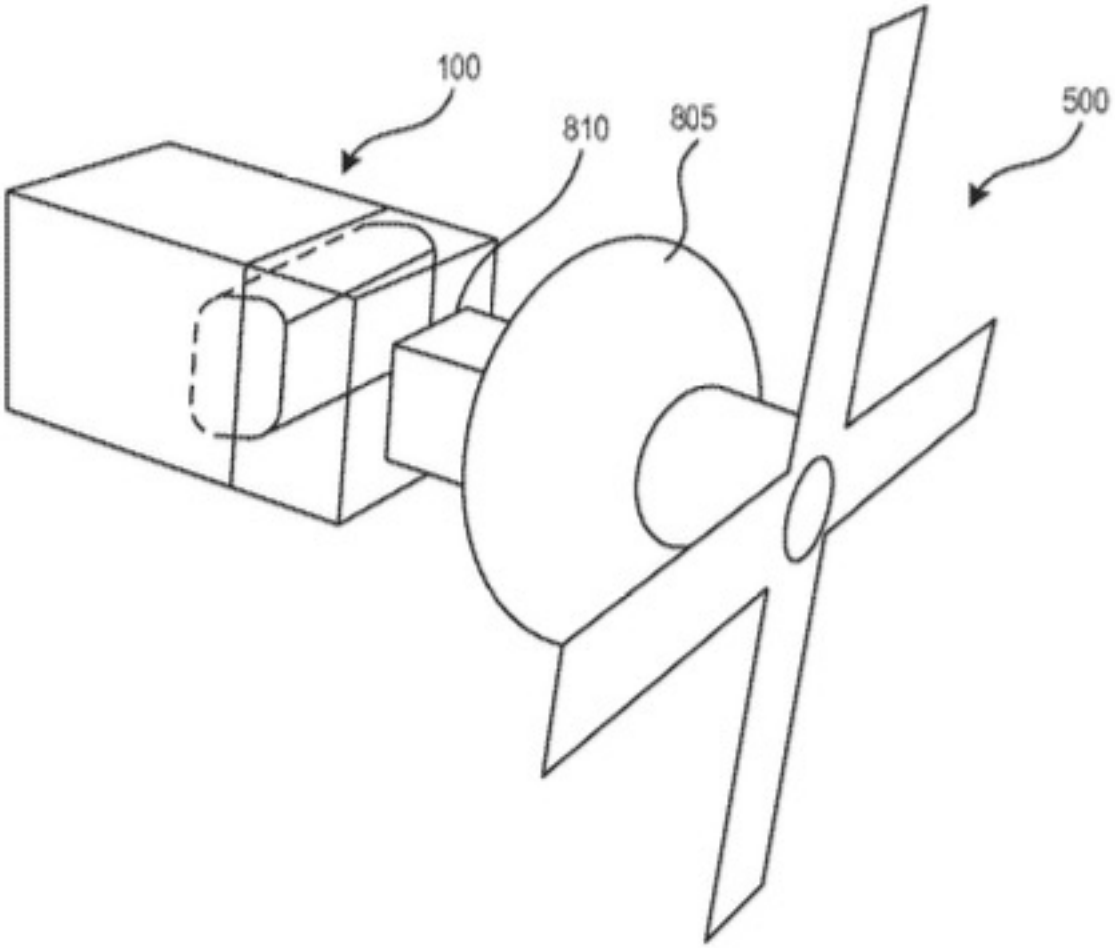

FIG. 8

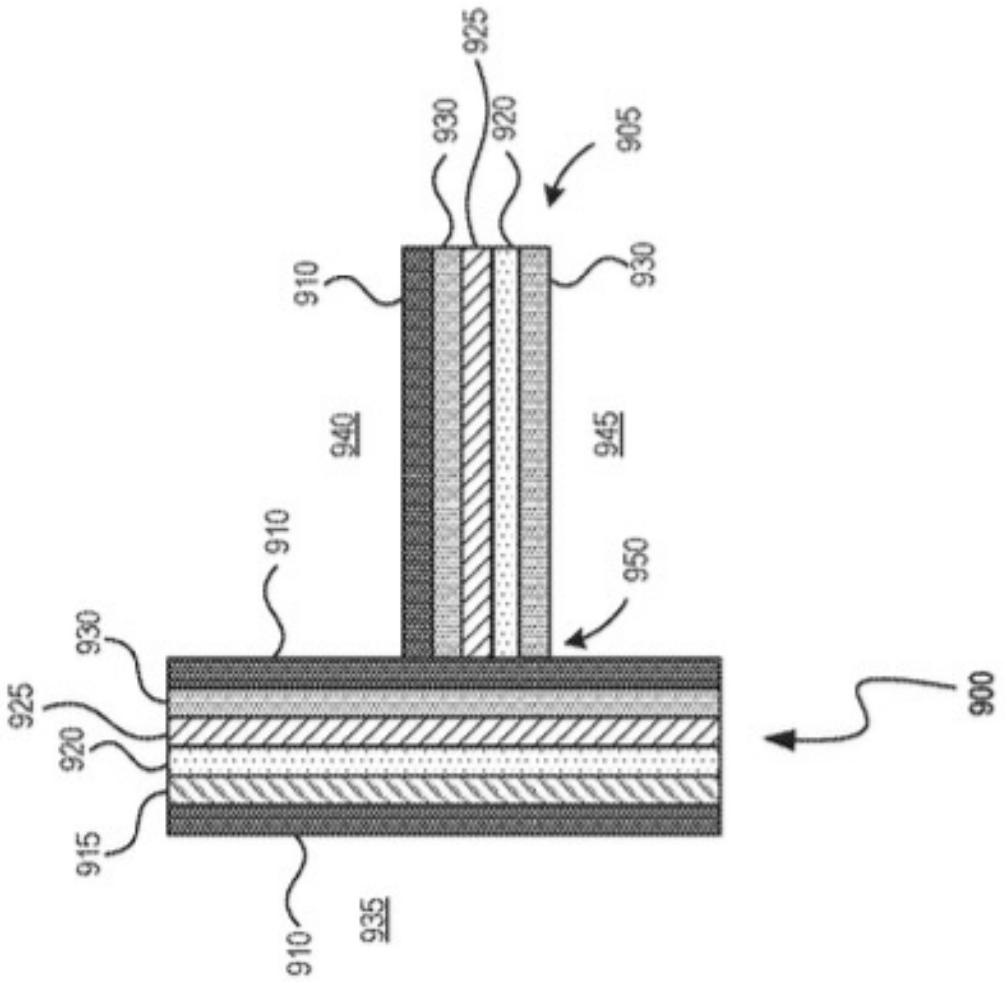
925
930
920
905
910
930
940
945
910
950
930
925
920
915
900
910
935

FIG. 9

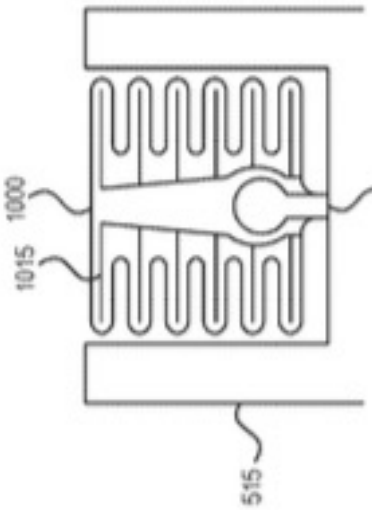

FIG. 10C

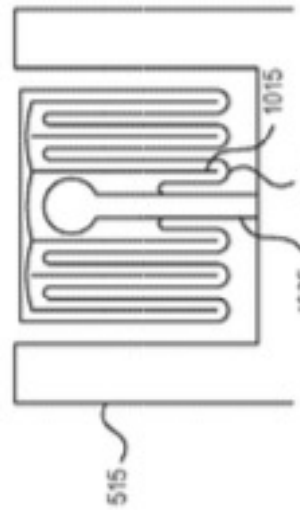

FIG. 10E

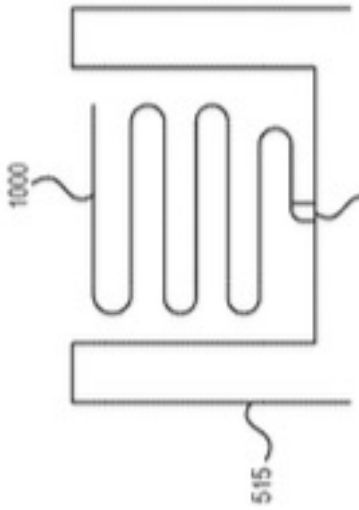

FIG. 10B

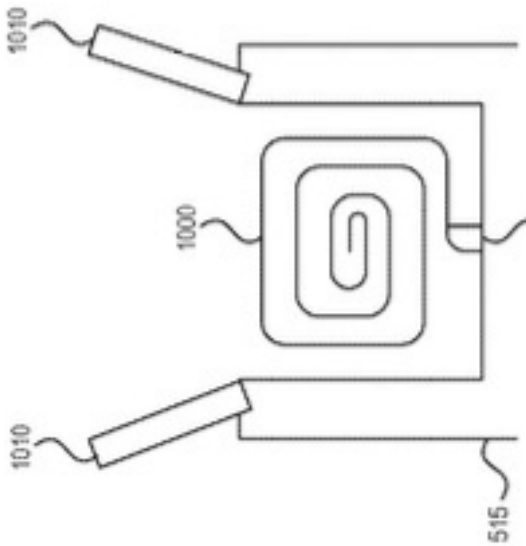

FIG. 10A

FIG. 10D

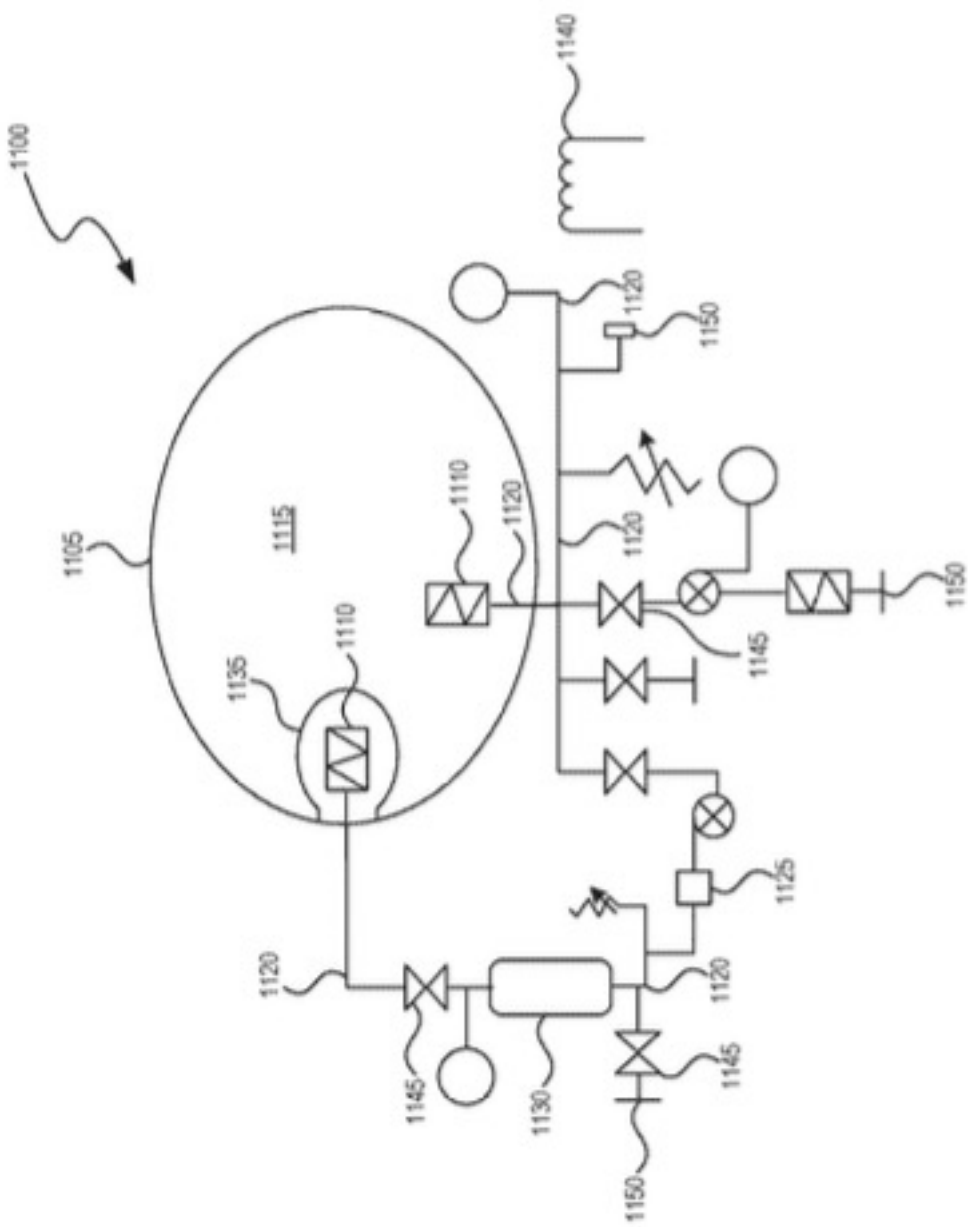
1100
1140
1120
1150
1105
1115
1110
1120
1120
1150
1145
1135
1110
1125
1120
1120
1145
1145
1130
1150

FIG. 11

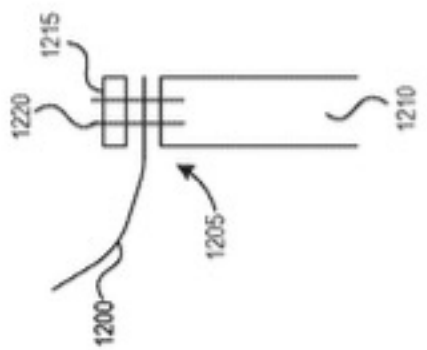

FIG. 12A

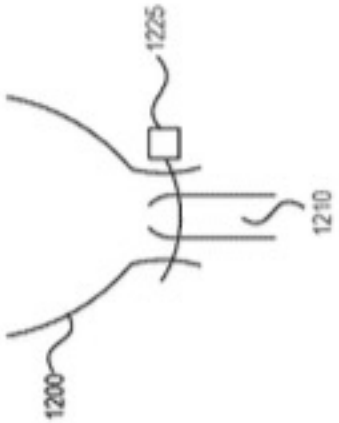

FIG. 12B

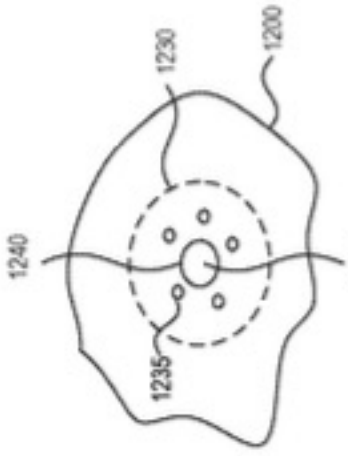

FIG. 12C

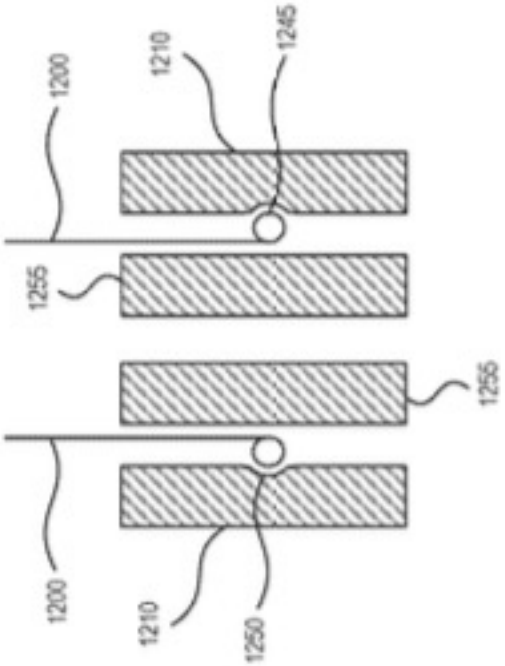

FIG. 12D

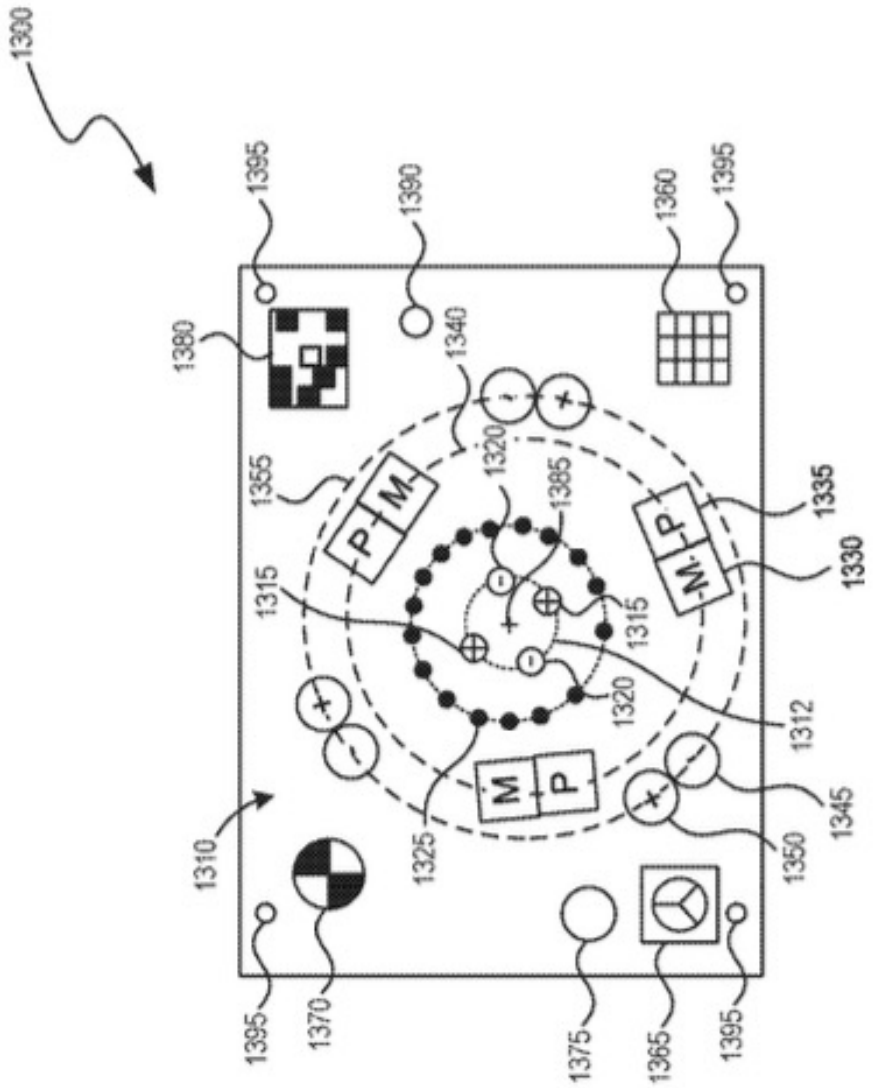
1300
1395
1390
1360
1395
1380
1340
1320
1355
1385
1335
1315
1330
1315
1320
1312
1345
1325
1350
1310
1395
1370
1375
1365
1395

FIG. 13

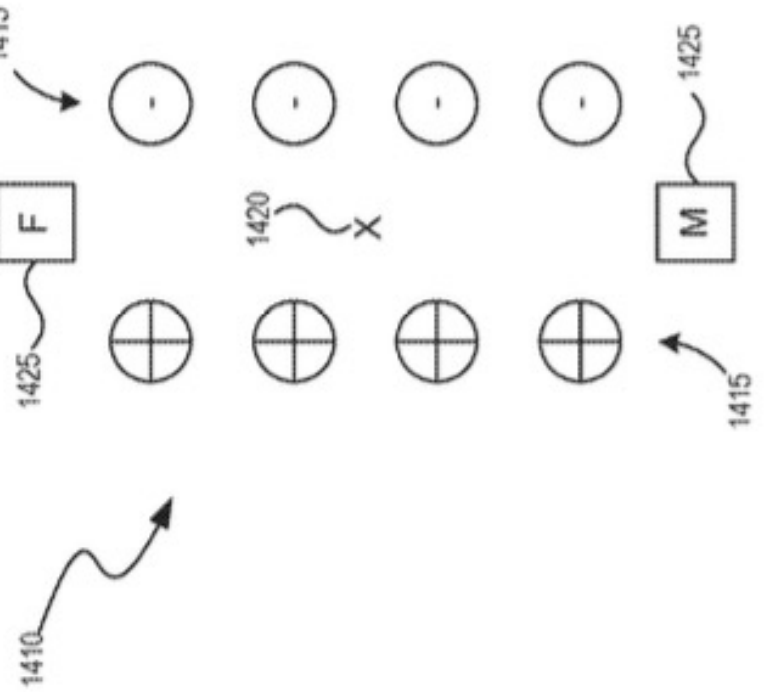

FIG. 14B

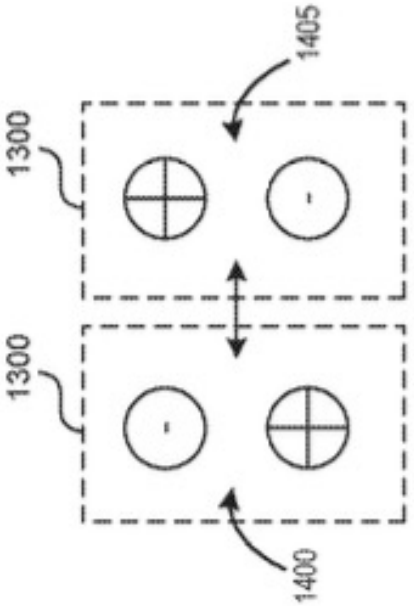

FIG. 14A

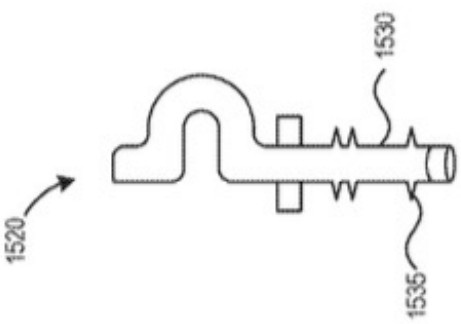

FIG. 15C

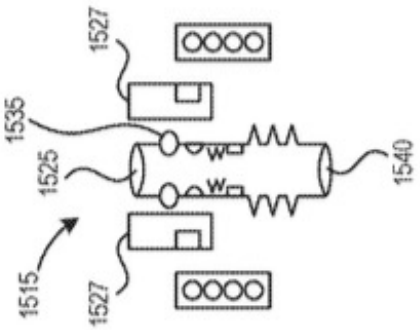

FIG. 15B

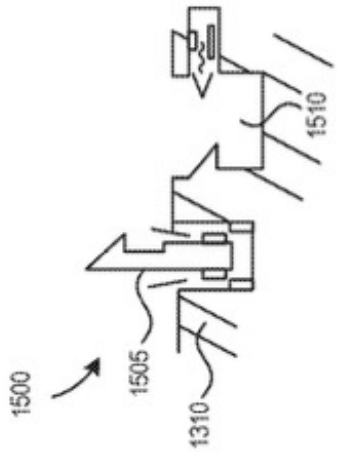

FIG. 15A

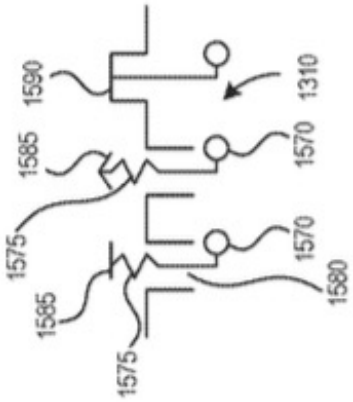

FIG. 15F

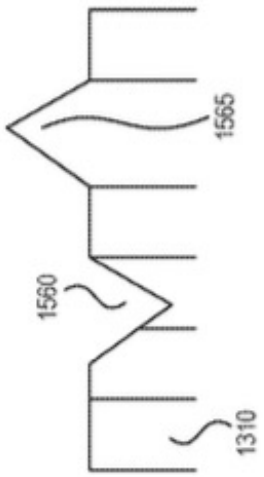

FIG. 15E

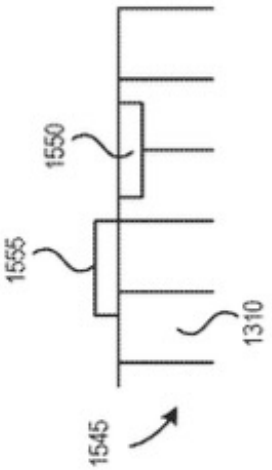

FIG. 15D

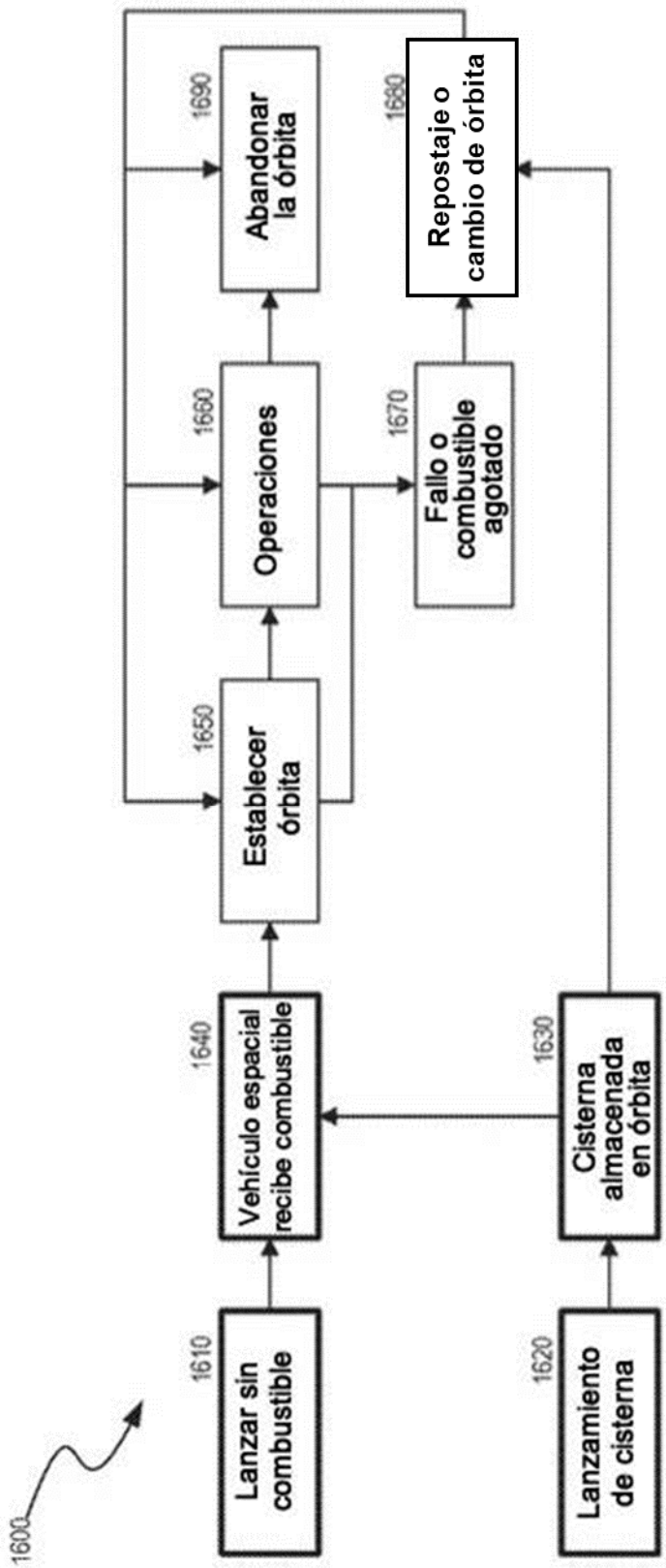
1600
1610
Lanzar sin combustible
1620
Lanzamiento de cisterna
1630
Cisterna almacenada en órbita
1640
Vehículo espacial recibe combustible
1650
Establecer órbita
1660
Operaciones
1670
Fallo o combustible agotado
1680
Repostaje o cambio de órbita
1690
Abandonar la órbita

FIG. 16

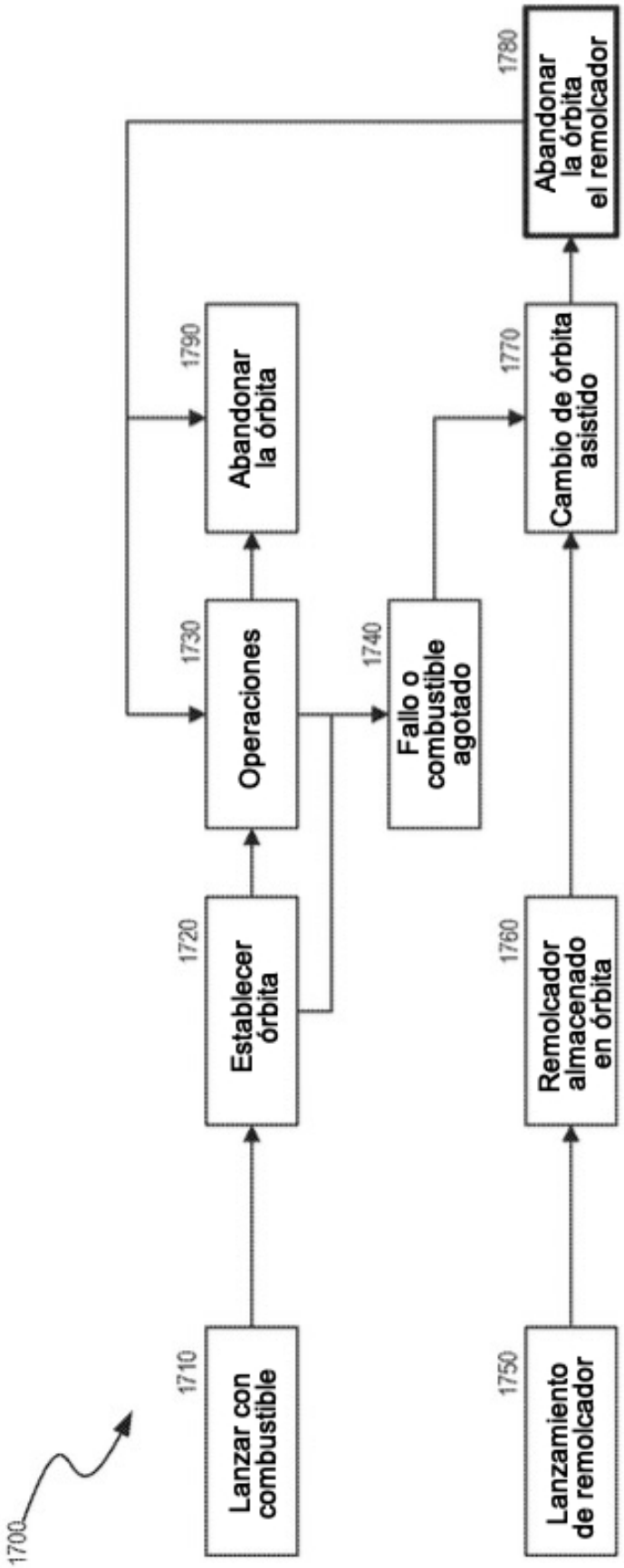
1700
1710
Lanzar con combustible
1720
Establecer órbita
1730
Operaciones
1740
Fallo o combustible agotado
1750
Lanzamiento de remolcador
1760
Remolcador almacenado en órbita
1770
Cambio de órbita asistido
1780
Abandonar la órbita el remolcador
1790
Abandonar la órbita

FIG. 17