

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 880 073**

51 Int. Cl.:

H05K 7/14	(2006.01) G01N 21/84	(2006.01)
A01G 31/04	(2006.01) G06F 9/54	(2006.01)
G05B 19/18	(2006.01)	
G06F 9/46	(2006.01)	
G06Q 50/02	(2012.01)	
G05B 19/05	(2006.01)	
G06F 13/40	(2006.01)	
G05B 19/042	(2006.01)	
G06F 15/16	(2006.01)	
G06F 15/177	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.05.2018 PCT/US2018/035018**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **20.12.2018 WO18231514**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.05.2018 E 18735739 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.03.2021 EP 3639635**

54 Título: **Cápsula de cultivo de línea de ensamblaje con sistema y método de control distribuido**

30 Prioridad:

14.06.2017 US 201762519419 P
14.06.2017 US 201762519420 P
14.06.2017 US 201762519421 P
14.06.2017 US 201762519425 P
14.06.2017 US 201762519428 P
29.05.2018 US 201815991198

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.11.2021

73 Titular/es:

GROW SOLUTIONS TECH LLC (100.0%)
487 East 1750 North
Vineyard, Utah 84059, US

72 Inventor/es:

MILLAR, GARY BRET;
STOTT, MARK GERALD;
HURST, MICHAEL STEPHEN y
HURST, KEVIN

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 880 073 T3

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

DESCRIPCIÓN

Cápsula de cultivo de línea de ensamblaje con sistema y método de control distribuido

5 REFERENCIA CRUZADA

La presente solicitud reivindica el beneficio de la solicitud provisional de Estados Unidos número de serie 62/519.419, presentada el 14 de junio de 2017 y titulada, "SYSTEMS AND METHODS FOR PROVIDING A MODULAR CONTROL INTERFACE IN AN ASSEMBLY LINE GROW POD". La presente solicitud reivindica además el beneficio de la solicitud provisional de Estados Unidos N.º 62/519.420, presentada el 14 de junio de 2017 y titulada, "SYSTEMS AND METHODS FOR PROVIDING CROP CONTROL HARDWARE FOR A MODULAR CONTROL INTERFACE IN AN ASSEMBLY LINE GROW POD"; la solicitud provisional de Estados Unidos N.º 62/519.421, presentada el 14 de junio de 2017 y titulada, "SYSTEMS AND METHODS FOR PROVIDING DOSAGE CONTROL HARDWARE FOR A MODULAR CONTROL INTERFACE IN AN ASSEMBLY LINE GROW POD"; la solicitud provisional de Estados Unidos N.º 62/519.425, presentada el 14 de junio de 2017 y titulada, "SYSTEMS AND METHODS FOR PROVIDING VALVE CONTROL HARDWARE FOR A MODULAR CONTROL INTERFACE IN AN ASSEMBLY LINE GROW POD"; la solicitud provisional de Estados Unidos N.º 62/519.428, presentada el 14 de junio de 2017 y titulada, "SYSTEMS AND METHODS FOR PROVIDING PUMP CONTROL HARDWARE FOR A MODULAR CONTROL INTERFACE IN AN ASSEMBLY LINE GROW POD", y la solicitud de Estados Unidos N.º 15/991.198 presentada el 29 de mayo de 2018 y titulada, "DISTRIBUTED CONTROL SYSTEMS AND METHODS FOR USE IN AN ASSEMBLY LINE GROW POD".

Campo técnico

Las realizaciones descritas en el presente documento se refieren en general a sistemas y métodos de control distribuidos para su uso en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje y, más específicamente, a sistemas y métodos de control distribuidos para proporcionar un controlador maestro y una pluralidad de módulos de control configurados para realizar funciones distribuidas para controlar las operaciones de diversos componentes de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje para hacer funcionar sin problemas y de manera eficiente la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje.

Antecedentes

Si bien las tecnologías de crecimiento de cultivos han avanzado a lo largo de los años, todavía existen muchos problemas en la agricultura y la industria agrícola en la actualidad. Como un ejemplo, mientras que los avances tecnológicos han aumentado la eficiencia y la producción de diversos cultivos, muchos factores pueden afectar a una cosecha, tales como el clima, la enfermedad, la infestación y similares. Adicionalmente, mientras que Estados Unidos tiene actualmente tierras de cultivo adecuadas para proporcionar alimentos de manera adecuada a la población estadounidense, otros países y poblaciones futuras pueden que no tengan suficientes tierras de cultivo para proporcionar la cantidad adecuada de alimentos.

Un sistema organizado de cápsulas de cultivo de plantas facilita un crecimiento rápido, un impacto pequeño, libre de químicos, una solución de baja mano de obra para cultivar microvegetales y otras plantas a cosechar. El sistema organizado de cápsulas de cultivo de plantas puede proporcionar condiciones ambientales controladas y óptimas (por ejemplo, el tiempo y la longitud de onda de la luz, presión, temperatura, riego, nutrientes, atmósfera molecular y/u otras variables) con el fin de maximizar el crecimiento y la producción de las planta. En la cápsula de cultivo de plantas organizada, es importante monitorizar y verificar los patrones de crecimiento y el estado de crecimiento de las plantas o semillas con el fin de proporcionar un cuidado individual y personalizado para cada planta o semilla y tomar las medidas adecuadas para las plantas o semillas que experimentan problemas de crecimiento.

La cápsula de cultivo de plantas organizada soporta simultáneamente una gran cantidad de plantas y semillas diversas que requieren condiciones ambientales diversas y diferentes tales como el riego, iluminación, alimentos nutritivos, presión del aire, humedad, temperatura, atmósfera, nivel de oxígeno, niveles de CO₂, etc. Una vez que las plantas y semillas entran en la cápsula de cultivo de plantas organizada, puede requerirse un control y suministro continuos de las condiciones ambientales hasta la cosecha de las plantas. Dicho control y suministro de las condiciones ambientales se ha automatizado con el uso de sistemas informáticos.

Los sistemas informáticos controlan las operaciones de diversos componentes de la cápsula de cultivo de plantas organizada. Es posible que los sistemas informáticos que se usen con la cápsula de cultivo de plantas organizada necesiten determinar las condiciones ambientales personalizadas y controlar diversos componentes para proporcionar condiciones ambientales oportunas y precisas. Por ejemplo, puede haber varias plantas diferentes que requieran diferentes cantidades y frecuencias de riego y alimentos nutritivos junto con diferentes ciclos de crecimiento y requisitos de iluminación. Abordar cada necesidad diferente según la población de diferentes plantas y controlar de manera eficaz los componentes relevantes, tiende a necesitar enormes recursos de procesamiento y carga de procesamiento. En la realización de numerosas y continuas tareas, los sistemas informáticos pueden experimentar una gran carga de procesamiento. Además, incluso un breve tiempo de inactividad de los sistemas informáticos puede afectar significativamente a las condiciones de crecimiento de varias plantas y semillas, y también pueden verse afectados

desfavorablemente el mantenimiento y las operaciones de toda la cápsula de cultivo de plantas organizada. Por ejemplo, cuando un sistema operativo de los sistemas informáticos pueda actualizarse y requiera un reinicio completo de los sistemas informáticos, tal operación de reinicio o arranque de los sistemas informáticos puede no ser aceptable para el entorno de la cápsula de cultivo de plantas organizada.

5 Adicionalmente, el entorno de la cápsula de cultivo de plantas organizada puede variar significativamente. Por ejemplo, la cápsula de cultivo de plantas organizada puede tener algunas bandejas que soportan las plantas o una gran cantidad de bandejas que soportan las plantas. La cápsula de cultivo de plantas organizada puede incluir diversos activos tales como robots de riego, dispositivos de iluminación de diodos emisores de luz (LED), bombas de agua, válvulas, líneas
10 de agua, carritos, tanques de fluidos, etc. Es posible que una cápsula de cultivo pequeña no utilice todos los recursos disponibles, mientras que una cápsula de cultivo grande requiere la utilización de más activos. Si la cápsula de cultivo de plantas organizada puede automatizarse con los sistemas informáticos diseñados y configurados para operar una cápsula de cultivo pequeña, es difícil utilizar tales sistemas informáticos para una cápsula de cultivo que tiene una escala mayor. Es posible que algunos de los activos no se usen aunque esos activos estén disponibles. De manera
15 similar, es posible que los sistemas informáticos configurados para operar una cápsula de cultivo grande no mantengan de manera eficaz y eficiente una cápsula de cultivo pequeña. Asimismo, mientras la cápsula de cultivo organizada está en operación, algunos de los activos pueden estar fuera de servicio y requerir reparación o un reemplazo completo. El rediseño y reconfiguración de sistemas automatizados para alojar cada cápsula de cultivo de plantas organizada diferente y el cambio continuo en el inventario de activos puede resultar en un desperdicio no deseado de
20 recursos e ineficiencia.

Por consiguiente, existe la necesidad de proporcionar un sistema de control para su uso en la cápsula de cultivo de plantas organizada que pueda distribuir las funciones de control para facilitar el uso más eficiente de los activos disponibles en la cápsula de cultivo de plantas organizada y la distribución de la carga de procesamiento desde un
25 controlador principal según sea necesario. También, existe la necesidad de proporcionar unos sistemas de control confiables y compatibles que puedan facilitar la reparación, reprogramación, redespigüe y expansión de los sistemas de control según sea necesario sin provocar tiempo de inactividad de las operaciones de la cápsula de cultivo de plantas organizada.

30 El documento US 2014/144078 A1 desvela un sistema de crecimiento aeropónico automatizado modular para cultivar diferentes tipos de plantas, que incluye un controlador de sistema.

Sumario

35 Se describen sistemas y métodos para proporcionar un sistema de control distribuido. La invención está definida por las características de las reivindicaciones 1 y 9. En una realización, una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje comprende un sistema de control distribuido que incluye una carcasa de control, un controlador maestro y un dispositivo controlador de hardware. La carcasa de control incluye una pluralidad de compartimentos conformados y dimensionados para colocar uno o más dispositivos controladores de hardware discretos. Cada compartimento está
40 equipado con una interfaz de red enchufable. El controlador maestro reside en la carcasa de control e incluye un primer procesador y una primera memoria. La primera memoria almacena un primer conjunto de instrucciones que establece las operaciones de crecimiento de plantas y un segundo conjunto de instrucciones que establece una pluralidad de funciones de control distribuidas. El dispositivo controlador de hardware se acopla de manera comunicativa y retirable al controlador maestro a través de la interfaz de red enchufable en el momento de la colocación en un compartimento
45 de la carcasa de control. El dispositivo controlador de hardware incluye un segundo procesador y una segunda memoria para almacenar un tercer conjunto de instrucciones que establece una función de control seleccionada de la pluralidad de funciones de control distribuidas. Tras la conexión a la interfaz de red enchufable, el controlador maestro identifica una dirección del dispositivo controlador de hardware y envía un conjunto de parámetros que definen una pluralidad de tareas relacionadas con la función de control seleccionada al dispositivo controlador de hardware.

50 En otra realización, un método para proporcionar un sistema de control distribuido en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje incluye las etapas de (i) disponer una carcasa de control que comprende una pluralidad de compartimentos conformados y dimensionados para colocar uno o más dispositivos controladores de hardware discretos, estando cada compartimento equipado con una interfaz de red enchufable; (ii) disponer un controlador
55 maestro para que resida en la carcasa de control, en donde el controlador maestro comprende un primer procesador y una primera memoria para almacenar un primer conjunto de instrucciones que establece las operaciones de crecimiento de plantas y un segundo conjunto de instrucciones que establece una pluralidad de funciones de control distribuidas; (iii) conectar un dispositivo controlador de hardware con el controlador maestro enchufando el dispositivo controlador de hardware en la interfaz de red enchufable de un compartimento; (iv) identificar, con el controlador
60 maestro, una dirección del dispositivo controlador de hardware; (v) enviar, desde el controlador maestro al dispositivo controlador de hardware, un conjunto de parámetros que definen una pluralidad de tareas relacionadas con la función de control seleccionada; y (vi) controlar, con el dispositivo controlador de hardware, las operaciones de uno o más componentes que operan en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje para realizar la pluralidad de tareas. El dispositivo controlador de hardware incluye un segundo procesador y una segunda memoria para almacenar un tercer
65 conjunto de instrucciones que establece una función de control seleccionada de la pluralidad de funciones de control distribuidas.

Estas y las características adicionales proporcionadas por las realizaciones de la presente divulgación se entenderán más completamente en vista de la siguiente descripción detallada, junto con los dibujos.

5 Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones expuestas en los dibujos son de naturaleza ilustrativa y a modo de ejemplo y no pretenden limitar la divulgación. La siguiente descripción detallada de las realizaciones ilustrativas puede entenderse cuando se lee junto con los siguientes dibujos, donde una estructura similar se indica con números de referencia similares y en los que:

- 10 la figura 1 representa una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje ilustrativa de acuerdo con una o más realizaciones mostradas y descritas en el presente documento;
- la figura 2 representa una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje con pistas eliminadas de acuerdo con una o más realizaciones mostradas y descritas en el presente documento;
- 15 la figura 3 representa un lado trasero de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje de acuerdo con una o más realizaciones mostradas y descritas en el presente documento;
- la figura 4 muestra un diagrama de bloques de un sistema de control distribuido para su uso en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje, de acuerdo con una o más realizaciones mostradas y descritas en el presente documento;
- 20 la figura 5 representa unas operaciones ilustrativas de un controlador maestro de un sistema de control distribuido para su uso en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje, de acuerdo con una o más realizaciones mostradas y descritas en el presente documento;
- la figura 6A representa una interfaz modular ilustrativa de un sistema de control distribuido de acuerdo con una o más realizaciones mostradas y descritas en el presente documento;
- 25 la figura 6B representa otra interfaz modular ilustrativa de un sistema de control distribuido de acuerdo con una o más realizaciones mostradas y descritas en el presente documento;
- la figura 6C representa otra interfaz modular ilustrativa de un sistema de control distribuido para recibir un controlador de hardware de acuerdo con una o más realizaciones mostradas y descritas en el presente documento;
- 30 la figura 7A representa una vista en perspectiva de un controlador de hardware de acuerdo con una o más realizaciones mostradas y descritas en el presente documento;
- la figura 7B representa una configuración interna del controlador de hardware como se muestra en la figura 7A;
- la figura 8 representa un tanque de almacenamiento de fluidos ilustrativo para su uso en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje de acuerdo con una o más realizaciones mostradas y descritas en el presente documento;
- 35 la figura 9 representa un diagrama de flujo de un método ilustrativo para proporcionar un sistema de control distribuido de acuerdo con una o más realizaciones mostradas y descritas en el presente documento.
- la figura 10 representa un diagrama de flujo de un método ilustrativo para proporcionar un controlador de dosificación de acuerdo con una o más realizaciones mostradas y descritas en el presente documento.

Descripción detallada

- 40 Las realizaciones desveladas en el presente documento incluyen sistemas y métodos para proporcionar un sistema de control distribuido para su uso en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje. Un controlador maestro como controlador principal controla las operaciones de diversos componentes de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje. El controlador maestro opera con una pluralidad de módulos de control que realizan funciones específicas
- 45 distribuidas. Los módulos de control incluyen controladores de hardware personalizados para controlar diversos componentes de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje. Para facilitar las comunicaciones y el control de la pluralidad de módulos de control, el controlador maestro puede proporcionar una interfaz de control modular tal como una interfaz de red de enchufar y usar.
- 50 El sistema de control distribuido está configurado y estructurado para alojar los activos disponibles y que operan en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje. En algunas realizaciones, los activos pueden incluir plantas, carritos, diversos componentes de hardware, tales como válvulas, bombas, tanques de fluidos, robots de riego, líneas de agua, tubos de aire, dispositivos de iluminación de diodos emisores de luz (LED), pistas, bandejas, etc. El sistema de control distribuido identifica los activos disponibles en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje y determina cómo distribuir
- 55 las funciones de control entre el controlador maestro y los módulos de control discretos con el fin de optimizar el uso de los activos. El sistema de control distribuido también tiene en cuenta la eficiencia, confiabilidad y sustentabilidad del funcionamiento de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje al implementar la distribución de funciones de control con dispositivos de control discretos.
- 60 Algunas realizaciones están configuradas con una línea de ensamblaje de plantas que sigue una pista que se envuelve alrededor de un primer eje en una dirección verticalmente hacia arriba y que se envuelve alrededor de un segundo eje en una dirección verticalmente hacia abajo. Estas realizaciones pueden utilizar componentes de diodos emisores de luz (LED) para simular una pluralidad de longitudes de onda de luz diferentes para que crezcan las plantas. Las realizaciones también pueden configurarse para sembrar individualmente una o más secciones de una bandeja en un
- 65 carrito, así como proporcionar agua y nutrientes personalizados a las células individuales que contienen esas semillas. El control de estos diversos componentes puede completarse en un dispositivo central que está conectado, a través

de una interfaz de control modular, con una pluralidad de módulos de control intercambiables en caliente, como se describirá con más detalle a continuación.

Haciendo referencia ahora a los dibujos, la figura 1 representa una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100, de acuerdo con las realizaciones descritas en el presente documento. Como se ilustra, la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 puede incluir una pista 102 que contiene uno o más carritos 104, soportando cada uno del uno o más carritos 104 una o más bandejas 105 sobre el mismo. La pista 102 puede incluir una parte ascendente 102a, una parte descendente 102b y una parte de conexión 102c. La pista 102 puede envolverse alrededor de (en sentido contrario a las agujas del reloj en la figura 1, aunque también se contemplan configuraciones en el sentido de las agujas del reloj u otras) un primer eje de tal manera que los carritos 104 asciendan hacia arriba en dirección vertical. La parte de conexión 102c puede estar relativamente nivelada (aunque esto no es un requisito) y se utiliza para transferir carritos 104 a la parte descendente 102b. La parte descendente 102b puede envolverse alrededor de un segundo eje (de nuevo en dirección contraria a las agujas del reloj en la figura 1) que es sustancialmente paralelo al primer eje, de tal manera que los carritos 104 puedan devolverse más cerca del nivel del suelo.

Aunque no se ilustra explícitamente en la figura 1, la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 también puede incluir una pluralidad de dispositivos de iluminación, tales como unos diodos emisores de luz (LED). Los dispositivos de iluminación pueden estar dispuestos en la pista 102 frente a los carritos 104, de tal manera que los dispositivos de iluminación dirigen las ondas de luz a los carritos 104 en la parte de la pista 102 directamente debajo. En algunas realizaciones, los dispositivos de iluminación están configurados para crear una pluralidad de diferentes colores y/o longitudes de onda de luz, en función de la aplicación, el tipo de planta que se está cultivando y/u otros factores. Mientras que en algunas realizaciones, los LED se usan para este fin, esto no es un requisito. Puede utilizarse cualquier dispositivo de iluminación que produzca poco calor y proporcione la funcionalidad deseada.

También se representa en la figura 1 un controlador maestro 106. El controlador maestro 106 puede incluir un dispositivo informático y diversos módulos de control para controlar diversos componentes de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 tal como un módulo de control de distribución de agua, un módulo de control de distribución de nutrientes, un módulo controlador de cultivos, un módulo de control de válvulas, un módulo de control de bomba y/o similares. En algunas realizaciones, los módulos de control incluyen controladores de hardware discretos. Como un ejemplo, unos módulos de control para controlar un módulo de control de distribución de agua, un módulo de control de distribución de nutrientes, un módulo de control de distribución de aire, etc. pueden incluirse como parte del controlador maestro 106 que puede proporcionar una interfaz de control modular. La interfaz de control modular del controlador maestro 106 permite la retirada, reemplazo, actualización y expansión de cada módulo de control sin cambiar o afectar las operaciones de otros módulos de control, o apagar el controlador maestro 106 u otros componentes de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. El controlador maestro 106 puede disponerse como la interfaz de control modular que contiene una pluralidad de módulos de control intercambiables en caliente.

En algunas realizaciones, el controlador maestro 106 puede almacenar una fórmula maestra para plantas que puede establecer el tiempo y la longitud de onda de luz, presión, temperatura, riego, nutrientes, atmósfera molecular y/u otras variables que optimizan el crecimiento y la producción de las planta tal como la velocidad de los carritos, un período de tiempo que permanecen en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100, etc. Por ejemplo, la fórmula maestra establece los requisitos de iluminación en el tercer día de una planta en particular en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100, diferentes requisitos de iluminación en el cuarto día de la planta, etc. Como otro ejemplo, la fórmula maestra establece las necesidades de riego, alimentos nutritivos, etc., dirigido a las plantas transportadas en los carritos en localizaciones particulares durante un día específico contado a partir de la fecha en que las plantas se introducen en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. La fórmula maestra se especifica, extiende y personaliza para cubrir las plantas soportadas por la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. Únicamente a modo de ejemplo, la fórmula puede tener instrucciones para ayudar a 1500 carritos que operan simultáneamente en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 y que transportan una población diversa de plantas. En algunas realizaciones, el controlador maestro 106 puede almacenar fórmulas específicas tales como una fórmula de riego, una fórmula de nutrientes, una fórmula de dosificación, una fórmula de ondas, una fórmula de temperatura, una fórmula de presión, etc.

En algunas realizaciones, la fórmula maestra puede tomar cualquier forma de un conjunto estructurado de datos, una base de datos, etc. de tal manera que los datos se organicen en filas, columnas y tablas. De manera adicional o alternativa, la fórmula maestra puede estar estructurada para facilitar el almacenamiento, recuperación, modificación, adición y eliminación de datos mediante operaciones de procesamiento de datos.

En algunas realizaciones, el controlador maestro 106 lee información de la fórmula maestra y ajusta la información basándose en localizaciones conocidas de plantas en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. Por ejemplo, el controlador maestro 106 puede identificar la localización de plantas basándose en un identificador de carrito que es indicativo de la etapa de crecimiento de las plantas en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. Una vez que las plantas entran en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100, las plantas se mueven a lo largo de las pistas en espiral desde el lado ascendente hasta el lado descendente hasta que las plantas llegan a la etapa de cosecha. En algunas realizaciones, la localización de los carritos que transportan plantas puede indicar la etapa de crecimiento de las plantas en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. A continuación, el controlador maestro 106 puede

aplicar la fórmula maestra relevante a la etapa de las plantas, tal como iluminación, riego, requisitos de presión y/o ondas, específica para las plantas que crecen en el cuarto día en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. En otras realizaciones, están disponibles diferentes aplicaciones de la fórmula maestra para la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100.

5 El controlador maestro 106 procesa la fórmula maestra y controla diversos componentes de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. Para reducir la carga de procesamiento, por ejemplo, el procesamiento de la fórmula maestra y todos los eventos relacionados para manejar una gran cantidad de carritos operando simultáneamente que transportan la diversa población de plantas, el controlador maestro 106 puede distribuir funciones diferentes y
10 específicas a diversos módulos de control, tales como un controlador de robot, un controlador de luz, un controlador de entorno, un controlador de dosificación, un controlador de bomba, etc. Estos módulos de control trabajan de manera autónoma, completan la o las tareas e informan al controlador maestro 106. En algunas realizaciones, los módulos de control pueden configurarse como módulos de hardware con su propio conjunto de instrucciones (por ejemplo, propietarias) con el fin de mejorar la estabilidad y evitar actualizaciones y rearranques/reinicios forzados. En otras
15 realizaciones, son posibles otras configuraciones de los módulos de control disponibles en la técnica relevante.

En una realización, el controlador maestro 106 puede trabajar con un módulo de control de válvula (no mostrado) que proporciona señales de control a una o más válvulas 108 y/o recibe señales de estado de las válvulas 108. Basándose en estas señales, el módulo de control de válvulas puede dirigir de manera eficaz las válvulas 108 para controlar el
20 flujo del fluido a cualquier localización dentro de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. Por ejemplo, algunas de las válvulas 108 pueden estar acopladas de manera fluida a una o más líneas de agua 110 y pueden dirigir agua y/o nutrientes a través de las líneas de agua 110 abriéndolas o cerrándolas en consecuencia. Tras completar las tareas, el módulo de control de válvula envía una notificación al controlador maestro 106 que, a su vez, actualiza la información y el estado relevantes.

25 En otra realización, el controlador maestro 106 puede trabajar con un módulo de control de bomba (no mostrado) que proporciona señales de control a una o más bombas 109 y/o recibe señales de estado de las bombas 109. Basándose en estas señales de control, el módulo de control de bomba puede dirigir de manera eficaz la bomba 109 para bombear fluido a cualquier localización dentro de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. Tras completar las tareas, el módulo de control de bomba envía una notificación al controlador maestro 106 que, a su vez, actualiza la información y el estado relevantes.

Las líneas de agua 110 pueden, junto con las válvulas 108 y/o las bombas 109, distribuir agua y/o nutrientes a una o
35 más bandejas 105 en zonas específicas de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 cuando dicha agua y/o nutrientes se bombean por las bombas 109. En algunas realizaciones, las válvulas 108 también pueden estar acopladas de manera fluida a los colectores de distribución de fluido que distribuyen el agua y/o los nutrientes a través de las líneas de agua 110 de tal manera que la cantidad de fluido que entra en los colectores de distribución de fluido se controle abriendo o cerrando la válvula 108 y, por lo tanto, controle la presión del fluido dentro de los colectores de distribución de fluido. En algunas realizaciones, las semillas pueden rociarse para reducir la flotabilidad y a
40 continuación inundarse. Adicionalmente, puede monitorizarse el uso y el consumo de agua, de tal manera que, en las estaciones de riego posteriores, estos datos pueden usarse para determinar la cantidad de agua a aplicar a una semilla en ese momento, y el control del agua puede completarse al menos parcialmente por una o más válvulas.

Debería entenderse que aunque la realización de la figura 1 representa una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje
45 100 que se envuelve alrededor de una pluralidad de ejes, este es simplemente un ejemplo. Las realizaciones de la presente divulgación se analizan usando la estructura de dos torres de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100, pero la presente divulgación no se limita a la misma. En otras realizaciones, está disponible la estructura de cuatro torres de la cápsula de cultivo. Puede utilizarse cualquier configuración de línea de ensamblaje o cápsula de cultivo estacionaria para realizar la funcionalidad descrita en el presente documento.

50 En algunas realizaciones, diversos componentes de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 pueden incluir sensores que detectan información relacionada con las plantas, semillas, o ambas con respecto a su estado de crecimiento, su localización, contaminación, cualquier otro factor que afecte a la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100, o a sus componentes. Por ejemplo, pueden proporcionarse sensores de peso para detectar el peso de las plantas, el peso de la carga útil de los carritos, etc. Los sensores de peso pueden colocarse en los carritos, las
55 pistas, o en cualquier localización adecuada para detectar el peso de las plantas. A modo de ejemplo, los sensores de peso pueden disponerse en los carritos para detectar el peso de las plantas. Como otro ejemplo, los sensores de peso pueden estar localizados en las pistas. La información de peso detectada por los sensores de peso dispuestos en las pistas puede proporcionarse al controlador maestro 106. El controlador maestro 106 resta el peso de los carritos de la información de peso y determina el peso de las plantas. En algunas realizaciones, el peso de las plantas puede usarse para determinar un estado equilibrado de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje. En otras realizaciones, el peso de las plantas puede usarse para otros fines, tales como determinar el estado de crecimiento de las plantas, rastrear la localización de semillas o plantas en una bandeja, determinar la localización de los carritos, etc.

65 En otras realizaciones, el controlador maestro 106 puede estimar el peso de las plantas. Cuando un carrito 104 específico entra en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100, puede estimarse el peso del carrito específico

104 que lleva una bandeja que contiene semillas en el punto de entrada basándose en el peso conocido del carrito 104 y el peso conocido de la bandeja así como la cantidad de semillas conocida por el sistema. El controlador maestro 106 contiene la fórmula maestra que establece la cantidad de fluido a suministrar a semillas y plantas. De este modo, puede conocerse la cantidad de fluido suministrado a semillas y plantas. Basándose en el conjunto de información conocida, el controlador maestro 106 puede medir el peso del carrito 104 en el punto de cosecha. Por ejemplo, el carrito 104 puede permanecer en una estación de cosecha antes de que tenga lugar la cosecha. Esta información permite al controlador maestro 106 estimar el peso de las plantas.

La figura 2 representa la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 que tiene una pluralidad de tanques de almacenamiento de fluidos 206 sin mostrar las pistas en espiral. Los tanques de almacenamiento de fluidos 206 incluyen una parte de agua ciclada 206a, una parte de aguas grises 206b, una parte de agua nutritiva 206c y una parte de agua tratada 206d. Por ejemplo, si el componente desinfectante 120 requiere agua para lavar el carrito 104 y/o la bandeja 105, una parte de agua tratada 206d de los tanques de almacenamiento de fluidos 206 proporciona agua al componente desinfectante 120 a través de las válvulas 108 que pueden controlar el movimiento del fluido. El agua gris contenida en la parte de agua gris 206b también se limpia y se recicla. Los tanques de almacenamiento de fluidos 206 reciclan constantemente el agua para mantener el agua bien mezclada con nutrientes e inyectar agua con oxígeno.

La figura 3 representa una realización de un lado trasero de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. Acoplado al controlador maestro 106 hay un componente sembrador 108, como se muestra en la figuras 2 y 3. El componente sembrador 108 puede configurarse para proporcionar semillas a una o más bandejas 105 soportadas por cada uno del uno o más carritos 104 cuando los carritos 104 pasan por el componente sembrador 108 en la línea de ensamblaje, como se muestra en la figura 3. En función de la realización específica, cada carrito 104 puede incluir una bandeja de sección única para recibir una pluralidad de semillas. Algunas realizaciones pueden incluir una bandeja de múltiples secciones para recibir semillas individuales en cada sección (o célula). En algunas realizaciones, las semillas pueden tratarse anteriormente con nutrientes y/o agentes antiflotabilidad (tales como agua) ya que estas realizaciones pueden no utilizar tierra para hacer crecer las semillas y por lo tanto pueden necesitar estar sumergidas.

El componente de riego puede acoplarse a una o más líneas de agua 110, que distribuyen agua y/o nutrientes a una o más bandejas 105 en zonas predeterminadas de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. En algunas realizaciones, las semillas pueden rociarse para reducir la flotabilidad y a continuación inundarse. Adicionalmente, puede monitorizarse el uso y el consumo de agua, de tal manera que en las siguientes estaciones de riego, estos datos pueden utilizarse para determinar la cantidad de agua a aplicar a una semilla en ese momento.

También se representan en la figura 1 unas líneas de flujo de aire 112. Específicamente, el controlador maestro 106 puede incluir y/o estar acoplado a uno o más componentes que suministran un flujo de aire para al control de temperatura, presión, control de dióxido de carbono, control de oxígeno, control de nitrógeno, etc. En consecuencia, las líneas de flujo de aire 112 pueden distribuir el flujo de aire en zonas predeterminadas en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100.

Debería entenderse que aunque la realización de la figura 1 representa una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 que se envuelve alrededor de una pluralidad de ejes, este es simplemente un ejemplo. Las figuras 1 y 2 ilustran la estructura de dos torres de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100, pero en otras realizaciones, está disponible la estructura de cuatro torres. Además, puede utilizarse cualquier configuración de línea de ensamblaje o cápsula de cultivo estacionaria para realizar la funcionalidad descrita en el presente documento.

Las figuras 2 y 3 representan una pluralidad de componentes para una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100, de acuerdo con las realizaciones descritas en el presente documento. como se ilustra en la figuras 2 y 3, se ilustra el componente sembrador 108, así como un dispositivo de iluminación 206, un componente cosechador 208 y un componente desinfectante 210. Como se ha descrito anteriormente, el componente sembrador 108 puede estar configurado para sembrar las bandejas 105 de los carritos 104. Los dispositivos de iluminación 206 pueden proporcionar ondas de luz que pueden facilitar el crecimiento de las plantas. En función de la realización específica, los dispositivos de iluminación 206 pueden ser estacionarios y/o móviles. Como un ejemplo, algunas realizaciones pueden alterar la posición de los dispositivos de iluminación 206, de acuerdo con el tipo de planta, etapa de desarrollo, fórmula y/u otros factores.

Adicionalmente, a medida que las plantas se iluminan, riegan y se las proporcionan nutrientes, los carritos 104 atravesarán la pista 102 de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. Adicionalmente, la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 puede detectar un crecimiento y/o producción de frutos de una planta y puede determinar cuándo se justifica la cosecha. Si se justifica la cosecha antes de que el carrito 104 llegue a la cosechadora, pueden realizarse modificaciones a la fórmula maestra para el crecimiento de plantas para ese carrito 104 específico hasta que el carrito 104 llegue a la cosechadora. En algunas realizaciones, la fórmula para el crecimiento de las plantas puede establecer el tiempo y la longitud de onda de la luz, presión, temperatura, riego, nutrientes, atmósfera molecular y/u otras variables que optimizan el crecimiento y la producción de las planta. Por el contrario, si un carrito 104 llega a la cosechadora y se ha determinado que las plantas en ese carrito 104 no están listas para la cosecha, la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 puede poner en servicio ese carrito 104 para otra vuelta. Esta vuelta adicional puede incluir una dosificación de luz, agua, nutrientes, etc. diferentes y la velocidad del carrito 104 podría cambiar,

basándose en el desarrollo de las plantas en el carrito 104. Si se determina que las plantas en un carrito 104 están listas para la cosecha, el componente cosechador 208 puede facilitar tal proceso de cosecha.

En algunas realizaciones, el componente cosechador 208 puede cortar las plantas a una altura predeterminada para la cosecha. En algunas realizaciones, la bandeja puede voltearse para sacar las plantas de la bandeja y colocarlas en un recipiente de procesamiento para trocear, machacar, exprimir, etc. Debido a que muchas realizaciones de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 no usan tierra, puede ser necesario un lavado mínimo (o no) de las plantas antes del procesamiento.

De manera similar, algunas realizaciones pueden configurarse para separar automáticamente la fruta de la planta, tal como a través de temblores, peinada, etc. Si el material vegetal restante puede reutilizarse para producir fruta adicional, el carrito 104 puede quedarse con la planta restante y volver a la parte de crecimiento de la línea de ensamblaje. Si el material vegetal no se va a reutilizar para producir frutos adicionales, puede descartarse o procesarse, según sea apropiado.

Una vez que el carrito 104 y la bandeja estén libres de material vegetal, el componente desinfectante 210 puede implementarse para eliminar cualquier partícula, material vegetal, etc. que pueda quedar en el carrito 104. De esta manera, el componente desinfectante 210 puede implementar cualquiera de una pluralidad de diferentes mecanismos de lavado, tal como agua a alta presión, agua a alta temperatura y/u otras soluciones para limpiar el carrito 104 y/o la bandeja. En algunas realizaciones, la bandeja puede voltearse para sacar la planta para su procesamiento y la bandeja puede permanecer en esta posición. De esta manera, el componente desinfectante 210 puede recibir la bandeja en esta posición, que puede lavar el carrito 104 y/o la bandeja y devolver la bandeja a la posición de crecimiento. Una vez que se hayan limpiado el carrito 104 y/o la bandeja, la bandeja puede volver a pasar al componente sembrador 108, lo que determinará que la bandeja requiere siembra y comenzará el proceso de siembra.

En algunas realizaciones, cada uno de los diversos componentes de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 puede controlarse mediante un módulo de control específico que está configurado especialmente para controlar las diversas funciones de los componentes asociados. Por ejemplo, el componente desinfectante 210 mostrado en la figura 2 puede incluir un módulo de control (no mostrado) que está especialmente configurado para controlar las diversas funciones del componente desinfectante 210. En otro ejemplo, el componente cosechador 208 puede incluir un módulo de control que está especialmente configurado para controlar las diversas funciones del componente cosechador 208, como se muestra en la figura 2. Debería entenderse que un módulo de control también puede controlar una pluralidad de componentes o puede controlar solo una parte de un componente.

La figura 4 ilustra un diagrama de bloques de un sistema de control distribuido 400 para su uso con la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje de acuerdo con diversas realizaciones. En la figura 4, el controlador maestro 106 y diversos módulos de control tales como un controlador de robot 410, un controlador de carritos y pistas 420, un controlador de entorno 430, un controlador de dosificación 440 (denominado controlador de nutrientes) y un controlador de luz 445 están incluidos en el sistema de control distribuido 400. Estos controladores son solo a modo de ejemplo y el sistema de control distribuido no se limita a los mismos. Como se muestra en la figura 4, cada controlador está asociado a activos relevantes de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. Dichos activos incluyen robots, válvulas, carritos, bombas de agua, bombas de aire, líneas de agua, tanques de agua, líneas aéreas, líneas de agua, dispositivos de iluminación, diversos componentes de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 tal como el desinfectante 210, la sembradora 108, la cosechadora 208 como se ha analizado anteriormente en relación con las figuras 2 y 3. En algunas realizaciones, los activos incluyen además plantas y semillas que están en proceso de crecimiento en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100.

El sistema de control distribuido 400 se implementa teniendo en cuenta el uso eficiente y óptimo de los activos. Por ejemplo, el controlador maestro 106 almacena una fórmula maestra 404 relevante para las plantas transportadas por, por ejemplo, 1500 carritos que operando simultáneamente en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. Hay numerosas bombas, válvulas, robots de riego, etc. y diversos componentes que necesitan control. El sistema de control distribuido 400 se implementa para distribuir funciones de control entre el controlador maestro 106 y diversos módulos de control a la luz de estos activos. Como se muestra en la figura 4, diversos módulos de control pueden incluir el controlador de robot 410, el controlador de carritos y pistas 420, el controlador de entorno 430, el controlador de dosificación 440 y el controlador de luz 445 en algunas realizaciones. El controlador de robot 410 está configurado para realizar funciones de control relacionadas con los robots 450. Los robots 450 pueden incluir robots de riego y realizar el riego de las plantas en todo el espacio de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. El controlador de carritos y pistas 420 está configurado para realizar funciones de control relacionadas con los carritos 104 y las pistas de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. El controlador de entorno 430 está configurado para realizar funciones de control relacionadas con la temperatura, humedad relativa, flujo de aire y atmósfera (tasas de oxígeno y CO₂). El controlador de dosificación 440 está configurado para realizar funciones de control relacionadas con un suministro de dosificación tal como riego, alimentos nutritivos, etc. El controlador de luz 445 está configurado para realizar funciones de control relacionadas con sistemas de iluminación tales como los sistemas de iluminación LED, personalización de espectros de luz basándose en las necesidades de las plantas.

Las operaciones y funciones del controlador de robot 410, el controlador de carritos y pistas 420, el controlador de

entorno 430, el controlador de dosificación 440 y el controlador de luz 445 se analizan con más detalle a continuación. La operación del módulo de control de bomba se analiza en la solicitud de Estados Unidos en trámite N.º 15/965.163, presentada el 27 de abril de 2018 y reclamando el beneficio de la solicitud provisional de Estados Unidos N.º 62/519.428, presentada el 14 de junio de 2017 y titulada, "DEVICES, SYSTEMS, AND METHODS FOR PROVIDING AND USING A PUMP CONTROL MODULE IN A MASTER CONTROLLER IN AN ASSEMBLY LINE GROW POD".

En el sistema de control distribuido 400 como se muestra en la figura 4, el controlador maestro 106 delega y distribuye diversas funciones a otros módulos de control, tales como el controlador de robot 410, el controlador de carritos y pistas 420, el controlador de entorno 430, el controlador de dosificación 440 y el controlador de luz 445 a la luz de los activos disponibles y que operan en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. Estos controladores 410, 420, 430, 440 y 445 manejan funciones de control de los componentes y activos relevantes. Una vez delegadas y distribuidas, las funciones de control manejadas por estos controladores 410, 420, 430, 440 y 445 son independientes del controlador maestro 106 y autónomas. Una vez que se completan las tareas delegadas, los controladores 410, 420, 430, 440 y 445 informan de la finalización de las tareas al controlador maestro 106 y el registro y los datos relevantes se actualizan en el controlador maestro 106.

Los controladores 410, 420, 430, 440 y 445 están acoplados comunicativamente al controlador maestro 106. Como ejemplo, los controladores 410, 420, 430, 440 y 445 están acoplados al controlador maestro 106 a través de una conexión por cable. La conexión por cable puede incluir una red de enchufar y usar 490 que no requiere configuración de direccionamiento. El sistema de control distribuido 400 permite que el controlador maestro 106 y los controladores 410, 420, 430, 440 y 445 se conecten a través de un protocolo de comunicación común. En algunas realizaciones, uno o más de los controladores 410, 420, 430, 440 y 445 pueden enchufarse y conectarse sustancialmente de manera simultánea con el controlador maestro 106. De manera similar, uno o más de los controladores 410, 420, 430, 440 y 445 pueden enchufarse y desconectarse del controlador maestro 106. Una vez que pueda realizarse la conexión por cable, el controlador maestro 106 puede identificar cada controlador 410, 420, 430, 440 y 445 con sus direcciones únicas, por ejemplo, basándose en un o unos localizadores físicos. En otras realizaciones, los controladores 410, 420, 430, 440 y 445 pueden estar acoplados de manera inalámbrica al controlador maestro 106.

En algunas realizaciones, el sistema de control distribuido 400 opera sobre una red propietaria. El canal de comunicación 490 puede ser la red propietaria. Asimismo, en algunas realizaciones, los sistemas operativos del controlador maestro 106 usan un lenguaje de programación propietario desarrollado por el cesionario de la presente solicitud, Grow Solutions Tech LLC. Esta naturaleza propietaria del sistema de control distribuido 400 puede ser útil para proporcionar una seguridad mejorada y un tiempo de inactividad sustancialmente cero de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 debido a que el sistema de control distribuido 400 puede no estar sujeto a un reinicio, apagado y arranque iniciados y forzados por software y sistemas operativos disponibles comercialmente. Dicho de otra forma, operación y mantenimiento de la red 490, actualización, reconfiguración, reparación y reemplazo del controlador maestro 490 y otros controladores 410, 420, 430, 440 y 445 pueden programarse y/o controlarse completamente basándose en la necesidad y los requisitos de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100.

En algunas realizaciones, el sistema de control distribuido 400 puede implementarse usando tecnología informática de frontera. El controlador maestro 106 y los diversos controladores 410, 420, 430, 440 y 445 pueden residir lejos de los sistemas informáticos centralizados disponibles en la nube. En cambio, el sistema de control distribuido 400 puede estar dispuesto cerca de la fuente de datos, es decir, dentro o junto a la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. Por consiguiente, el acopio y la recopilación de datos y el análisis de los datos pueden producirse en la localización donde está presente la fuente de datos. Esta capacidad y características del sistema de control distribuido 400 pueden ser valiosas y/o indispensables para la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. La cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 puede generar una gran cantidad de datos con numerosas variables y requiere rapidez, respuestas perfectas y personalizadas basándose en los patrones de crecimiento/resultados de crecimiento de las plantas. Las ventajas de implementar el sistema de control distribuido 400 con la informática de frontera pueden incluir la reducción del tiempo de inactividad no planificado, mejora del rendimiento de los activos, menor coste de mantenimiento, no es necesario transportar datos hacia y desde la nube, flexibilidad de configuración de sistema, etc. Estas ventajas pueden ser muy relevantes y valiosas para la operación de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100.

En algunas realizaciones, el sistema de control distribuido 400 es un sistema propietario y usa sus propios sistemas operativos para operar la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. En otras realizaciones, el sistema de control distribuido 400 puede transportar datos a un sistema en la nube si es necesario y según sea necesario. A medida que la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 sigue funcionando, es posible que se acumule una gran cantidad de datos y que el almacenamiento in situ ya no sea la mejor opción. El sistema en la nube puede usarse con fines de almacenamiento de datos u otros fines.

La figura 5 representa un diagrama de bloques ilustrativo del controlador maestro 106. Como se ha analizado anteriormente, el controlador maestro 106 almacena la fórmula maestra 404. En algunas realizaciones, la fórmula maestra se diseña usando un lenguaje de programación propietario para una planta específica. Cada fórmula incluye los siguientes comandos: HVAC (TEMPERATURA, HUMEDAD, FLUJO DE AIRE), LUZ ROJA, AZUL, CÁLIDO, FRÍO, UV), AGUA, TEMPORIZADOR, DOSIS, CICLO, PAUSA, SALIDA, ALERTA, etc. Los comandos que se enumeran en este caso son a modo de ejemplo y los comandos de la fórmula maestra no se limitan a los mismos. El comando HVAC

cambia variables ambientales tales como temperatura, humedad, flujo de aire, etc. El comando LUZ especifica las luces que se encenderán. Por ejemplo, el comando LUZ puede especificar el uso de diferentes luces, tales como rojo, azul, luces cálidas o frías. El comando AGUA se usa para controlar el riego. El comando AGUA especifica un tanque del que se debe extraer el agua para realizar el riego. El comando AGUA especifica además una cantidad de segundos durante los cuales se encenderán los dispositivos de riego. La duración de operación de los dispositivos de riego puede controlarse mediante el comando TEMPORIZADOR. El comando DOSIS se usa para agregar nutrientes específicos en un tanque especificado MEDIANTE el comando AGUA. El comando DOSIS también especifica la cantidad de nutrientes. El comando CICLO especifica un número establecido de bucles para los comandos designados. Por ejemplo, el comando CICLO puede designar encender una luz roja durante 75 segundos doce veces. El comando PAUSA detiene el ciclo de bucle y el comando SALIDA detiene la ejecución. El comando ALERTA envía un mensaje para notificar a los operadores o usuarios predeterminados y no detiene ni para el programa.

En algunas realizaciones, la fórmula maestra 404 está configurada para cubrir diferentes entornos de cultivo, tales como desde una pequeña bandeja hasta una gran cantidad de cápsulas de cultivo que cubren miles de acres. Esto se debe a que la fórmula maestra 404 puede configurarse para definir cada fórmula para una planta específica según sea necesario. Una vez configuradas las fórmulas, las fórmulas pueden emularse en una cámara de prueba personalizada para determinar si funcionan. Durante este proceso de emulación, pueden realizarse ajustes a las fórmulas y el proceso de emulación se repite hasta que se prueba que las fórmulas funcionan. Una vez que se hayan completado las fórmulas, se exportan a un sistema operativo de cápsula más grande. Los sistemas operativos de cápsula son propietarios en su naturaleza y no están sujetos a actualizaciones, modificaciones o reconfiguraciones forzadas externas. Los sistemas operativos de cápsula hacen funcionar un protocolo de comunicación común para facilitar las comunicaciones con otros controladores como se muestra en la figura 4.

Las figuras 6A-6C representan configuraciones ilustrativas de una carcasa del sistema de control distribuido 400 de acuerdo con diversas realizaciones. Como se muestra en la figura 6A, el sistema de control distribuido 400 incluye la carcasa que aloja el controlador maestro 106 y diversos módulos de control. La carcasa facilita la conexión entre el controlador maestro 106 y diversos módulos de control tales como una red de enchufar y usar. La carcasa facilita además la colocación y retirada simple y conveniente de diversos módulos de control.

El sistema de control distribuido 400 tiene una interfaz de control modular que puede soportar una pluralidad de módulos de control 510. Los módulos de control 510 pueden configurarse para funcionar como el controlador de robot 410, el controlador de carritos y pistas 420, el controlador de entorno 430, el controlador de dosificación 440 y el controlador de luz 445, como se muestra en la figura 4. De esta manera, la carcasa del sistema de control distribuido 400 puede incluir una pluralidad de compartimentos 502 en los que puede colocarse cada módulo de control 510. Cada compartimento 502 es en general una cavidad dentro del sistema de control distribuido 400 que está dimensionada y conformada para recibir uno cualquiera de los módulos de control 510. Además, cada compartimento 502 puede tener una forma y tamaño similar al de los otros compartimentos 502 del controlador maestro 106, de tal manera que cualquier módulo de control 510 puede insertarse en cualquier compartimento 502. Eso es en algunas realizaciones, ningún compartimento 502 está conformado específicamente para aceptar solo un cierto módulo de control 510.

Cada uno de la pluralidad de compartimentos 502 puede incluir además un mecanismo de soporte 504. El mecanismo de soporte 504 puede ser un pista o similares que soporte el correspondiente soporte 506 en el módulo de control 510. Además, el mecanismo de soporte 504 también puede actuar como una guía para garantizar que el módulo de control 510 se inserte y coloque apropiadamente dentro del compartimento 502.

Haciendo referencia a la figura 6B, cada uno de la pluralidad de compartimentos 502 puede incluir además un puerto de E/S de compartimento 610. El puerto de E/S de compartimento 506 puede corresponder al puerto de E/S 808 (figura 7A) en el módulo de control 510 de tal manera que el puerto de E/S de compartimento 506 y el puerto de E/S 808 (figura 7A) en el módulo de control 510 pueden acoplarse de manera emparejada entre sí. Asimismo, el puerto de E/S de compartimento 506 puede contener diversos componentes de comunicaciones, de tal manera que, cuando el puerto de E/S de compartimento 506 se empareja al puerto de E/S 808 (figura 7A) en el módulo de control 510, pueden producirse las comunicaciones entre el módulo de control 302 y los dispositivos externos acoplados comunicativamente a través del puerto de E/S de compartimento 506. En algunas realizaciones, el módulo de control 510 puede estar acoplado a un cable conectado al controlador maestro 106, por ejemplo, mediante un mecanismo de conexión enchufable y comience las comunicaciones con el controlador maestro 106. Cuando el cable está conectado al módulo de control 510, el controlador maestro 106 puede recoger la dirección del módulo de control 501 de inmediato. De manera similar, cuando el módulo de control 510 puede desenchufarse de los compartimentos 502, por ejemplo, desconectando el cable, a continuación el módulo de control 510 puede desconectarse del controlador maestro 106.

Ya que cada una de las compartimentos 502 es similar en forma y tamaño y contiene los mismos componentes (es decir, mecanismos de soporte 504 y puertos de E/S de compartimento 506), cualquier módulo de control 510, independientemente de la funcionalidad, puede colocarse en uno cualquiera de las compartimentos 502 con el fin de operar. Ciertos compartimentos 502 pueden contener un módulo de control 510 que opera para controlar una o más funciones de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 (figura 1) mientras que otros compartimentos 502

pueden permanecer vacíos y listos para aceptar un módulo de control 510, como se muestra en la figura 6B.

Además, el controlador maestro 106 está configurado de tal manera que permite que los módulos de control 510 sean intercambiables en caliente. Es decir, cada módulo de control 510 puede insertarse en un compartimento 502 del controlador maestro 106 en cualquier momento para funcionar. De manera adicional, la retirada de los módulos de control 510 de un compartimento 502 no altera la funcionalidad de otros módulos de control 510 insertados en otros compartimentos 502. De esta manera, un usuario puede retirar un módulo de control 510 específico de un compartimento 502 en cualquier momento sin alterar la funcionalidad de los módulos de control 510 instalados restantes. Esto puede ser especialmente útil en situaciones donde puede ser necesario retirar un módulo de control 510 de un compartimento 502 sin apagar toda la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 (figura 1) para hacerlo. Debería entenderse que un módulo de control 510 específico puede retirarse de un compartimento 502 por varias razones. Por ejemplo, un módulo de control 510 puede retirarse de un compartimento 502 para reparaciones, actualizaciones, para cambiar un módulo de control 510 por otro módulo de control 510 (es decir, un módulo de control que proporciona una funcionalidad diferente), y/o similares. Además, las capacidades intercambiables en caliente de los módulos de control 510 permiten que se construyan muchos módulos de control diferentes de acuerdo con especificaciones particulares en función de un uso específico de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 (figura 1) o un componente de la misma, de tal manera que la funcionalidad de cada cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 puede personalizarse de manera especialmente precisa de acuerdo con las especificaciones deseadas.

En algunas realizaciones, el controlador maestro 106 puede incluir además conductos, ventiladores y/o similares que se usan para enfriar los diversos módulos de control 510 mientras están en operación para evitar daños relacionados con el calor en los módulos de control 510. La energía térmica generada por los módulos de control 510 durante la operación puede capturarse y/o usarse para proporcionar aire caliente a diversas partes de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 (figura 1), tal como en los casos donde ciertas semillas y/o plantas necesitan una atmósfera caliente para condiciones óptimas de crecimiento. La energía térmica también puede convertirse en energía eléctrica que puede usarse para energizar los diversos componentes de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 (figura 1).

En algunas realizaciones, el controlador maestro 106 puede retirarse de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 por algunas razones, tales como reparación, actualización, reemplazo, etc. Como se muestra en la figura 4, diversos controladores 410, 420, 430, 440 y 445 están configurados para realizar funciones y operación de control distribuido. La red que soporta y conecta el controlador maestro 106 y los diversos controladores 410, 420, 430, 440 y 445 puede ser la red de enchufar y usar 490 que no requiere configuración de dirección y realiza autodiagnósticos y corrección de errores. Esta red 490 permite conectar muchos dispositivos de hardware diferentes a través de un protocolo de comunicación común. Incluso si puede retirarse el controlador maestro 106, tal retirada puede no afectar la operación de las funciones de control de los controladores 410, 420, 430, 440 y 445. Cuando se reconectar el controlador maestro 106, los controladores 410, 420, 430, 440 y 445 pueden informar de las tareas completadas y actualizar el controlador maestro 106 con respecto a cada función de control delegada a los controladores 410, 420, 430, 440 y 445. Este aspecto del sistema de control distribuido puede mejorar la flexibilidad y fiabilidad del sistema de control distribuido 400.

Aunque las figuras 6A-6C representan el sistema de control distribuido 400 que tiene la carcasa equipada con cinco compartimentos 502 dispuestos verticalmente para recibir los módulos de control 510, esto es simplemente ilustrativo. Es decir, debería entenderse que la carcasa del sistema de control distribuido 400 puede tener cualquier número de compartimentos 502 y puede disponerse además en cualquier configuración sin alejarse del alcance de la presente divulgación.

Por ejemplo, como se muestra en la figura 6C, cada uno de los mecanismos de soporte 504 en cada compartimento 502 acepta el soporte correspondiente 506 en el módulo de control 510 de tal manera que el módulo de control 510 se desliza dentro del compartimento 502 en la posición correcta. Una vez que el módulo de control 510 se desliza en el compartimento 502, puede conectarse a una red de enchufar y usar tal como la red 490 en la figura 4. Debería entenderse que la disposición y configuración específicas de los mecanismos de soporte 504 y los soportes 506 son simplemente ilustrativas, y son posibles otros medios para garantizar que el módulo de control 510 esté colocado apropiadamente dentro del compartimento 502 sin alejarse del alcance de la presente divulgación.

La figura 7A representa un módulo de control 510 ilustrativo de acuerdo con diversas realizaciones. El módulo de control y el controlador pueden usarse indistintamente en las realizaciones descritas en el presente documento. El módulo de control 510 puede incluir una carcasa 804 acoplada a un soporte 806. El soporte 806 puede soportar la carcasa 804 dentro de una unidad de controlador principal, como se ha descrito con mayor detalle en el presente documento. El módulo de control 510 puede incluir además un puerto de E/S 808 dentro de la carcasa 804. El puerto de E/S 808 puede ser un puerto de comunicaciones o similares que contiene circuitería y componentes de acoplamiento mecánico que permiten que diversos componentes dentro del módulo de control 510 se comuniquen con dispositivos externos al módulo de control 510, como se ha descrito con mayor detalle en el presente documento. El módulo de control 510 es a modo de ejemplo y la presente divulgación no se limita al mismo. En otras realizaciones, están disponibles diferentes formas y configuraciones de un módulo de control.

Como se muestra en la figura 7B, el módulo de control 510 puede configurarse como un módulo de control de hardware. Como se ha analizado anteriormente en relación con la figura 4, el módulo de control 510 incluye un dispositivo informático y opera de manera independiente. Esta configuración de hardware del módulo de control 510 puede proporcionar fiabilidad a la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. Por ejemplo, el módulo de control 510 puede no estar sujeto a una actualización forzada, una interrupción debido al reemplazo o actualización del software, etc. Como otro ejemplo, el módulo de control 510 puede no estar sujeto a un reinicio forzado, o arranque del sistema, lo que puede afectar a la operación de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. Como se ha analizado anteriormente, la red 490 donde el módulo de control 510 está conectado y el protocolo de comunicación común está en uso, puede ser propietaria. El módulo de control 510 puede no estar sujeto a una actualización de software externo, interrupción externa o forzada del funcionamiento, etc.

Asimismo, el módulo de control de hardware como se muestra en la figura 7A puede proporcionar un mecanismo simple y conveniente para la expansión, reemplazo, reparación y actualización. Por ejemplo, si el controlador de carritos y pistas 420 necesitan reemplazarse, cualquier módulo de control de hardware disponible en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 puede usarse para configurarse como otro controlador de carritos y pistas 420. No es necesario esperar a recibir ningún envío de un proveedor de sistemas. Cualquier módulo de control de hardware puede usarse para programarse para realizar funciones distribuidas, es decir, funciones de control de carritos y pistas, reemplazando el antiguo controlador 410, enchufado a la estructura de compartimento 502 y conectado al sistema de control distribuido 400 a través de la red de enchufar y usar 490. Esta flexibilidad puede facilitar y garantizar operaciones continuas y fiables de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100, lo que puede ser indispensable para las plantas en crecimiento.

En algunas realizaciones, el sistema de control distribuido 400 puede considerar los activos disponibles en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 y realizar una determinación de distribuir y delegar funciones de control basándose en los activos y/o la carga de procesamiento en el controlador maestro 106. Una vez que se realiza tal determinación, el o los módulos de control de hardware pueden proporcionar flexibilidad que facilite la programación de las funciones de control distribuidas y delegadas y la configuración como el o los módulos de control para realizar las funciones de control distribuidas y delegadas. Es posible que dicha configuración y programación no necesite considerar los requisitos y la compatibilidad con los programas y sistemas operativos comerciales disponibles, tal como Microsoft Windows®.

En algunas realizaciones, el módulo de control 510 puede configurarse para realizar operaciones y funciones de diversos componentes para su uso en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje. En una realización, como se ha descrito en la solicitud de patente de Estados Unidos en trámite N.º 15/926.771 y la solicitud provisional de Estados Unidos N.º 62/519.420, el módulo de control 510 puede implementarse como un módulo de control de cultivos. En otra realización adicional, como se ha descrito en la solicitud de Estados Unidos en trámite N.º 15/965.163 y la solicitud provisional de Estados Unidos N.º 62/519.428, el módulo de control 510 puede implementarse como un módulo de control de bomba.

Como se analiza en la figura 4, el módulo de control 510 puede configurarse como el controlador de robot 410, el controlador de carritos y pistas 420, el controlador de entorno 430, el controlador de dosificación 440 y el controlador de luz 445. El controlador de robot 410 puede controlar las operaciones de los robots 450. Estos robots 450 pueden incluir robots de riego. El controlador de robot 410 controla las operaciones de los robots 450 basándose en los parámetros recibidos del controlador maestro 106 a través de la conexión 415. El controlador de robot 410 opera de manera autónoma y es independiente del control del controlador maestro 106 dentro del alcance de las funciones de control delegadas por el controlador maestro 106. Por ejemplo, si uno o dos robots detienen su operación y necesitan reemplazarse, el controlador de robot 410 puede tomar la decisión de reemplazar tales robots y garantizar que las operaciones del resto de robots no se vean afectadas.

La figura 8 representa unos componentes a modo de ejemplo relacionados con la operación de los robots 450 controlados por el controlador de robot 450. Como se ha analizado anteriormente, los robots 450 pueden incluir robots de riego. Como se muestra en la figura 8, los robots 450 pueden estar acoplados a un tanque de almacenamiento de fluidos 880. El tanque 880 recicla constantemente el agua para mantener el agua bien mezclada con nutrientes e inyectar agua con oxígeno, como se muestra en la figura 8. En alguna realización, un intercambio frío como se muestra en la figura 8 mantiene el agua a 5 grados menos que el medio ambiente. Los robots 450 están acoplados al tanque de almacenamiento de fluidos 880 con el fin de suministrar el fluido. Como ejemplo, los robots de riego pueden regar más de 50000 localizaciones con tan solo 0,075 mililitros por localización en cualquier bandeja dada en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. En alguna realización, este riego se produce como una gota de agua en lugar de un rocío presurizado para disminuir la cantidad de salpicaduras en el equipo.

En otras realizaciones, el módulo de control 510 puede funcionar como el controlador de carritos y pistas 420, el controlador de entorno 430, el controlador de dosificación 440 y el controlador de luz 445. El controlador de carritos y pistas 420 controla el movimiento de los carritos 104 en la pista tal como parar o mover los carritos 104 desde la entrada de los carritos en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 hasta la etapa de cosecha de las plantas. En algunas realizaciones, los carritos 104 pueden asignarse con identificadores únicos y el controlador de carritos y

pistas 420 puede recibir estos identificadores y proporcionarlos al controlador maestro 106 junto con otro conjunto de información de los carritos 104 tal como el peso de los carritos 104 con plantas cultivadas, la cantidad de semillas presentes en las bandejas transportadas por los carritos, el tipo de plantas transportadas por los carritos 104, etc. Además, el controlador de carritos y pistas 420 puede detectar la localización específica de los carritos 104 en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. En algunas realizaciones, el controlador de carritos y pistas 420 controla el inventario de los carritos. Por ejemplo, si un carrito no funciona, el controlador de carritos y pistas 420 determina si hay un carrito de reemplazo, si repara o no el carrito fuera de servicio, si solicita o no un nuevo carrito, etc.

El controlador de luz 445 controla un sistema de iluminación LED que proporciona diferentes colores de longitud de onda de luz personalizados para las plantas. Las explicaciones detalladas del sistema de iluminación LED disponible en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje pueden encontrarse en la solicitud de Estados Unidos número de serie 15/949.432, presentada el 10 de abril de 2018, que reivindica la prioridad a la solicitud provisional N.º 62/519.607 presentada el 14 de junio de 2017 y titulada "SYSTEMS AND METHODS FOR UTILIZING LED RECIPES FOR A GROW POD". El controlador de luz 445 controla la operación y la duración de los sistemas de iluminación LED, de tal manera que las plantas estarán expuestas a diferentes colores de longitud de onda de luz basándose en la fórmula relacionada con la iluminación, como se ha analizado anteriormente en relación con el comando LUZ de la fórmula maestra. Las operaciones del controlador de dosificación 440 se analizarán con más detalle a continuación en relación con la figura 10.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 7B, se ilustran diversos componentes internos del módulo de control 510 que son ilustrativos. En algunas realizaciones, dichos componentes internos pueden ser en general un entorno informático. Como se ilustra, el módulo de control 510 puede incluir un dispositivo informático 720. El dispositivo informático 720 incluye un procesador 730, hardware de entrada/salida 732, el hardware de interfaz de red 739, un componente de almacenamiento de datos 736 (que almacena los datos de sistema 738a, datos de planta 738b, y/u otros datos), y el componente de memoria 990. El componente de memoria 790 puede configurarse como memoria volátil y/o no volátil y, como tal, puede incluir memoria de acceso aleatorio (incluida SRAM, DRAM y/u otros tipos de RAM), memoria flash, memoria digital segura (SD), registros, discos compactos (CD), discos versátiles digitales (DVD) y/u otros tipos de medios legibles por ordenador no transitorios. En función de la realización específica, estos medios legibles por ordenador no transitorios pueden residir dentro del dispositivo informático 720 y/o ser externos al dispositivo informático 920.

El componente de memoria 790 puede almacenar la lógica operativa 792, la lógica de sistemas 744a y lógica de plantas 744b. La lógica de sistemas 744a y la lógica de plantas 744b pueden incluir cada una de las mismas una pluralidad de piezas de lógica diferentes, cada una de las cuales puede estar incorporada como un programa de ordenador, firmware y/o hardware, como ejemplo. Como se describe con más detalle a continuación, la lógica de sistemas 744a puede monitorizar y controlar las operaciones de uno o más de los componentes de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 (figura 1). La lógica de plantas 744b puede configurarse para determinar y/o recibir una fórmula para el crecimiento de la planta y puede facilitar la implementación de la fórmula a través de la lógica de sistemas 744a.

La lógica operativa 742 puede incluir un sistema operativo y/u otro software para gestionar los componentes del dispositivo informático 720. Como también se ha analizado anteriormente, la lógica de sistemas 744a y la lógica de plantas 744b pueden residir en el componente de memoria 740 y pueden configurarse para realizar la funcionalidad, tal y como se ha descrito en el presente documento.

En algunas realizaciones, el módulo de control 510 puede incluir el controlador de dosificación 440, como se muestra en la figura 4. La lógica de sistemas 744a y la lógica de plantas 744b están programadas para realizar la funcionalidad de dosificación necesaria para operar la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje. Es decir, la cantidad de fluido, el tipo de fluido (por ejemplo, agua, nutrientes, etc.), la localización así como dónde se va a bombear el fluido, los diversos componentes que se van a usar para controlar la dosificación y/o similares pueden considerarse en la determinación de la funcionalidad de suministro de fluido deseado. El controlador de dosificación 440 está configurado y conectado con el controlador maestro 106 a través de la carcasa del sistema de control distribuido 400, como se muestra en las figuras 6A, 6B y 6C. Se recibe una entrada con respecto a la dosis a proporcionar a una semilla y/o una planta. En algunas realizaciones, la entrada puede ser una entrada relacionada con un tipo específico de semilla y/o planta o una entrada de una fórmula y el controlador de dosificación 440 puede determinar la dosis en consecuencia. A continuación, la lógica de sistemas 744a del controlador de dosificación 440 se programa para determinar qué componentes son necesarios para proporcionar la dosis apropiada y qué ajustes se necesitan para cada componente. A continuación, el controlador de dosificación 440 envía una o más señales a los diversos componentes para que se ajusten en consecuencia y proporcionen la dosificación adecuada. De este modo, el controlador de dosificación 440 determina la dosis apropiada para plantas o semillas basándose en la entrada y controla los componentes relevantes para proporcionar la dosis determinada.

Debería entenderse que aunque los componentes de la figura 7B se ilustran como que residen dentro del dispositivo informático 720, esto es simplemente un ejemplo. En algunas realizaciones, uno o más de los componentes pueden residir en el exterior del dispositivo informático 720. También debería entenderse que, mientras que el dispositivo informático 720 se ilustra como un solo dispositivo, esto también es simplemente un ejemplo. En algunas realizaciones,

la lógica de sistemas 744a y la lógica de plantas 744b pueden residir en diferentes dispositivos informáticos. Como un ejemplo, una o más de las funcionalidades y/o componentes descritos en el presente documento pueden proporcionarse por un dispositivo informático de usuario y/o un dispositivo informático remoto.

- 5 Adicionalmente, mientras que el dispositivo informático 720 se ilustra con la lógica de sistemas 744a y la lógica de plantas 744b como componentes lógicos separados, esto también es un ejemplo. En algunas realizaciones, una sola pieza de lógica (y/o varios módulos enlazados) puede hacer que el dispositivo informático 720 proporcione la funcionalidad descrita.
- 10 También se incluye una interfaz local 746 en la figura 7B y puede implementarse como un bus u otra interfaz de comunicación para facilitar la comunicación entre los componentes del dispositivo informático 720.

El procesador 730 puede incluir cualquier componente de procesamiento operable para recibir y ejecutar instrucciones (tal como desde un componente de almacenamiento de datos 736 y/o el componente de memoria 790). El hardware de entrada/salida 732 puede incluir y/o estar configurado para interactuar con micrófonos, altavoces, una pantalla y/u otro hardware.

- 20 El hardware de interfaz de red 739 puede incluir y/o estar configurado para comunicarse con cualquier hardware de red alámbrico o inalámbrico, incluyendo una antena, un módem, un puerto LAN, una tarjeta de fidelidad inalámbrica (Wi-Fi), una tarjeta WiMax, una tarjeta ZigBee, un chip bluetooth, una tarjeta USB, hardware de comunicaciones móviles y/u otro hardware para comunicarse con otras redes y/o dispositivos. A partir de esta conexión, la comunicación puede facilitarse entre el dispositivo informático 720 y otros dispositivos externos al módulo de control 510. De esta manera, el hardware de interfaz de red 739 puede acoplarse comunicativamente al puerto de E/S 808 del módulo de control 510.

- 25 En algunas realizaciones, el módulo de control 510 puede estar acoplado a una red. La red puede incluir Internet u otra red de área amplia, una red local, tal como una red de área local, una red de campo cercano, tal como Bluetooth o una red de comunicación de campo cercano (NFC). Diversos otros módulos de control, otros dispositivos informáticos, y/o similares también pueden acoplarse a la red. Otros dispositivos informáticos ilustrativos incluyen, por ejemplo, un dispositivo informático de usuario y un dispositivo informático remoto. El dispositivo informático de usuario puede incluir un ordenador personal, un ordenador portátil, un dispositivo móvil, una tableta, un servidor, etc. y puede utilizarse como una interfaz con un usuario. Como un ejemplo, un usuario puede enviar una fórmula al dispositivo informático 720 para al menos una implementación parcial por parte del módulo de control 510. Otro ejemplo puede incluir que el módulo de control 510 envíe notificaciones a un usuario del dispositivo informático de usuario.

- 35 De manera similar, el dispositivo informático remoto puede incluir un servidor, un ordenador personal, una tableta, un dispositivo móvil, etc. y puede utilizarse para comunicaciones de máquina a máquina. Como un ejemplo, si la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 (figura 1) determina que se está usando un tipo de semilla (y/u otra información, como las condiciones ambientales), el dispositivo informático 720 puede comunicarse con el dispositivo informático remoto para recuperar una fórmula anteriormente almacenada para esas condiciones. De esta manera, algunas realizaciones pueden utilizar una interfaz de programa de aplicación (API) para facilitar esta u otras comunicaciones de ordenador a ordenador.

- 45 La figura 9 representa un diagrama de flujo para proporcionar un sistema de control distribuido de acuerdo con las diversas realizaciones. Como se muestra en la figura 9, el método incluye proporcionar el controlador maestro en el bloque 902. Como se ha analizado anteriormente, el controlador maestro 106 almacena y gestiona la fórmula maestra que incluye un conjunto de instrucciones o comandos de cultivo de plantas. Basándose en la fórmula maestra 404, el controlador maestro 106 controla el suministro del fluido, iluminación, flujo de aire, etc. que se adaptan a las plantas, semillas, o ambas. Hay una gran cantidad de carritos operando simultáneamente en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. El controlador maestro 106 detecta la aparición de numerosos eventos y controla sin problemas diversos componentes para proporcionar la dosis necesaria a las plantas de manera oportuna y suficiente.

- 55 En el bloque 904, se realiza una determinación de la funcionalidad necesaria para operar la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje. En algunas realizaciones, la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje puede tener una estructura de dos torres, como se muestra en las figuras 1- 2. Cada torre de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje puede tener el mismo conjunto de funcionalidades, o dos torres pueden tener diferentes funcionalidades. En otras realizaciones, la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje puede tener una estructura de cuatro torres (no mostrado). Cada torre de esta cápsula de cultivo de línea de ensamblaje también puede tener el mismo conjunto de funcionalidades, o diferentes funcionalidades. Como se ha analizado anteriormente, los activos disponibles en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 se consideran en la determinación de la funcionalidad necesaria. El controlador maestro 106 distribuye y delega las funcionalidades necesarias para maximizar el uso de los activos y encontrar las mejores configuraciones de sistema para poner los activos en uso. En algunas realizaciones, el controlador maestro 106 configura diversos nodos tales como el controlador de robot 410, el controlador de carritos y pistas 420, el controlador de entorno 430, el controlador de dosificación 440, y el controlador de luz, como se muestra en la figura 4. Sin embargo, la presente divulgación no se limita a lo mismo y más o menos controladores pueden configurarse como nodos. Como se ha analizado anteriormente, el tamaño de la cápsula de cultivo de línea de
- 60
- 65

ensamblaje puede variar significativamente, tal como de una sola bandeja a varias cápsulas que ocupan una gran cantidad de tierra. Estos factores deberían tenerse en cuenta al determinar las funcionalidades necesarias para hacer funcionar la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje. En algunas realizaciones, la automatización del proceso de crecimiento de una única bandeja puede manejarse por el controlador maestro 106 sin distribuir la funcionalidad. A medida que el tamaño de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje se expande y aumenta en escala, puede ser más eficiente distribuir las funciones a los módulos de control discretos.

Tras configurar cada nodo y activar la conexión, el controlador maestro 106 identifica la dirección de cada nodo y envía los parámetros relevantes a cada nodo. La conexión simple y conveniente es posible usando la carcasa del sistema de control distribuido que tiene múltiples compartimentos 502 conformados y dimensionados para recibir diversos módulos de control, como se muestra en las figuras 6A-6B. Cada compartimento tiene el tipo enchufable de mecanismo de conexión y una vez que el módulo de control 502 está enchufado, se activa la conexión con el controlador maestro 106 y el controlador maestro 106 puede recoger la dirección del módulo de control 502 específico. Por consiguiente, son posibles el enchufar y usar de diversos controladores tales como los controladores 410, 420, 430, 440 y 445.

En el bloque 906, se realiza una determinación de los módulos de control necesarios que logran la funcionalidad de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje. Como se ha analizado anteriormente, la configuración de los módulos de control necesarios puede determinarse basándose en los activos disponibles en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. Por ejemplo, si puede haber una pequeña cantidad de robots de riego disponibles en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100, el controlador maestro 106 puede controlar las operaciones de los robots de riego en lugar de delegar o distribuir tales operaciones a un módulo de control discreto, tal como el controlador de robot 410. Sin embargo, si puede haber robots de riego operando sin problemas para regar las plantas transportadas por 1500 carritos y/o regar 50000 localizaciones, por ejemplo, el controlador de robot 410 puede configurarse y ajustarse para controlar de manera autónoma esos robots de riego. Por ejemplo, el controlador de dosificación 440 puede ser necesario para controlar el riego y la distribución de nutrientes a diversas partes de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje, tal como se analiza a continuación en relación con la figura 10.

Como otro ejemplo, puede ser necesario un módulo de control de bombas o un módulo de control de válvulas para controlar y dar instrucciones a las operaciones de bombas y/o válvulas. Como otro ejemplo adicional, puede ser necesario un módulo de control de cosecha para controlar y dar instrucciones a las operaciones del componente cosechador 208 (figura 2). De manera adicional o alternativa, puede ajustarse un módulo de control de semillas para controlar y dar instrucciones a las operaciones del componente sembrador 108 (figura 2). En otras realizaciones, puede configurarse un módulo de control de cosecha para controlar el componente cosechador 208. Además, pueden configurarse un módulo de control de cultivos, un módulo de control de equilibrio que usa agua como lastre, etc. Una vez determinados los módulos de control necesarios, los módulos de control como el módulo de control 510 como se muestra en las figuras 7A y 7B pueden usarse para programar y configurar las funcionalidades de control según se determine.

En el bloque 908, una vez configurados, los módulos de control necesarios se conectan a la red a través de los compartimentos del sistema de control distribuido 400 con el fin de conectarse con el controlador maestro 106. En algunas realizaciones, los compartimentos pueden estar equipadas con cables, cableados, puertos de conexión, etc. de tal manera que cuando se reciben los módulos de control, dichos módulos están en el modo enchufar y usar. Los compartimentos también se asignan con localizadores físicos de tal manera que cuando se reciben los módulos de control, el controlador maestro 106 puede determinar la localización de la red de cada nodo.

En el bloque 910, se realiza una determinación de si existe un problema, tal como, por ejemplo, un módulo de control o un componente del mismo necesita reparación, se desea un cambio en la funcionalidad del módulo de control, se desea una sustitución del módulo de control por un módulo de control diferente, o similares. Como se ha analizado anteriormente, la red 490 permite conectar diferentes dispositivos de hardware a través de un protocolo de comunicación común. Asimismo, la red 490 es una red de enchufar y usar que no requiere configuración de dirección y realiza autodiagnósticos y corrección de errores. Si no, el proceso puede terminar hasta el momento en que surja un problema. De lo contrario, en el bloque 912, se determinan el o los módulos de control responsables del problema. En el bloque 914, el o los módulos de control determinados se retiran del sistema de control distribuido 400. En algunas realizaciones, la eliminación de los módulos de control no afecta a las operaciones del o los otros módulos de control colocados en los compartimentos. En algunas realizaciones, el o los otros módulos de control pueden recibir una señal o información indicativa de la retirada de los módulos de control. Las operaciones y funciones controladas por el o los módulos de control retirados pueden estar relacionadas con las operaciones y funciones controladas por los módulos de control restantes. En esos casos, los módulos de control restantes pueden recibir la información de retirada y notificar de la eliminación del o los módulos de control.

En el bloque 916, el problema se corrige realizando una reparación, reemplazo, adición de una nueva funcionalidad, actualización, etc. En el bloque 918, el o los módulos de control vuelven a insertarse en el controlador maestro. Nuevamente, la reinserción de los módulos de control no afecta a las operaciones de los otros módulos de control insertados en los compartimentos del controlador maestro. La reinserción del o los módulos de control puede facilitar la comunicación entre el o los módulos de control reinsertados y el controlador maestro 106, lo que permite que el o los módulos de control controlen el o los componentes específicos junto con el controlador maestro 106. El mecanismo

de conexión simple y conveniente proporcionado por el sistema de control distribuido 400 facilita además la distribución y delegación de diversas funciones de control entre el controlador maestro 106 y los otros módulos de control de hardware.

- 5 La figura 10 representa un diagrama de flujo ilustrativo que proporciona un hardware de control de dosificación tal como el controlador de dosificación 440 (figura 4) para una interfaz de control modular de acuerdo con una realización. Como se muestra en la figura 10, el controlador maestro se proporciona en el bloque 1002. como se ha analizado anteriormente en relación con las figuras 1 y 2, el controlador maestro 106 controla todas las operaciones de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 comunicándose con y controlando diversos componentes de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje. Como se ha analizado anteriormente, el controlador maestro 106 incluye una interfaz de control modular que puede soportar el controlador de dosificación 440. El controlador maestro 106 incluye la pluralidad de compartimentos 502 donde cada compartimento aloja diferentes módulos de control y permite las comunicaciones entre los diferentes módulos de control insertados en cada compartimento y el controlador maestro 106. Una vez que el módulo de control de dosificación 440 se inserta en las compartimentos, los módulos de control se comunican y controlan diversos componentes relevantes asociados al módulo de control de dosificación 440 bajo la supervisión y el control del controlador maestro 106.

- En el bloque 1004, se realiza una determinación de la funcionalidad de dosificación necesaria para operar la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje. En algunas realizaciones, la funcionalidad de dosificación necesaria incluye determinar la funcionalidad provisional de fluido deseada tal como determinar e identificar una cantidad de fluido, un tipo de fluido (por ejemplo, agua, nutrientes, etc.), una localización de dónde se va a bombear el fluido, los diversos componentes que se van a usar para controlar la dosificación y/o similares. De manera adicional, como se ha analizado anteriormente, la determinación de la funcionalidad de dosificación necesaria se realiza a la luz de los activos disponibles en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100 con el fin de facilitar y permitir el mejor uso de los activos actuales en el entorno de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje.

- En el bloque 1006, se realiza una determinación de los módulos de control de dosificación deseados que logran la funcionalidad de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje. Los módulos de control de dosificación deseados 510 pueden configurarse para tener la lógica de sistemas 744a y el registro de plantas 744b que implementan la funcionalidad determinada. como se ha analizado anteriormente en relación con las figuras 4, 7A y 7B, el módulo de control 510 configurado como controlador de dosificación 440 está configurado para tener la lógica de sistemas 744a y la lógica de plantas 744b que implementan la funcionalidad. El controlador de dosificación 440 está configurado para tener la lógica de sistemas 744 de tal manera que se monitorizan y controlan las operaciones de uno o más de los componentes de control de dosificación, bombas, líneas de agua, válvulas, colectores de distribución de fluidos u otros componentes que contienen componentes para proporcionar una dosis específica a las semillas y/o plantas. La lógica de plantas 744b puede configurarse para determinar y/o recibir la fórmula para el crecimiento de la planta y puede facilitar la implementación de la fórmula a través de la lógica de sistemas 744a. En algunas realizaciones, la fórmula para el crecimiento de las plantas puede establecer el tiempo y la longitud de onda de la luz, presión, temperatura, riego, nutrientes, atmósfera molecular y/u otras variables que optimizan el crecimiento y la producción de las planta. En algunas realizaciones, la lógica de plantas 744b también contiene información que asocia plantas y sus localizaciones en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje 100. Por consiguiente, la lógica de plantas 744b puede proporcionar información de las plantas y sus localizaciones correspondientes a la lógica de sistemas 744a. A continuación, la lógica de sistemas 744a puede determinar la localización de dónde se va a bombear y suministrar el fluido basándose en dicha información. En otra realización, el controlador de dosificación 440 puede obtener la información de localización de las plantas de otros sensores, tales como un sensor de proximidad, un sensor de peso, una cámara, etc. En otra realización adicional, el controlador de dosificación 440 puede obtener la información de localización de las plantas de otro módulo de control que rastrea la localización de plantas o semillas en una bandeja específica en un carrito. En otra realización adicional, el controlador de dosificación 440 puede recibir la información de localización de las plantas del controlador maestro 106.

- Los módulos de control de dosificación 510 pueden ser un único módulo de control de dosificación o una pluralidad de módulos de control. Puede determinarse un número de módulos de control de dosificación 510 basándose en múltiples factores, tales como el tamaño de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje, un número de plantas, un número de los componentes de control de dosificación, un número de bombas, un número de válvulas, la frecuencia del suministro de dosis. como se ha analizado anteriormente y mostrado en las figuras 4-7, la interfaz de control modular del sistema de control distribuido 400 puede estar equipada con la pluralidad de compartimentos 502 de tal manera que dos o más módulos de control de dosificación puedan alojarse sin problemas técnicos.

- En el bloque 1008, se conecta el controlador de dosificación deseado 440, después de la configuración para implementar la funcionalidad deseada, al insertarse en la carcasa del sistema de control distribuido 400, como se muestra en las figuras 4-7. Una vez que se inserta el controlador de dosificación 440, el controlador de dosificación 440 puede acoplarse comunicativamente al controlador maestro 106 y a diversos componentes de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje, tal como los componentes de control de dosificación, bombas, válvulas, etc.

- En el bloque 1010, mientras el controlador de dosificación 440 está activado y en operación, se recibe una entrada con respecto a la dosis a proporcionar a una semilla y/o una planta. En algunas realizaciones, la entrada puede ser

una entrada relacionada con un tipo específico de semilla y/o planta o una entrada de la fórmula para el crecimiento de la planta. Como se ha analizado anteriormente, un usuario puede enviar una fórmula al controlador de dosificación usando un dispositivo informático de usuario. En respuesta a la entrada, el módulo de control de dosificación 302 puede determinar la dosis en consecuencia.

5 En el bloque 1012, se realiza una determinación de qué componentes se necesitan para proporcionar la dosis adecuada basándose en la entrada. Como se ha analizado anteriormente, la lógica de sistemas 744a de los módulos de control de dosificación 510 puede incluir componentes de control de dosificación y otros componentes relevantes. En el bloque 1014, se realiza una determinación de qué ajustes se necesitan para cada componente. Por ejemplo, los
10 ajustes incluyen el ajuste de bombas, válvulas, componentes de control de dosificación, etc., basándose en la dosis apropiada basada en la entrada. Como otro ejemplo, los ajustes incluyen la programación y coordinación del uso de los componentes de control de dosificación, las bombas, las válvulas, etc., basándose en las localizaciones del suministro de dosis y las localizaciones de las plantas o las semillas que necesitan suministro de dosis.

15 En el bloque 1016, se envían una o más señales a través del controlador de dosificación 440 a los diversos componentes para ajustar en consecuencia y proporcionar la dosificación apropiada. El proceso puede repetirse en el bloque 1110 para cada determinación de dosificación sucesiva según sea necesario.

20 Como se ha ilustrado anteriormente, se desvelan diversas realizaciones para proporcionar sistemas y métodos de control distribuidos. Un sistema de control distribuido para su uso en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje incluye una carcasa de control, un controlador maestro y un dispositivo controlador de hardware. La carcasa de control incluye una pluralidad de compartimentos conformados y dimensionados para colocar uno o más dispositivos controladores de hardware discretos. Cada compartimento está equipado con una interfaz de red enchufable. El controlador maestro reside en la carcasa de control e incluye un primer procesador y una primera memoria. La primera
25 memoria almacena un primer conjunto de instrucciones que establece las operaciones de crecimiento de plantas y un segundo conjunto de instrucciones que establece una pluralidad de funciones de control distribuidas. El dispositivo controlador de hardware se acopla de manera comunicativa y retirable al controlador maestro a través de la interfaz de red enchufable en el momento de la colocación en un compartimento de la carcasa de control. El dispositivo controlador de hardware incluye un segundo procesador y una segunda memoria para almacenar un tercer conjunto
30 de instrucciones que establece una función de control seleccionada de la pluralidad de funciones de control distribuidas. Tras la conexión a la interfaz de red enchufable, el controlador maestro identifica una dirección del dispositivo controlador de hardware y envía un conjunto de parámetros que definen una pluralidad de tareas relacionadas con la función de control seleccionada al dispositivo controlador de hardware.

35 En otra realización, el dispositivo controlador de hardware ejecuta el tercer conjunto de instrucciones con el segundo procesador y realiza la pluralidad de tareas relacionadas con la función de control seleccionada controlando uno o más componentes asociados a la función de control seleccionada. En otra realización, el dispositivo controlador de hardware incluye un controlador de dosificación acoplado a una pluralidad de componentes de control de dosificación. El tercer conjunto de instrucciones, tras la ejecución por el segundo procesador, realiza unas operaciones que incluyen
40 (i) determinar la información de dosificación para un tipo específico de planta, en donde la información de dosificación comprende una cantidad de dosificación, un contenido de fluido, ajustes de los componentes de control de dosificación y una localización de suministro de fluido; (ii) seleccionar uno o más componentes entre los componentes de control de dosificación que suministran el fluido basándose en la información de dosificación; (iii) determinar los ajustes para los componentes seleccionados basándose en la información de dosificación; (iv) determinar una localización para
45 suministrar el fluido basándose en una localización del tipo específico de planta en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje; y (v) suministrar la cantidad determinada de dosificación del fluido a la localización de suministro de fluido controlando los ajustes de los componentes de control de dosificación seleccionados.

50 En otra realización, el controlador de dosificación se comunica con uno o más de una válvula, una bomba y un colector de distribución de fluido a través de un puerto de E/S para proporcionar la cantidad determinada de dosificación del fluido a la localización de suministro de fluido. En otra realización, el dispositivo controlador de hardware incluye además un dispositivo controlador de robot y la función de control seleccionada incluye además controlar uno o más robots de riego que operan en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje. El dispositivo controlador de hardware incluye además un dispositivo controlador de luz y la función de control seleccionada incluye además controlar una
55 pluralidad de dispositivos de luz LED para generar diferentes colores de longitud de onda de luz según lo establecido por el primer conjunto de instrucciones. El dispositivo controlador de hardware incluye además un controlador de carritos y pistas y la función de control seleccionada incluye además controlar el movimiento de un carrito que transporta plantas en una pista.

60 En otra realización, el segundo conjunto de instrucciones, tras la ejecución por el primer procesador, realiza unas operaciones que incluyen: (i) identificar una pluralidad de activos que operan en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje, que incluye, plantas, semillas, dispositivos de iluminación LED, tanques de almacenamiento de fluidos, robots de riego, bombas, válvulas y carritos; (ii) completar una lista de tareas basándose en los activos y eventos identificados que resultan de la ejecución del primer conjunto de instrucciones por parte del primer procesador; (iii)
65 determinar la pluralidad de funciones de control distribuidas agrupando una o más tareas, los activos identificados y los eventos en una función de control distribuida; y (iv) almacenar, en la primera memoria, la pluralidad de funciones

de control distribuidas.

En otra realización, un sistema de control distribuido para su uso en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje incluye un controlador maestro, un primer dispositivo controlador de hardware, un segundo dispositivo controlador de hardware y una interfaz de red de enchufar y usar. El controlador maestro incluye un primer procesador y una primera memoria para almacenar un primer conjunto de comandos que establece las operaciones de crecimiento de plantas. El primer dispositivo controlador de hardware incluye un segundo procesador y una segunda memoria para almacenar un segundo conjunto de comandos que controla las operaciones de un primer componente. El segundo dispositivo controlador de hardware incluye un tercer procesador y una tercera memoria para almacenar un tercer conjunto de comandos que controla las operaciones de un segundo componente. El primer componente y el segundo componente realizan operaciones que son parte de las operaciones de crecimiento de plantas establecidas por el primer conjunto de comandos. La interfaz de red de enchufar y usar está adaptada para conectar de manera comunicativa y retirable el controlador maestro con el primer dispositivo controlador de hardware y el segundo dispositivo controlador de hardware usando un protocolo de comunicación común.

En otra realización, el primer dispositivo controlador de hardware incluye un controlador de robot configurado para controlar las operaciones de los robots de riego y el segundo dispositivo controlador de hardware incluye uno de: un controlador de carritos y pistas configurado para controlar el movimiento de carritos en las pistas; un controlador de entorno configurado para controlar las operaciones relacionadas con la temperatura, flujo de aire, humedad y atmósfera en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje; un controlador de dosificación configurado para controlar una cantidad de dosificación del fluido y el suministro del fluido; y un controlador de luz configurado para controlar las operaciones de una pluralidad de dispositivos de iluminación LED. El controlador maestro transmite un conjunto de parámetros relacionados con las operaciones del primer componente al primer dispositivo controlador de hardware usando el protocolo de comunicación común. El primer dispositivo controlador de hardware envía una notificación que indica la finalización de las tareas al controlador maestro usando el protocolo de comunicación común. El sistema de control distribuido incluye además un tercer dispositivo controlador de hardware acoplado de manera comunicativa y retirable al controlador maestro a través de la interfaz de red de enchufar y usar e incluye una versión actualizada o reparada del tercer conjunto de comandos.

En otra realización, un método para proporcionar un sistema de control distribuido para su uso en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje incluye las etapas de (i) disponer una carcasa de control que comprende una pluralidad de compartimentos conformados y dimensionados para colocar uno o más dispositivos controladores de hardware discretos, estando cada compartimento equipado con una interfaz de red enchufable; (ii) disponer un controlador maestro para que resida en la carcasa de control, en donde el controlador maestro comprende un primer procesador y una primera memoria para almacenar un primer conjunto de instrucciones que establece las operaciones de crecimiento de plantas y un segundo conjunto de instrucciones que establece una pluralidad de funciones de control distribuidas; (iii) conectar un dispositivo controlador de hardware con el controlador maestro enchufando el dispositivo controlador de hardware en la interfaz de red enchufable de un compartimento; (iv) identificar, con el controlador maestro, una dirección del dispositivo controlador de hardware; (v) enviar, desde el controlador maestro al dispositivo controlador de hardware, un conjunto de parámetros que definen una pluralidad de tareas relacionadas con la función de control seleccionada; y (vi) controlar, con el dispositivo controlador de hardware, las operaciones de uno o más componentes que operan en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje para realizar la pluralidad de tareas. El dispositivo controlador de hardware incluye un segundo procesador y una segunda memoria para almacenar un tercer conjunto de instrucciones que establece una función de control seleccionada de la pluralidad de funciones de control distribuidas.

En otra realización, el método para proporcionar un sistema de control distribuido incluye además las etapas de (i) retirar el dispositivo controlador de hardware de la red enchufable del compartimento; (ii) modificar el tercer conjunto de instrucciones para su actualización, reconfiguración, reparación o sustitución del tercer conjunto de instrucciones por un nuevo conjunto de instrucciones; y (iii) reconectar el dispositivo controlador de hardware que tiene un tercer conjunto de instrucciones modificado con el compartimento. El método para proporcionar un sistema de control distribuido incluye además las etapas de enviar, con el dispositivo controlador de hardware, una notificación indicativa de la finalización de la pluralidad de tareas al controlador maestro usando un protocolo de comunicación común a través de la red enchufable.

Como se ha ilustrado anteriormente, se desvelan diversas realizaciones para proporcionar una interfaz de control modular en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje. Estas realizaciones crean una interfaz de control que puede personalizarse y repararse sin la necesidad de apagar toda la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje. La interfaz de control modular incluye una pluralidad de compartimentos conformados y dimensionados para recibir una pluralidad de módulos de hardware de control dispuestos en la interfaz de control modular. Un primer módulo de hardware de control se inserta en un primer compartimento de la pluralidad de compartimentos. Un segundo módulo de hardware de control se retira de un segundo compartimento de la pluralidad de compartimentos. Un tercer módulo de hardware de control se inserta en el segundo compartimento de la pluralidad de compartimentos. Un primer componente de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje se controla controlando el primer módulo de hardware de control, y un tercer componente de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje se controla controlando el tercer módulo de hardware de control. Por consiguiente, algunas realizaciones pueden incluir una interfaz de control modular en una cápsula de

cultivo de línea de ensamblaje que incluye un controlador maestro que tiene una pluralidad de compartimentos idénticos, cada uno de los cuales recibe uno cualquiera de una pluralidad de módulos de control. Cada uno de la pluralidad de módulos de control está configurado para proporcionar una funcionalidad específica a la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje.

5 La divulgación anterior se refiere a la interfaz de control modular de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje, en donde la interfaz de control modular comprende uno o más compartimentos idénticos o diferentes estando cada uno configurado para recibir uno cualquiera de una pluralidad de módulos de control intercambiables en caliente en la misma, y en donde cada compartimento de la interfaz de control modular comprende un puerto de E/S que está
10 configurado acoplarse con un puerto correspondiente en uno cualquiera de la pluralidad de módulos de control intercambiables en caliente de tal manera que uno cualquiera de la pluralidad de módulos de control intercambiables en caliente pueda retirarse de la interfaz de control modular sin afectar a la funcionalidad general de la interfaz de control modular. Además, ya que cada módulo de control realiza una función específica asignada y configurada, dicho control puede proporcionar eficiencia y flexibilidad a las operaciones y el control de la cápsula de cultivo de línea de
15 ensamblaje, a diferencia de un control consolidado que se aplica a todas las operaciones de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje.

Como se ha analizado, la interfaz de control modular es específicamente para su uso con la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje. La cápsula de cultivo de línea de ensamblaje de la presente divulgación puede proporcionar un sistema
20 de cápsula de cultivo de plantas organizado que facilita un crecimiento rápido, un impacto pequeño, libre de químicos, una solución de baja mano de obra para cultivar microvegetales y otras plantas a cosechar. Al mismo tiempo, la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje puede proporcionar condiciones ambientales controladas (por ejemplo, el tiempo y la longitud de onda de la luz, presión, temperatura, riego, nutrientes, atmósfera molecular y/u otras variables) y garantizar que cada planta o semilla reciba una atención personalizada y selectiva basándose en factores de
25 crecimiento individuales y parámetros relevantes para las plantas o semillas, con el fin de optimizar el crecimiento y la producción de la planta. La interfaz de control modular de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje puede garantizar el control eficiente, flexible y eficaz de diversos componentes de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje.

Como se ha ilustrado anteriormente, se desvelan diversas realizaciones para proporcionar diversos hardware de control para una interfaz de control modular en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje. Una realización crea una interfaz de control de dosificación que controla específicamente las diversas bombas de fluido, válvulas, líneas de agua y/o colectores de distribución de fluidos de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje. Otra realización crea una interfaz de control de válvulas que controla específicamente las diversas válvulas y, en consecuencia, la dirección del flujo de fluido dentro de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje. La interfaz de control de dosificación y la
30 interfaz de control de válvulas son intercambiables en caliente dentro de la interfaz de control modular, de tal manera que pueden insertarse y retirarse según sea necesario.

Por consiguiente, algunas realizaciones pueden incluir hardware de control de dosificación para una interfaz de control modular en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje que incluye un controlador maestro que tiene una pluralidad de compartimentos idénticos, cada uno de los cuales puede recibir un módulo de control de dosificación. El módulo de control de dosificación está especialmente configurado para controlar las diversas bombas, válvulas, líneas de agua y/o colectores de distribución de fluidos localizados dentro de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje de tal manera que se proporcione una dosis apropiada de fluido a una semilla y/o planta específica dentro de la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje en un momento específico.

45 El hardware/módulo de control de dosificación maneja específicamente el control del suministro de dosificación y las operaciones de los componentes de control de dosificación. Esto permite la delegación y el control independiente del suministro de dosificación desde el controlador maestro, lo que puede ayudar a reducir la carga de procesamiento en el controlador maestro. También, ya que la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje puede expandirse o reducirse de tamaño, puede resultar sencillo y eficaz expandir o reducir el hardware/módulo de control de dosificación. Dicho de otra forma, si pueden agregarse más plantas o semillas a la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje, pueden configurarse y prepararse uno o más hardware/módulos de control de dosificación para alojar las plantas o semillas agregadas sin necesitar una reprogramación, reemplazo o actualización del controlador maestro. Si pueden cosecharse plantas y puede reducirse el suministro de dosis, el módulo de control de dosificación adicional puede
50 retirarse de las compartimentos del controlador maestro, lo que puede conducir a un ahorro de recursos de procesamiento. De manera adicional, la flexibilidad de configuración del módulo de control de dosificación puede permitir que la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje refleje cualquier necesidad o cambio de suministro de dosificación nuevo o actualizado, con cambios mínimos en los componentes existentes, el controlador maestro y otros módulos de control para controlar los componentes asociados.

60 La divulgación anterior se refiere al hardware de control de dosificación para un controlador maestro en una interfaz de control modular de una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje. El hardware de control de dosificación está incorporado como un módulo que puede intercambiarse en caliente dentro de uno o más compartimentos del controlador maestro. El hardware de control de dosificación incluye un dispositivo de procesamiento y un medio de almacenamiento legible por procesador no transitorio que contiene instrucciones de programación en el mismo que, cuando se ejecutan por el dispositivo de procesamiento, hace que el dispositivo de procesamiento controle una o más
65

válvulas, una bomba y un colector para proporcionar una dosis medida de agua y/o nutrientes a una semilla o planta en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje.

5 Si bien en el presente documento se han ilustrado y descrito realizaciones y aspectos específicos de la presente divulgación, pueden realizarse diversos otros cambios y modificaciones sin alejarse del alcance de la divulgación. Asimismo, aunque en el presente documento se han descrito diversos aspectos, no es necesario utilizar estos aspectos en combinación. Por consiguiente, se pretende, por lo tanto, que las reivindicaciones adjuntas cubran todos los cambios y modificaciones que están dentro del alcance de las realizaciones mostradas y descritas en el presente documento.

10 Ahora debería entenderse que las realizaciones desveladas en el presente documento incluyen sistemas, métodos, y medios legibles por ordenador no transitorios para proporcionar una interfaz de control modular para su uso en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje. También debería entenderse que estas realizaciones son simplemente a modo de ejemplo y no pretenden limitar el alcance de la presente divulgación, que se define por las reivindicaciones adjuntas.

15

REIVINDICACIONES

1. Una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje que comprende un sistema de control distribuido, comprendiendo el sistema de control distribuido:

una carcasa de control (400) que comprende una pluralidad de compartimentos (502) conformados y dimensionados para colocar una pluralidad de dispositivos controladores de hardware discretos (510), estando cada compartimento (502) equipado con una interfaz de red enchufable;

un controlador maestro (106) que reside en la carcasa de control (400) y que incluye un primer procesador (730) y una primera memoria (790) que almacena un primer conjunto de instrucciones que establece las operaciones de crecimiento de plantas y un segundo conjunto de instrucciones que establece una pluralidad de funciones de control distribuidas; y

un primer dispositivo controlador de hardware (510) de la pluralidad de dispositivos controladores de hardware discretos (510) acoplado de manera comunicativa y retirable al controlador maestro (106) en un primer compartimento (502) de la pluralidad de compartimentos (502) a través de la interfaz de red enchufable en el momento de la colocación en el primer compartimento (502) de la carcasa de control (400), en donde el dispositivo controlador de hardware (510) comprende un segundo procesador (730) y una segunda memoria (790) que almacena un tercer conjunto de instrucciones que establece una primera función de control seleccionada de la pluralidad de funciones de control distribuidas;

un segundo dispositivo controlador de hardware (510) de la pluralidad de dispositivos controladores de hardware discretos (510) acoplado de manera comunicativa y retirable al controlador maestro (106) en un segundo compartimento (502) de la pluralidad de compartimentos (502) a través de la interfaz de red enchufable en el momento de la colocación en el segundo compartimento (502) de la carcasa de control (400), en donde el segundo dispositivo controlador de hardware (510) comprende un tercer procesador (730) y una tercera memoria (790) que almacena un cuarto conjunto de instrucciones que establece una segunda función de control seleccionada de la pluralidad de funciones de control distribuidas,

en donde el segundo conjunto de instrucciones hace que el controlador maestro (106) identifique una dirección del dispositivo controlador de hardware (510) y envíe un conjunto de parámetros que definen una pluralidad de tareas para realizar la función de control seleccionada al dispositivo controlador de hardware (510), **caracterizada por que** la primera función de control seleccionada es diferente de la segunda función de control seleccionada.

2. La cápsula de cultivo de línea de ensamblaje de la reivindicación 1, en donde: el tercer conjunto de instrucciones hace que el dispositivo controlador de hardware (510) realice la pluralidad de tareas relacionadas con la función de control seleccionada controlando uno o más componentes asociados a la función de control seleccionada.

3. La cápsula de cultivo de línea de ensamblaje de la reivindicación 1, en donde el dispositivo controlador de hardware (510) comprende un controlador de dosificación (440) acoplado a una pluralidad de componentes de control de dosificación y el tercer conjunto de instrucciones, tras la ejecución por el segundo procesador (730), realiza las operaciones que comprenden:

determinar la información de dosificación para un tipo específico de planta, en donde la información de dosificación comprende una cantidad de dosificación, un contenido de fluido, ajustes de los componentes de control de dosificación y una localización de suministro de fluido;

seleccionar uno o más componentes entre los componentes de control de dosificación que suministran el fluido basándose en la información de dosificación;

determinar los ajustes para los componentes seleccionados basándose en la información de dosificación;

determinar una localización para suministrar el fluido basándose en una localización del tipo específico de planta en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje; y

suministrar la cantidad determinada de dosificación del fluido a la localización de suministro de fluido controlando los ajustes de los componentes de control de dosificación seleccionados.

4. La cápsula de cultivo de línea de ensamblaje de la reivindicación 3, en donde el controlador de dosificación (440) se comunica con una o más de una válvula (108), una bomba (109), un colector de distribución de fluido a través de un puerto de E/S (808) para proporcionar la cantidad determinada de dosificación del fluido a la localización de suministro de fluido.

5. La cápsula de cultivo de línea de ensamblaje de la reivindicación 1, en donde el dispositivo controlador de hardware (510) incluye además un dispositivo controlador de robot (410) y la función de control seleccionada incluye además controlar uno o más robots de riego (450) que operan en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje (100).

6. La cápsula de cultivo de línea de ensamblaje de la reivindicación 1, en donde el dispositivo controlador de hardware (510) incluye además un dispositivo controlador de luz (445) y la función de control seleccionada incluye además controlar una pluralidad de dispositivos de luz LED para generar diferentes colores de longitud de onda de luz según lo establecido por el primer conjunto de instrucciones.

7. La cápsula de cultivo de línea de ensamblaje de la reivindicación 1, en donde el dispositivo controlador de hardware

(510) incluye además un carrito (104) y un controlador de pista (420) y la función de control seleccionada incluye además controlar el movimiento de un carrito (104) que transporta plantas en una pista (102).

8. La cápsula de cultivo de línea de ensamblaje de la reivindicación 1, en donde el segundo conjunto de instrucciones, tras la ejecución por el primer procesador (730), hace que el primer procesador (730) realice operaciones que comprenden:

identificar una pluralidad de activos que operan en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje (100) que incluye, plantas, semillas, dispositivos de iluminación LED, tanques de almacenamiento de fluidos (206), robots de riego (450), bombas (109), válvulas (108) y carritos (104);
completar una lista de tareas basándose en los activos y eventos identificados que resultan de la ejecución del primer conjunto de instrucciones por el primer procesador;
determinar la pluralidad de funciones de control distribuidas agrupando una o más tareas, los activos identificados y los eventos en una función de control distribuida; y
almacenar, en la primera memoria (790), la pluralidad de funciones de control distribuidas.

9. Un método para proporcionar un sistema de control distribuido en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje, que comprende:

disponer una carcasa de control (400) que comprende una pluralidad de compartimentos (502) conformados y dimensionados para colocar uno o más dispositivos controladores de hardware discretos (510), estando cada compartimento (502) equipado con una interfaz de red enchufable;
disponer un controlador maestro (106) para que resida en la carcasa de control (400), en donde el controlador maestro (106) comprende un primer procesador (730) y una primera memoria (790) que almacena un primer conjunto de instrucciones que establece las operaciones de crecimiento de plantas y un segundo conjunto de instrucciones que establece una pluralidad de funciones de control distribuidas;
conectar un primer dispositivo controlador de hardware (510) con el controlador maestro (106) enchufando el primer dispositivo controlador de hardware (510) en la interfaz de red enchufable de un primer compartimento (502);
conectar un segundo dispositivo controlador de hardware (510) al controlador maestro (106) conectando el segundo dispositivo controlador de hardware (510) en la interfaz de red enchufable de un segundo compartimento (502);
en donde el primer dispositivo controlador de hardware (510) comprende un segundo procesador (730) y una segunda memoria (790) que almacena un tercer conjunto de instrucciones que establece una primera función de control seleccionada de la pluralidad de funciones de control distribuidas; funciones, en donde el segundo dispositivo controlador de hardware (510) comprende un tercer procesador (730) y una tercera memoria (790) que almacena un cuarto conjunto de instrucciones que establece una segunda función de control seleccionada de la pluralidad de funciones de control distribuidas, y en donde la primera función de control seleccionada es diferente de la segunda función de control seleccionada;
identificar, con el controlador maestro (106), una dirección del primer dispositivo controlador de hardware (510);
enviar, desde el controlador maestro (106) al primer dispositivo controlador de hardware (510), un conjunto de parámetros que definen una pluralidad de tareas relacionadas con la primera función de control seleccionada; y
controlar, con el primer dispositivo controlador de hardware (510), las operaciones de uno o más componentes que operan en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje (100) para realizar la pluralidad de tareas.

10. El método de la reivindicación 9, que comprende, además:

retirar el dispositivo controlador de hardware (510) de la red enchufable del compartimento (502);
modificar el tercer conjunto de instrucciones para su actualización, reconfiguración, reparación o sustitución del tercer conjunto de instrucciones por un nuevo conjunto de instrucciones; y
reconectar el dispositivo controlador de hardware (510) que tiene un tercer conjunto de instrucciones modificado con el compartimento (502).

11. El método de la reivindicación 9, que comprende además: enviar, con el dispositivo controlador de hardware (510), una notificación indicativa de la finalización de la pluralidad de tareas al controlador maestro (106) usando un protocolo de comunicación común a través de la red enchufable.

12. El método de la reivindicación 9, que comprende, además:

identificar una pluralidad de activos que operan en una cápsula de cultivo de línea de ensamblaje (100) que incluye, plantas, semillas, dispositivos de iluminación LED, tanques de almacenamiento de fluidos (206), robots de riego (450), bombas (109), válvulas (108) y carritos (104);
completar una lista de tareas basándose en los activos y eventos identificados que resultan de la ejecución del primer conjunto de instrucciones por el primer procesador (730);
determinar la pluralidad de funciones de control distribuidas agrupando una o más tareas, los activos identificados y los eventos en una función de control distribuida; y
almacenar, en la primera memoria (790), la pluralidad de funciones de control distribuidas.

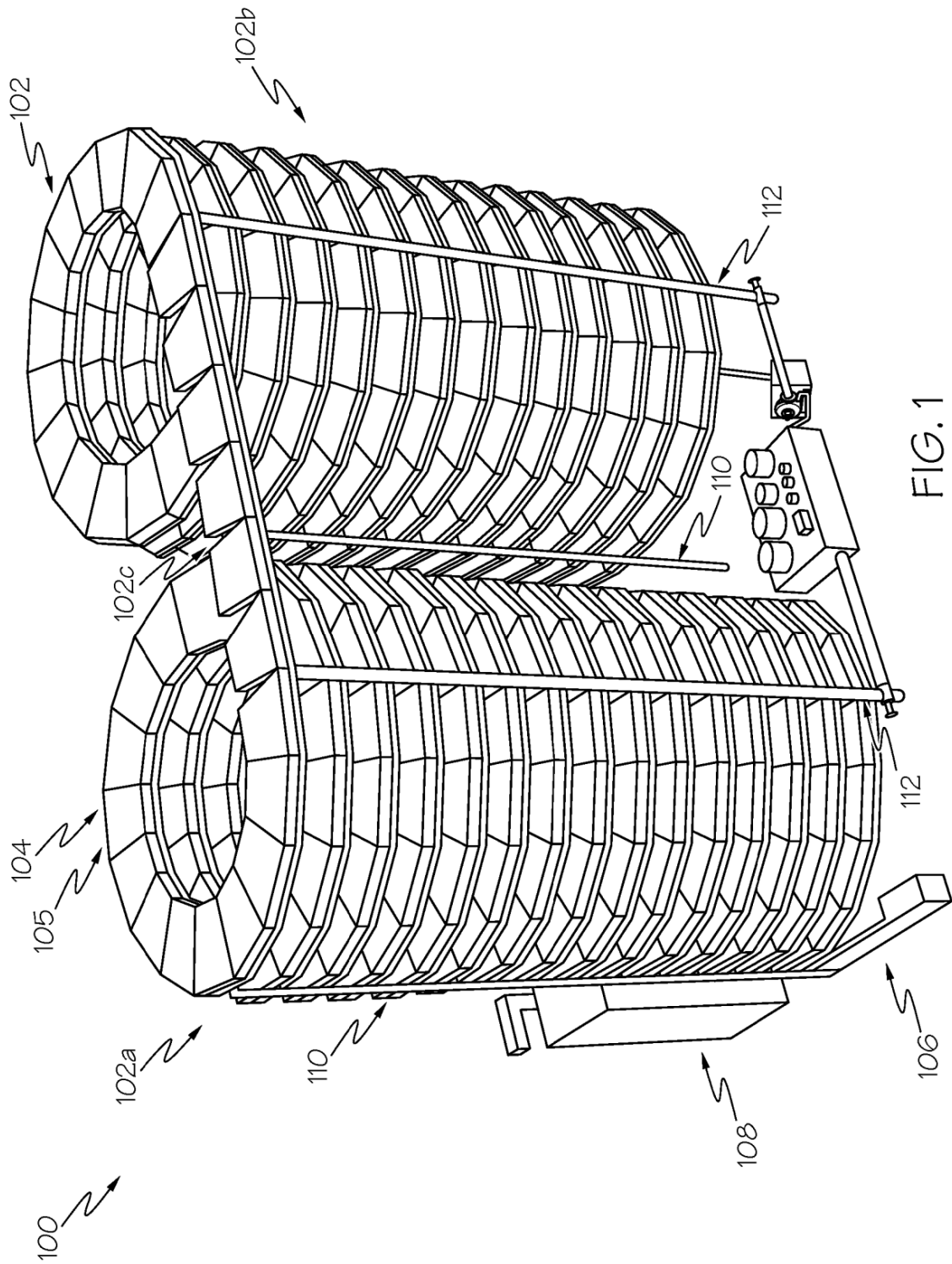
13. El método de la reivindicación 9, que comprende, además:
disponer en la carcasa de control (400) y enchufar en cada compartimento (502) de la carcasa de control (400) uno o más de los controladores de hardware que comprenden:

- 5 un controlador de robot (410) configurado para controlar las operaciones de los robots de riego (450);
un carrito (104) y un controlador de pista (420) configurado para controlar el movimiento de los carritos (104) en las pistas (102);
- 10 un controlador de entorno (430) configurado para controlar las operaciones relacionadas con la temperatura, el flujo de aire, la humedad y la atmósfera;
- un controlador de dosificación (440) configurado para controlar una cantidad de dosificación de fluido y el suministro del fluido; y
- 15 un controlador de luz (445) configurado para controlar las operaciones de una pluralidad de dispositivos de iluminación LED.

14. El método de la reivindicación 9, que comprende, además:
disponer un controlador de dosificación (440) en la carcasa de control (400) enchufando cada compartimento (502) de la carcasa de control (400):

- 20 determinar la información de dosificación para un tipo específico de planta, en donde la información de dosificación comprende una cantidad de dosificación, un contenido de fluido, ajustes de los componentes de control de dosificación y una localización de suministro de fluido;
- seleccionar uno o más componentes entre los componentes de control de dosificación que suministran el fluido basándose en la información de dosificación;
- 25 determinar los ajustes para los componentes seleccionados basándose en la información de dosificación;
- determinar una localización para suministrar el fluido basándose en una localización del tipo específico de planta en la cápsula de cultivo de línea de ensamblaje (100); y
- 30 suministrar la cantidad determinada de dosificación del fluido a la localización de suministro de fluido controlando los ajustes de los componentes de control de dosificación seleccionados.

15. El método de la reivindicación 9, en donde conectar el dispositivo controlador de hardware al controlador maestro (106) comprende además establecer una comunicación entre el controlador maestro (106) y el dispositivo controlador de hardware (510) usando un protocolo de comunicación común.



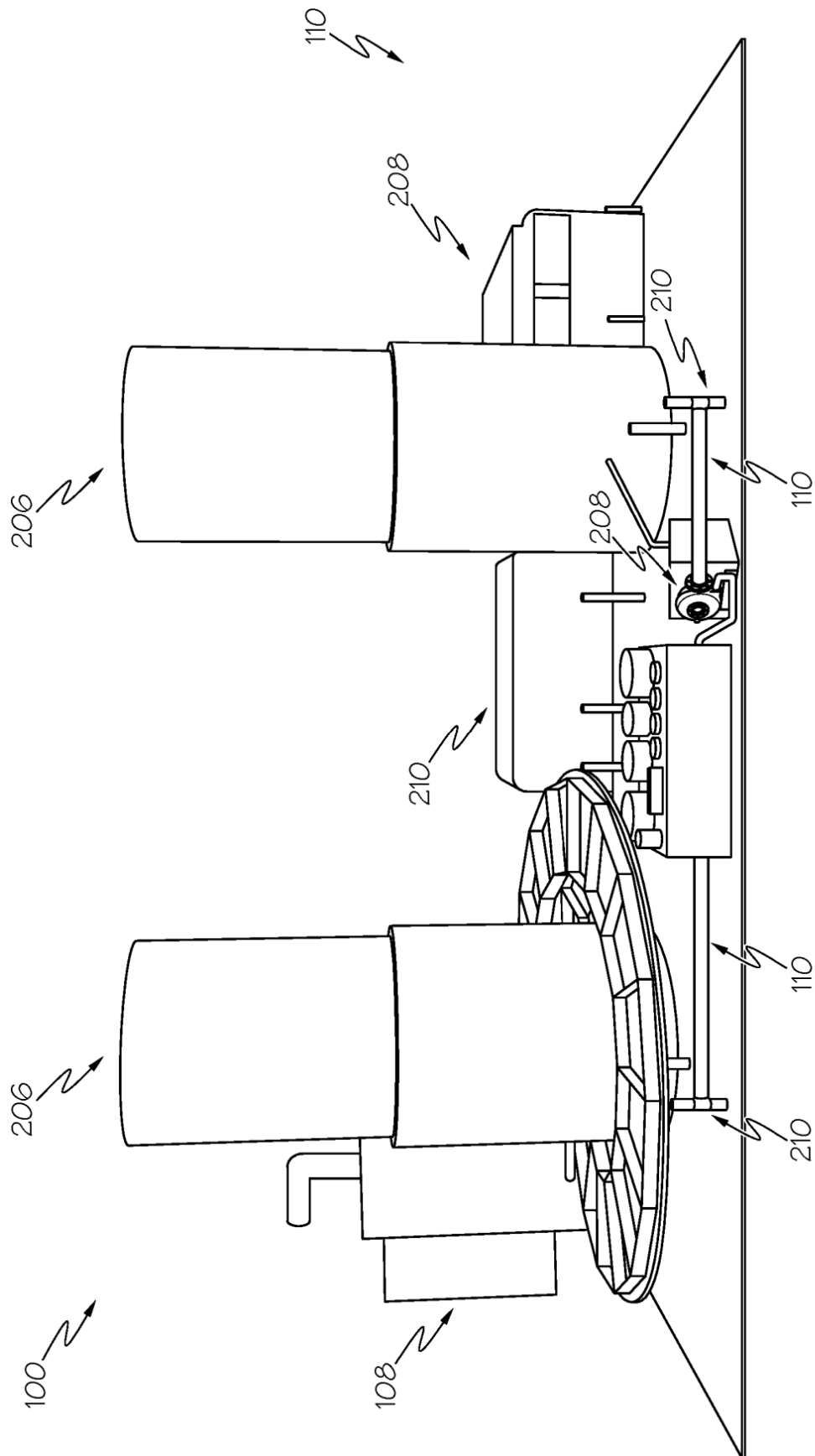


FIG. 2

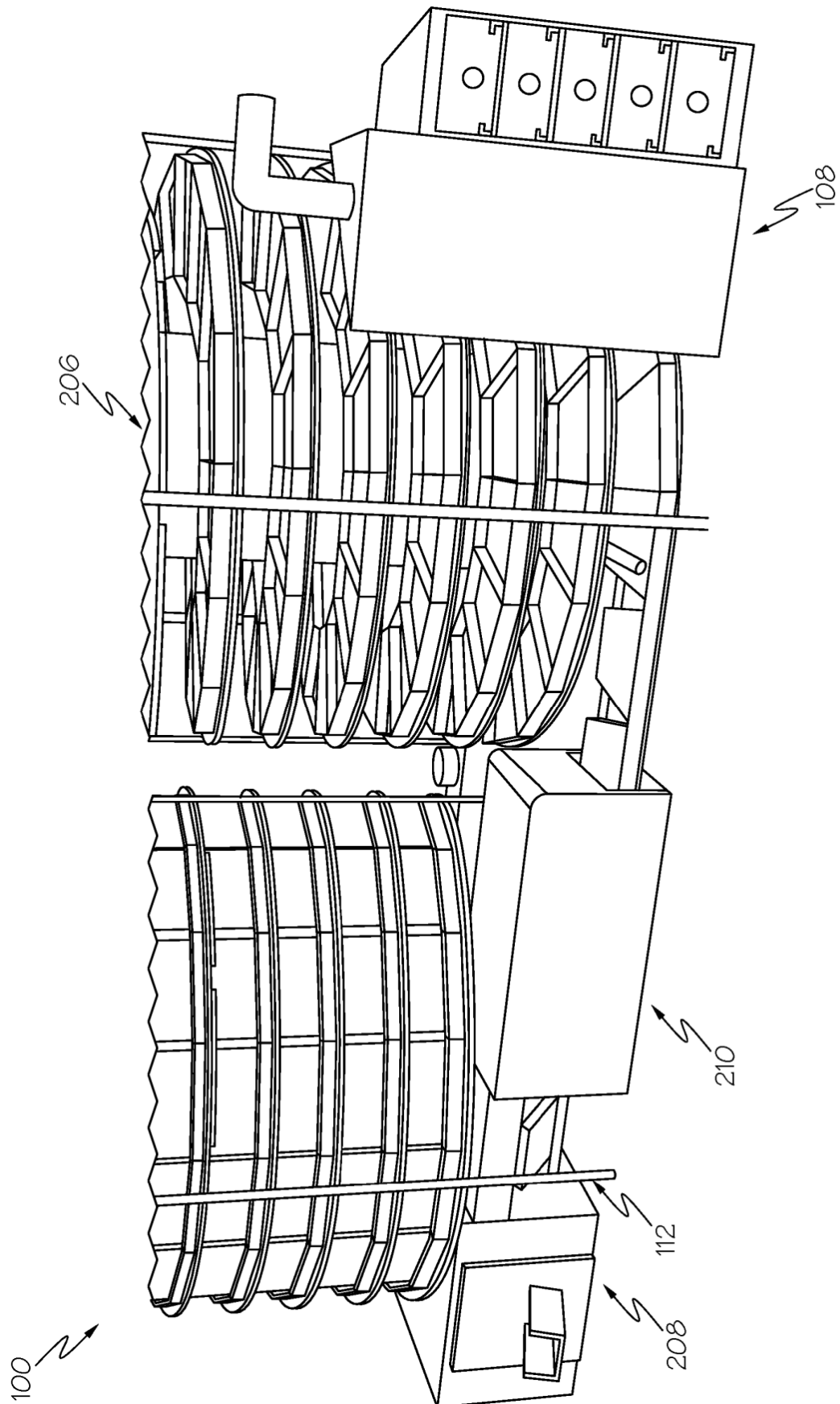
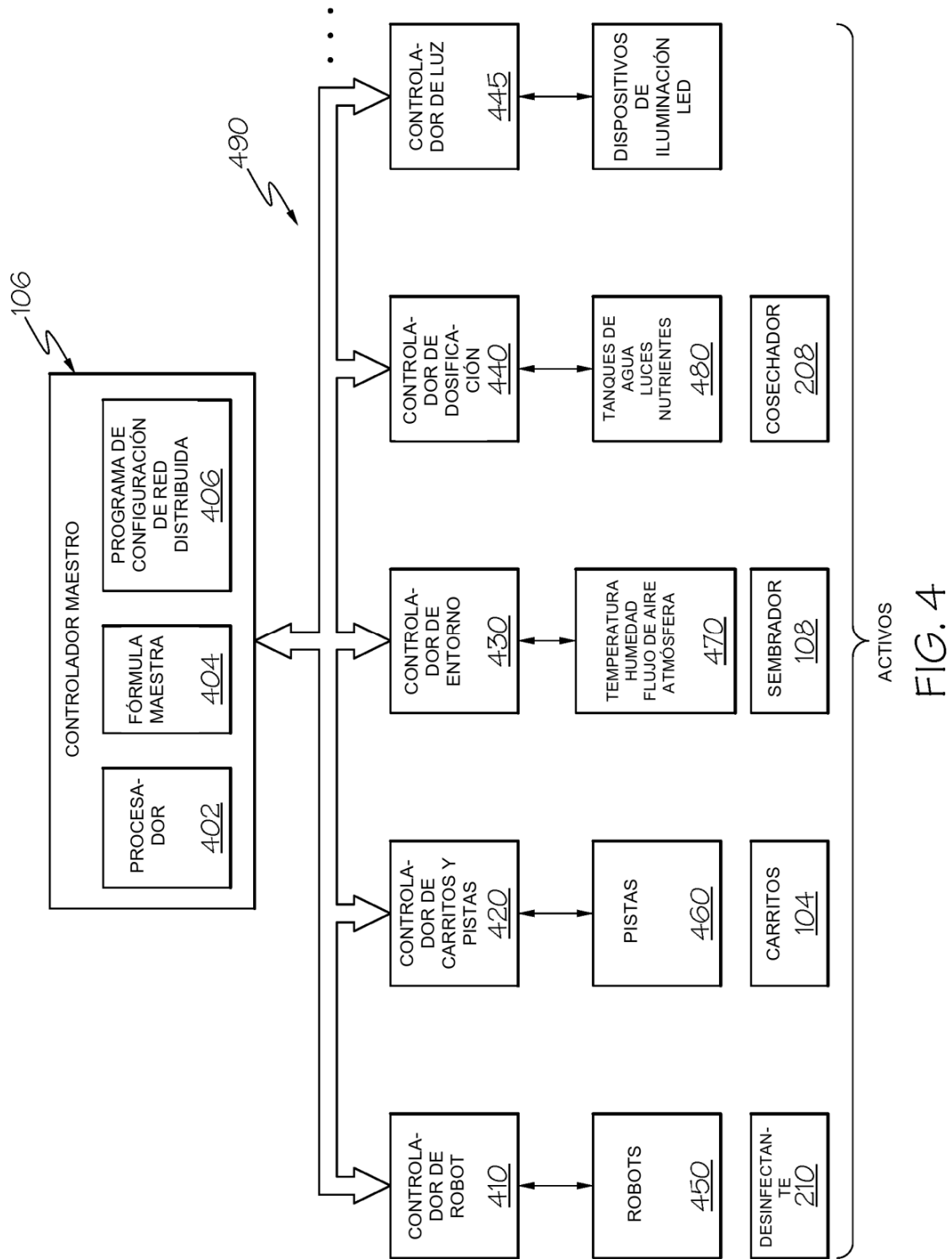


FIG. 3



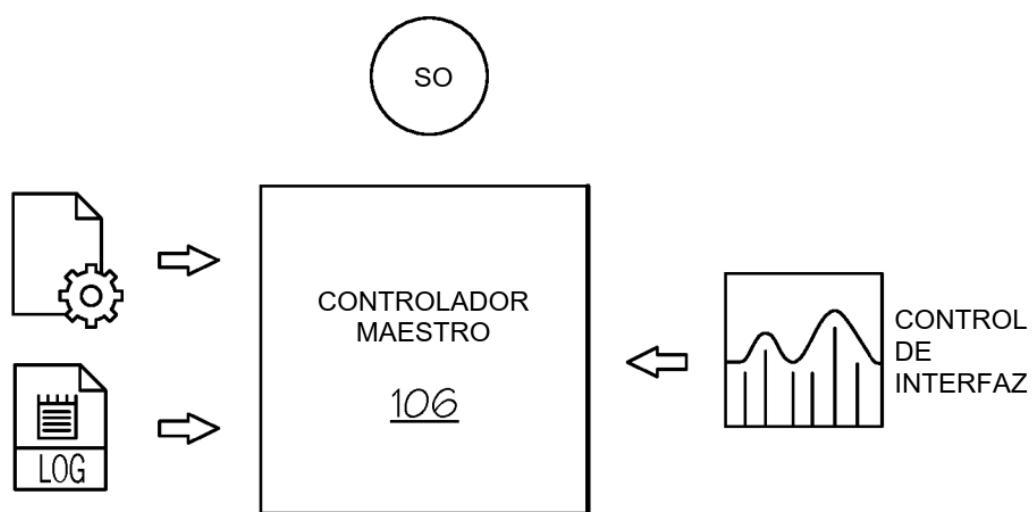


FIG. 5

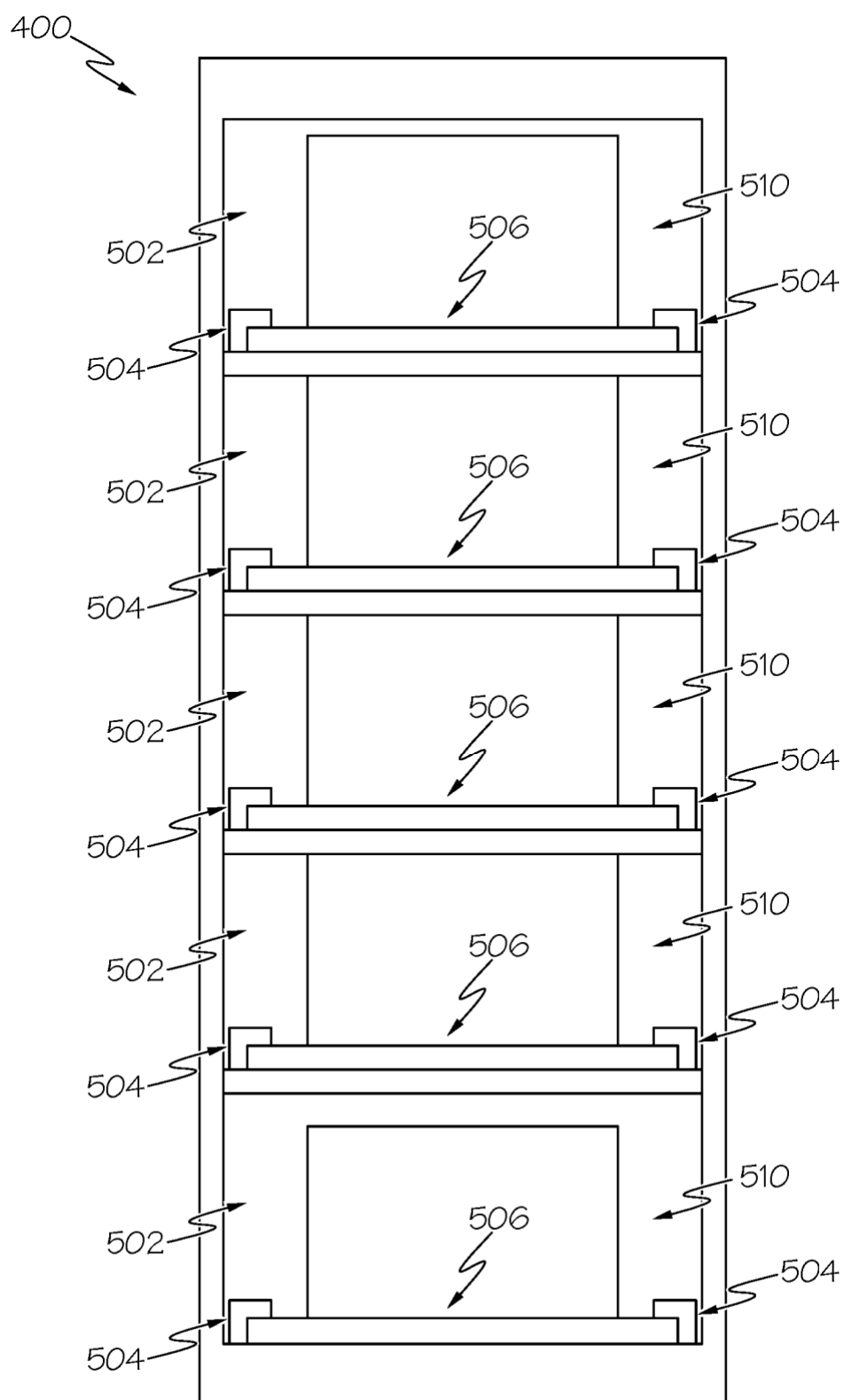


FIG. 6A

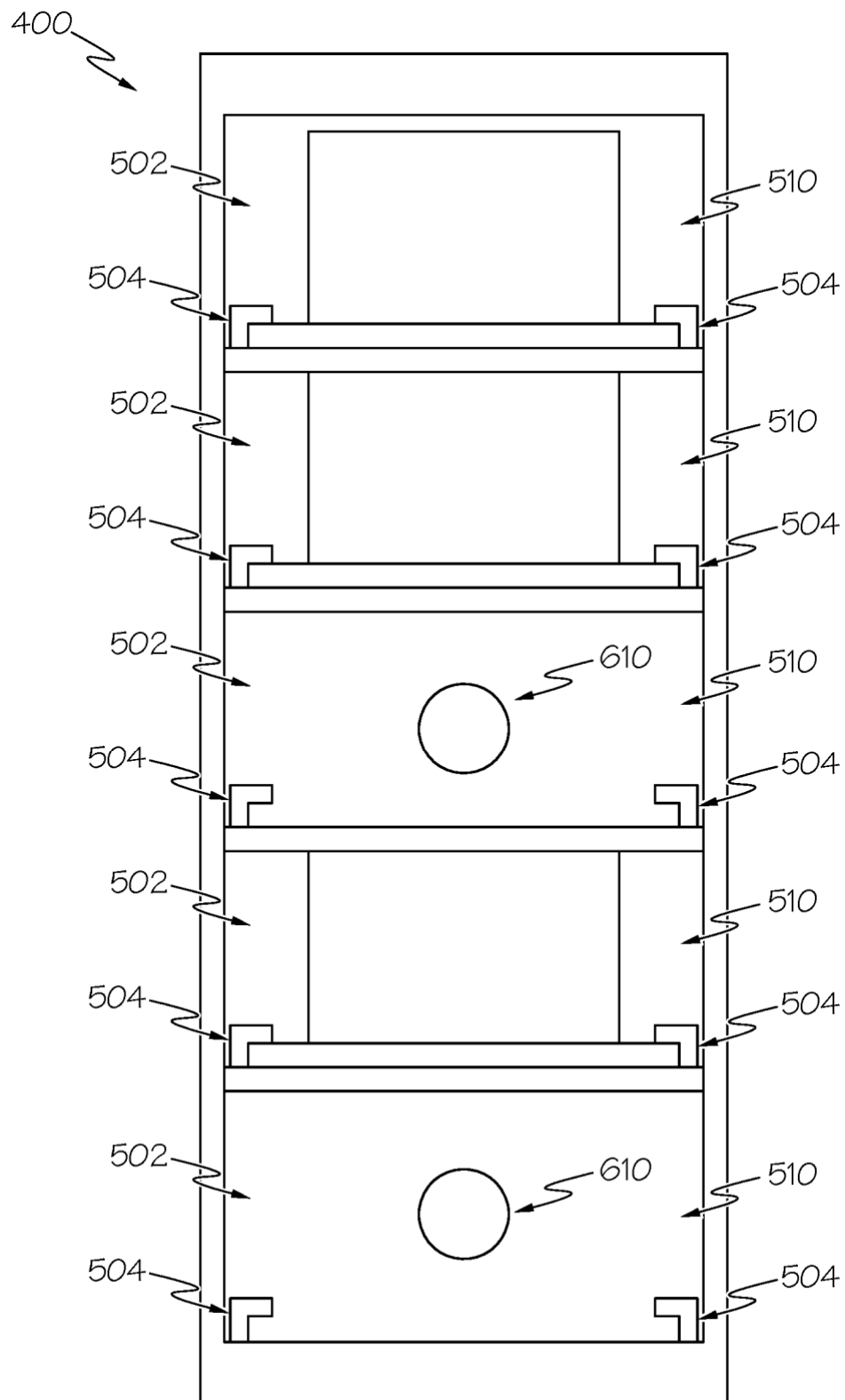


FIG. 6B

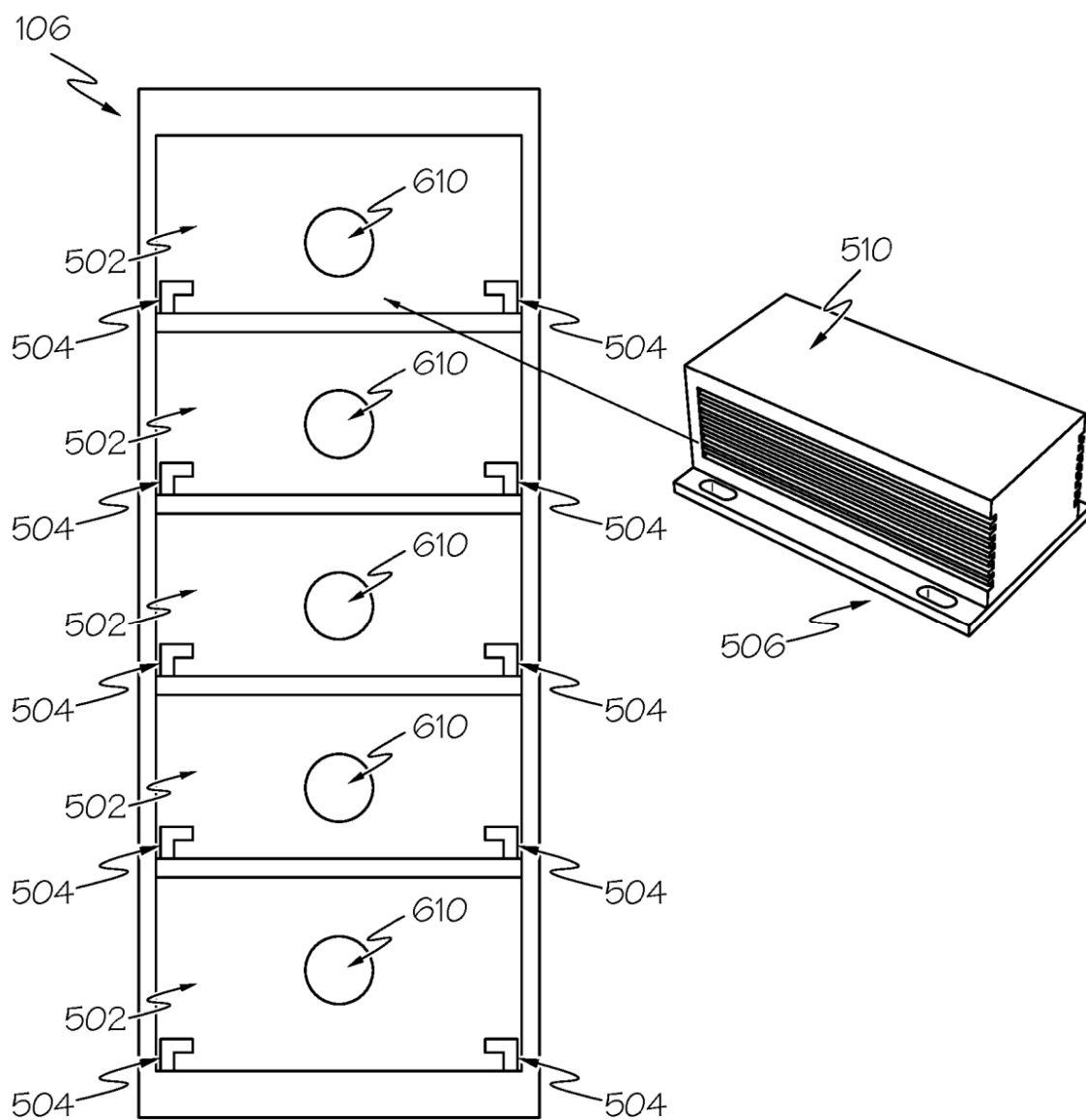


FIG. 6C

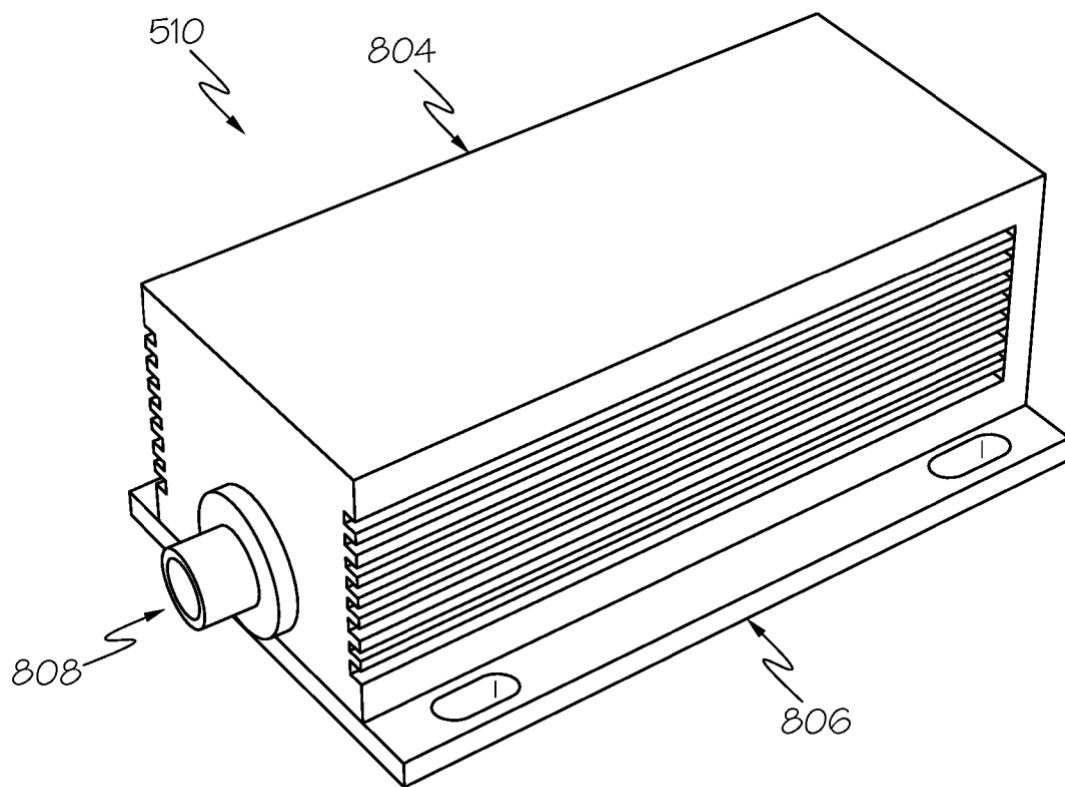


FIG. 7A

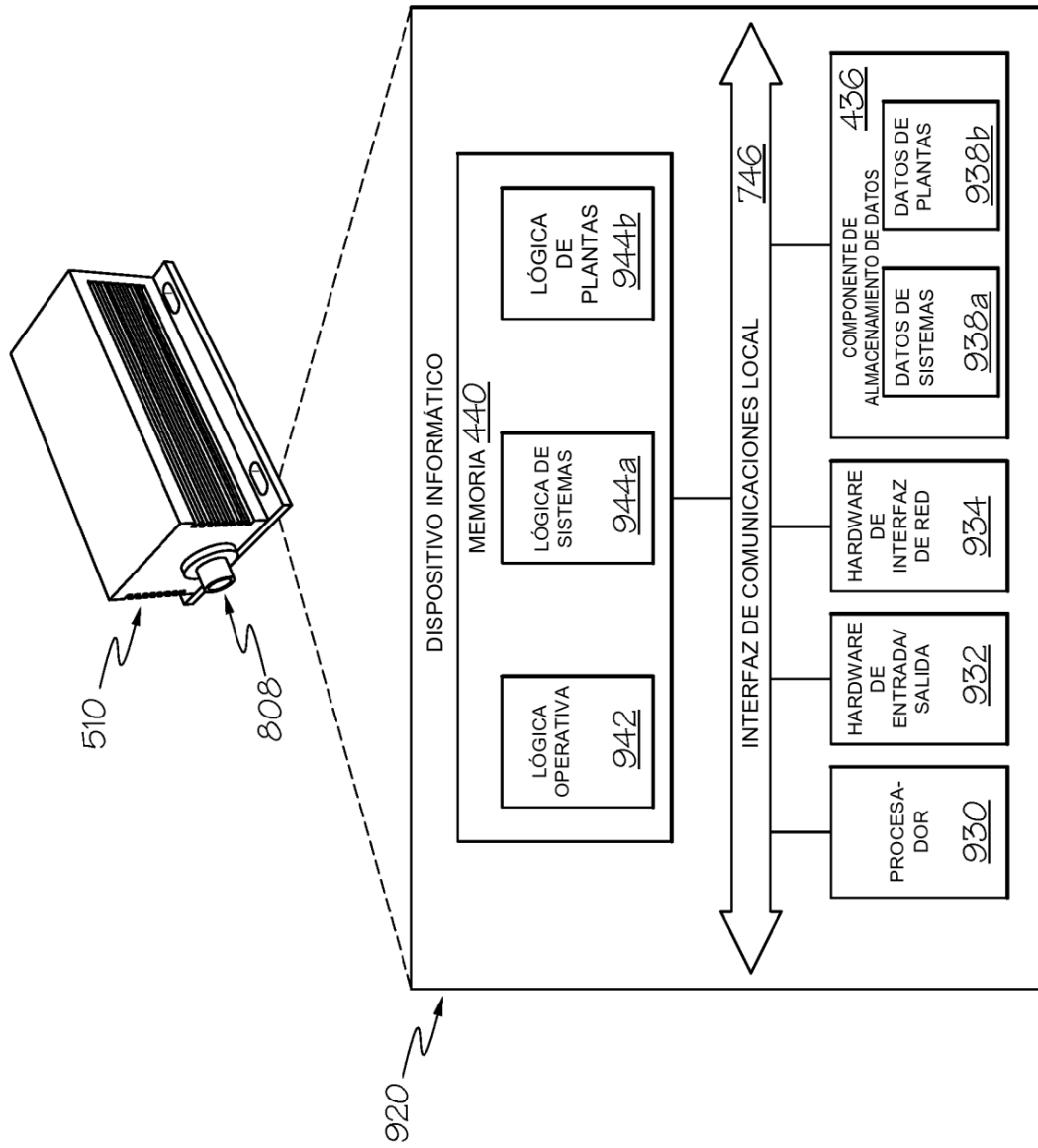


FIG. 7B

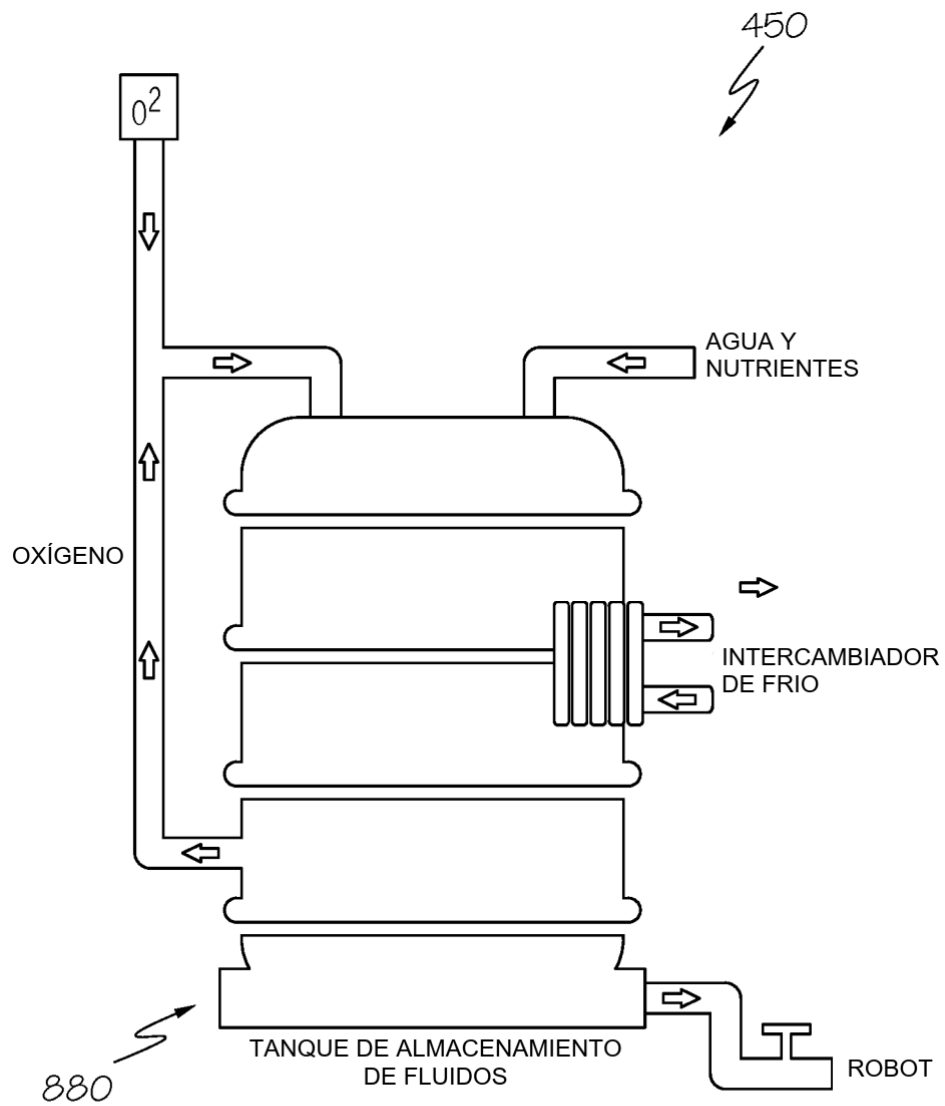


FIG. 8

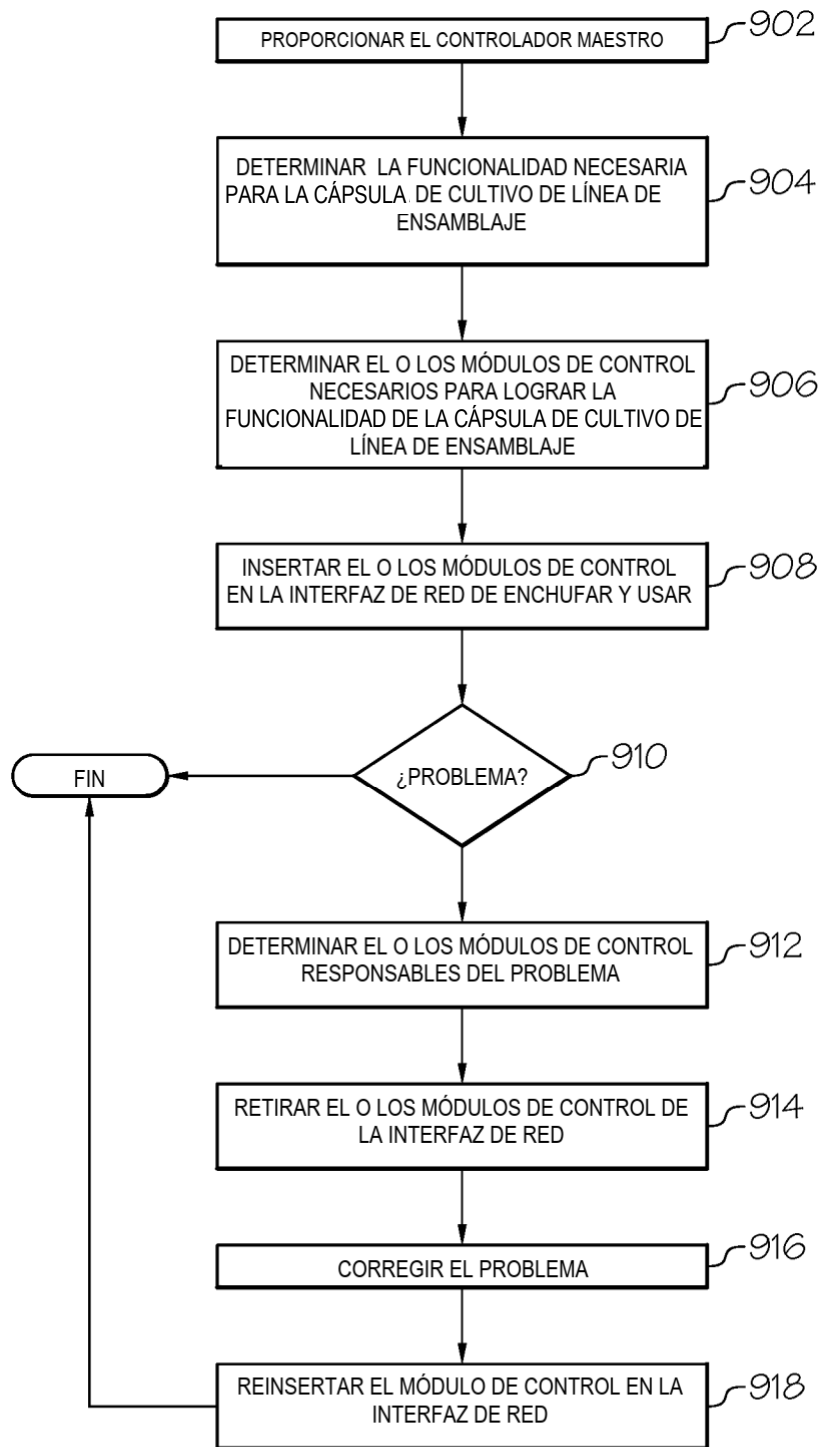


FIG. 9

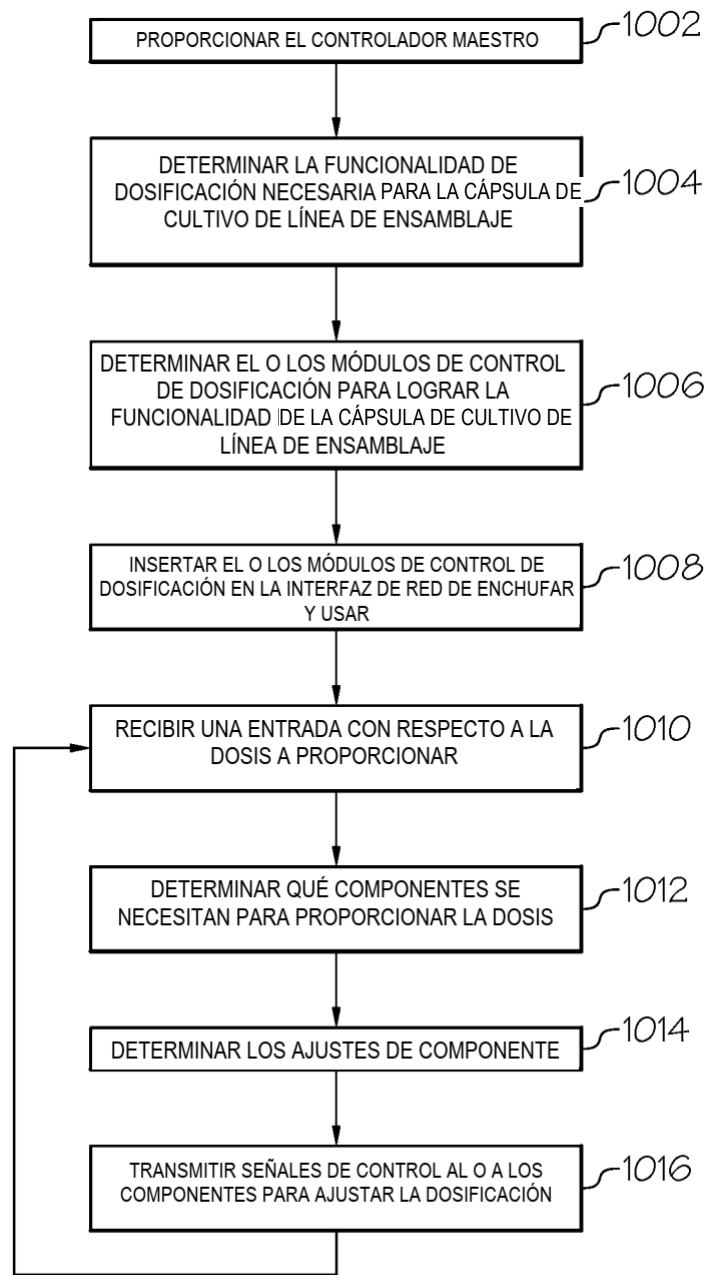


FIG. 10