

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 985 724**

51 Int. Cl.:

G05D 1/02 (2010.01)

B65G 1/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.01.2019 E 22153655 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2024 EP 4016233**

54 Título: **Un controlador y un método para dispositivos de transporte**

30 Prioridad:

10.01.2018 GB 201800408

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.11.2024

73 Titular/es:

**OCADO INNOVATION LIMITED (100.0%)
The IP Department c/o, Buildings One & Two
Trident Place, Mosquito Way
Hatfield, Hertfordshire AL10 9UL, GB**

72 Inventor/es:

**STADIE, ROBERT;
WHELAN, MATTHEW y
SIRET, GARETH**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 985 724 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

Un controlador y un método para dispositivos de transporte

5 Esta solicitud reivindica prioridad de la solicitud de patente del Reino Unido N^o. GB18004089.5 solicitada el 10 de enero de 2018.

Campo técnico

10 La presente invención se refiere en general al campo del control de dispositivos de transporte. Más específicamente, a un aparato y un método para controlar el movimiento de dispositivos de transporte en función de restricciones.

Antecedentes

15 Determinadas actividades comerciales e industriales requieren sistemas que permitan el almacenamiento y recuperación de un gran número de productos diferentes. Un sistema conocido por el almacenamiento y recuperación de artículos en múltiples líneas de productos implica organizar recipientes o contenedores de almacenamiento en filas de estantes organizados en pasillos. Cada recipiente o contenedor contiene uno o varios productos de uno o varios tipos. Los pasillos facilitan el acceso entre las filas de estanterías, de modo que los operarios o robots que circulan por
20 los pasillos pueden retirar los productos necesarios. Se apreciará, sin embargo, que la necesidad de proporcionar espacio de pasillo para acceder a los productos significa que la densidad de almacenamiento de tales sistemas es relativamente baja. En otras palabras, la cantidad de espacio realmente utilizado para el almacenamiento de productos es relativamente pequeño en comparación con la cantidad de espacio necesario para el sistema de almacenamiento en su conjunto.

25 Por ejemplo, las empresas minoristas en línea que venden múltiples líneas de productos, como las tiendas de comestibles y supermercados en línea, necesitan sistemas capaces de almacenar decenas o incluso cientos de miles de líneas de productos diferentes. Las cadenas de suministro y las operaciones de almacén de estas empresas dependen en gran medida de su capacidad para organizar, recuperar y devolver artículos a diversos contenedores.

30 En determinadas realizaciones de diversos diseños de almacenes e instalaciones de almacenamiento, los contenedores pueden apilarse unos encima de otros y las pilas pueden disponerse en filas. De este modo, se puede acceder a los contenedores desde arriba, lo que elimina la necesidad de pasillos entre las filas y permite almacenar más contenedores en un volumen o zona determinados.

35 En el documento WO-A2-2015/185628, que se incorpora en la presente memoria por referencia, se accede a los contenedores mediante uno o más medios robóticos o automatizados, que navegan a través de una cuadrícula de vías para acceder a los contenedores para una variedad de operaciones diferentes, como mover un contenedor de un lugar a otro para su manipulación, realizar operaciones sobre un contenedor, devolver un contenedor a una posición en un almacén, etc.

40 La coordinación del movimiento de uno o más medios robóticos o automatizados de otro tipo puede ser un factor importante a la hora de determinar la eficacia general y la escalabilidad de un sistema de almacenamiento y recuperación de un gran número de productos diferentes.

45 El documento US-A1-2013/302132 describe un conjunto de accionamiento móvil para transportar un soporte de inventario. El conjunto de accionamiento móvil es operable para acoplarse con el soporte de inventario, mover el soporte de inventario en una primera dirección de traslación, y mientras está acoplado con el soporte de inventario, girar selectivamente el soporte de inventario mientras continúa moviéndose en la primera dirección de traslación.

50 Sin embargo, las soluciones existentes no están "clasificadas para la seguridad", por lo que no se puede confiar en las funciones de movimiento para ninguna seguridad humana. La seguridad de las personas debe estar garantizada por la integridad de la estructura de la cuadrícula de vías. Sin embargo, no existen soluciones para limitar el movimiento robótico en función de la carga y/o la fatiga de la cuadrícula de vías.

55 Sumario

60 En vista de los problemas, el objetivo de la presente invención es proporcionar un aparato y un método para dicho sistema de movimiento robótico que limite las cargas impartidas sobre la estructura de cuadrícula de vías por los medios de movimiento robótico para evitar daños no críticos para la seguridad por exceso de cargas y/o fatiga.

En términos generales, la invención introduce un controlador que limita la carga y/o la fatiga de la cuadrícula de vías a la hora de decidir el movimiento robótico.

65 Según la presente invención se proporciona un controlador dispuesto para controlar el movimiento de una pluralidad de dispositivos de transporte. La pluralidad de dispositivos de transporte están dispuestos para transportar

5 contenedores, los contenedores se almacenan en una instalación, la instalación dispuesta para almacenar los contenedores en una pluralidad de pilas. La instalación comprende una pluralidad de vías dispuestas en celdas para formar una estructura en forma de cuadrícula sobre las pilas, donde la estructura en forma de cuadrícula se extiende en una primera dirección y en una segunda dirección, y la pluralidad de dispositivos de transporte están dispuestos para funcionar en la estructura en forma de cuadrícula. El controlador según la reivindicación 1.

La presente invención también proporciona un sistema de almacenamiento según la reivindicación 12.

10 La presente invención también proporciona un método para controlar el movimiento de una pluralidad de dispositivos de transporte. La pluralidad de dispositivos de transporte están dispuestos para transportar contenedores, los contenedores se almacenan en una instalación, la instalación dispuesta para almacenar los contenedores en una pluralidad de pilas. La instalación comprende una pluralidad de vías dispuestas en celdas para formar una estructura en forma de cuadrícula sobre las pilas, donde la estructura en forma de cuadrícula se extiende en una primera dirección y en una segunda dirección, y la pluralidad de dispositivos de transporte están dispuestos para funcionar en la estructura en forma de cuadrícula. El método según la reivindicación 14.

Breve Descripción de los Dibujos

20 Las realizaciones de la invención se describirán ahora a modo de ejemplo únicamente con referencia a los dibujos adjuntos, en los que números de referencia similares designan partes iguales o correspondientes, y en los que:

La figura 1 es un diagrama esquemático de un controlador según una primera realización de la presente invención.

25 La figura 2 es un diagrama que muestra un dispositivo de transporte y su ruta determinada hacia una diana en la cuadrícula.

La figura 3 es un diagrama que muestra un dispositivo de transporte, su ruta determinada hacia una diana y las porciones despejadas de la ruta por las que se permite viajar al dispositivo de transporte.

La figura 4 es un diagrama que muestra tres zonas de restricción situadas en la cuadrícula.

30 La figura 5 es un diagrama que muestra cuatro zonas de restricción superpuestas situadas en la cuadrícula.

La figura 6 es un diagrama que muestra un dispositivo de transporte con una ruta determinada para atravesar una zona de restricción a través de la cual el dispositivo de transporte está autorizado a atravesar.

La figura 7 es un diagrama que muestra un dispositivo de transporte al que se le deniega despeje para atravesar una zona de restricción por la que el dispositivo de transporte no está autorizado a atravesar.

35 La figura 8 es un diagrama que muestra una ruta determinada alrededor de una zona de restricción a través de la cual no se permite que atraviese el dispositivo de transporte.

La figura 9 es un diagrama que muestra una zona de restricción que comprende tres dispositivos de transporte y un cuarto dispositivo de transporte que se prepara para entrar en la zona de restricción.

40 La figura 10 es un diagrama que muestra una zona de restricción que comprende tres dispositivos de transporte que se mueven y/o aceleran en una primera dirección y un cuarto dispositivo de transporte que se prepara para moverse y/o acelerar en una primera dirección.

La figura 11 es un diagrama que muestra una zona de restricción que comprende tres dispositivos de transporte que aceleran en una primera dirección y un cuarto dispositivo de transporte que se prepara para acelerar en una primera dirección.

45 La figura 12 es un diagrama de flujo de las etapas del método realizados por el controlador según la primera realización.

La figura 13 es una vista esquemática en perspectiva de una estructura de bastidor para alojar una pluralidad de pilas de ubicaciones en un sistema de almacenamiento conocido.

La figura 14 es una vista esquemática en planta de parte de la estructura de bastidor de la figura 13.

50 Las figuras 15(a) y 15(b) son vistas esquemáticas en perspectiva, desde la parte trasera y delantera respectivamente, de una forma de dispositivo manipulador de carga para su uso con la estructura de bastidor de las figuras 13 y 14, y la figura 15(c) es una vista esquemática en perspectiva del conocido dispositivo manipulador de carga en uso levantando un recipiente.

55 La figura 16 es una vista esquemática en perspectiva de un sistema de almacenamiento conocido que comprende una pluralidad de dispositivos manipuladores de carga del tipo mostrado en las figuras 15(a), 15(b) y 15(c), instalados en la estructura de bastidor de las figuras 13 y 14, comprendiendo el sistema de almacenamiento una pluralidad de puntos de entrega o puertos de salida.

Descripción detallada de las realizaciones

60 Primera Realización

La figura 1 representa un controlador según la primera realización de la presente invención. El controlador puede ser un componente independiente.

65 El controlador puede disponerse pero no limitarse a operar en sistemas de almacenamiento y recuperación de mercancías totalmente automáticos y semiautomáticos. Varios aspectos de los que a veces pueden denominarse

sistemas de "cumplimiento de pedidos", "almacenamiento y recuperación" y/o "preparación de pedidos", pueden implementarse en una amplia variedad de tipos y formas. Una manera de facilitar el acceso a las mercancías almacenadas para su recuperación total y/o semiautomática, por ejemplo, comprende colocar las mercancías, que pueden ser del tipo o tipos que se desee, en recipientes u otros contenedores (denominados en lo sucesivo genéricamente contenedores), y apilar y/o disponer de otro modo los contenedores en estanterías o en capas verticales, de manera que se pueda acceder a los contenedores individuales mediante sistemas de recuperación de contenedores total o parcialmente automatizados. En algunas realizaciones, los sistemas pueden incluir sistemas más allá del almacenamiento y recuperación de mercancías, como sistemas en los que las mercancías se procesan, reparan, manipulan, ensamblan, clasifican, etc., y se requiere el movimiento de mercancías, productos, piezas, componentes, subcomponentes, tanto dentro de una instalación y/o hacia otras instalaciones o transportes. A efectos de la presente memoria descriptiva, se denomina "colmena" a una instalación de almacenamiento, recuperación, procesamiento y/o cumplimiento de pedidos, donde el acceso a dichas mercancías se realiza mediante recuperación total o semiautomática. La "colmena" puede comprender una disposición en forma de cuadrícula de las posibles vías para el movimiento de elementos o dispositivos robóticos ("robot" o "dispositivo de transporte") para atravesar y realizar operaciones en diversos lugares de la "colmena" (denominada "cuadrícula" o "estructura en forma de cuadrícula").

La memoria descriptiva no se limita únicamente a sistemas que tengan "colmenas", "cuadrículas" y/o "robots", sino que también pueden contemplarse sistemas que controlen y/o coordinen ampliamente el movimiento y/o las actividades de una pluralidad de dispositivos. Estos dispositivos pueden estar configurados para el transporte de diversos artículos, como mercancías y/o productos, y/o contenedores que pueden estar vacíos y/o contener dichas mercancías y/o productos. Estos dispositivos pueden participar además en el cumplimiento de los pedidos, pero también en cualquier otro tipo de actividad, como el transporte de contenedores desde y hacia los puestos de trabajo, el traslado de objetos desde los lugares de origen a los de diana, etc.

Como se ha indicado, los dispositivos pueden ser robots, y los dispositivos pueden estar configurados para moverse alrededor de una colmena, y/o comunicarse con un sistema de control para coordinar/recibir instrucciones sobre su movimiento. En algunas realizaciones, los dispositivos pueden estar configurados para comunicarse entre sí, y/o coordinar el movimiento entre ellos. Por consiguiente, los dispositivos pueden tener diversos medios de transporte, medios de comunicación, medios de alimentación, medios de procesamiento, medios de procesamiento, medios de sensores, medios de monitoreo, estaciones de trabajo a bordo, medios de almacenamiento electrónico/físico y/o medios de elevación/transporte (como un cabrestante, brazos, etc.).

Aunque los dispositivos pueden estar configurados para recibir instrucciones del sistema, puede haber situaciones en las que los dispositivos pierdan la comunicación con el sistema, tengan vías de comunicación degradadas y/o no reciban comunicaciones del sistema en un plazo de tiempo determinado. En algunas realizaciones, los dispositivos también pueden estar configurados para comunicarse entre sí, y/o detectar la presencia de otros. Estas comunicaciones y/o entradas sensoriales pueden utilizarse, por ejemplo, para obtener información sobre el entorno, proporcionar canales de comunicación redundantes, verificar instrucciones, etc. El cumplimiento de los pedidos puede incluir diversas operaciones, como por ejemplo, entre otras: ensamblar pedidos en los que se compran varios productos y se agregan para su entrega a un cliente, como en el caso de una cadena de supermercados; ensamblar productos con varios subcomponentes; realizar diversas operaciones en los productos (como soldar componentes entre sí), clasificar productos, etc. Los pedidos también pueden devolverse, por ejemplo, si se cancela un pedido, falla una entrega, etc. En algunos casos, mientras un pedido se está tramitando en la colmena, puede ser cancelado y los productos pueden tener que ser devueltos. En algunos casos, puede ser necesario volver a colocar los artículos en contenedores y trasladar los contenedores a distintos lugares. En algunos casos, una estación de trabajo puede necesitar realizar tareas para rechazar/reelaborar productos cuando un pedido es devuelto o cancelado.

Además, como se ha mencionado anteriormente, los contenedores individuales pueden estar en capas verticales, y su ubicación en la "colmena" puede indicarse utilizando coordenadas en tres dimensiones para representar la posición del robot o de un contenedor y la profundidad del contenedor (por ejemplo, contenedor en (X, Y, Z), profundidad W). En algunas realizaciones, las ubicaciones en la "colmena" pueden indicarse en dos dimensiones para representar la posición del robot o de un contenedor y una profundidad del contenedor (por ejemplo, contenedor en (X, Y), profundidad Z).

La propia "colmena" puede ser un entorno "dinámico", en el sentido de que los robots y las ubicaciones de las estaciones de trabajo pueden asociarse a diferentes partes de la colmena para realizar acciones. Por ejemplo, los robots pueden necesitar acceder a un contenedor específico en una ubicación específica en las dimensiones de la colmena (por ejemplo, un contenedor en (X, Y, Z), profundidad W) para cumplir con un pedido en particular o para almacenar un producto en la "colmena". Esto implica movimientos de los robots a lo largo de varios caminos posibles, por ejemplo, a lo largo de la parte superior de la cuadrícula, y luego acceder a contenedores particulares en profundidades seleccionadas de una pila.

El acceso a determinados contenedores a determinadas profundidades de una pila puede requerir el movimiento de contenedores que, de otro modo, podrían obstruir la capacidad de acceso a un contenedor concreto (por ejemplo, cuando los contenedores están apilados, primero hay que mover varios contenedores para poder acceder a un contenedor que no está en un extremo accesible de la pila). En algunas realizaciones, puede ser ventajoso tener el

sistema configurado para proporcionar la evaluación y optimización de una nueva posición para cada contenedor que tiene que ser retirado para acceder a un contenedor diana.

5 Los contenedores que se desplazan fuera de una pila no vuelven a su posición original, sino que se colocan en posiciones optimizadas. Una de las ventajas potenciales es la posibilidad de modificar la distribución de los contenedores para que estén situados en lugares de más fácil acceso o más convenientes.

10 Esto puede ayudar a mantener una distribución óptima de los contenedores dentro de la instalación, por ejemplo, inclinando los contenedores que se espera que tengan una mayor demanda en ubicaciones más fácilmente accesibles, como ubicaciones cercanas o dentro de las estaciones de trabajo, para reducir la distancia de desplazamiento.

15 Los robots pueden tener diversas formas, tamaños y configuraciones, y pueden disponer de diversos medios de comunicación, sensores y herramientas. En algunas realizaciones, cada robot puede ser capaz de comunicarse con el sistema de control a través de un conjunto de canales de frecuencia establecidos a través de un conjunto de estaciones base y controladores de estación base. Los robots pueden utilizar varias herramientas para mover y obtener contenedores de una pila, incluyendo, por ejemplo, un cabrestante para transportar un contenedor. La cuadrícula no se limita a elementos de cuadrícula rectangulares y puede comprender vías curvas, vías hacia arriba y hacia abajo, etc. Las vías de la cuadrícula pueden tener intersecciones y pueden ser accesibles para más de un robot

20 Cada cuadrícula puede segmentarse, física o lógicamente, en una o varias subcuadrículas. La cuadrícula puede comprender una o varias estaciones de trabajo. Las estaciones de trabajo pueden ser manuales, semiautomáticas o totalmente automatizadas, y pueden consistir en ubicaciones o zonas en las que se realizan operaciones dentro de la colmena, o en las que se realizan operaciones en relación con la colmena, los contenedores o los productos, como mover productos dentro o fuera de la colmena, fabricar productos, ensamblar productos, procesar productos para obtener sus componentes, proporcionar ubicaciones de parada para apoyar otras etapas u operaciones, etc.

30 Las estaciones de trabajo pueden incluir, por ejemplo, ubicaciones en las que los artículos se trasladan desde los transportistas de entrada, ubicaciones en las que los productos se someten a diversas operaciones (por ejemplo montaje de componentes, pintura, clasificación, embalaje, desmontaje, reelaboración de productos, reparación de embalajes, sustitución de productos en pedidos cancelados, rechazo de productos devueltos, eliminación de productos), traslado de productos a transportistas de salida, ubicaciones con capacidad de refrigeración, ubicaciones en las que se ensamblan componentes u objetos, ubicaciones utilizadas para la puesta en escena o la recogida previa de productos, ubicaciones en las que se reparan y mantienen robots, ubicaciones en las que se cargan robots, ubicaciones en las que los trabajadores "seleccionan" productos para introducirlos en contenedores, ubicaciones en las que los trabajadores "seleccionan" productos para sacarlos de contenedores en cumplimiento de pedidos, se introducen bolsas en contenedores, etc.

40 Cuando se devuelven artículos/productos a la colmena, el sistema puede apoyar y/o controlar el método de devolución del producto, reelaboración del producto y/o eliminación del producto en caso de rechazo. El escenario puede, en algunas realizaciones, implicar el procesamiento del contenedor devuelto (que puede ser un contenedor de entrega u otro objeto también) en una estación de trabajo para determinar si puede ser aceptado de nuevo en el sistema, si necesita ser reelaborado / reenvasado, y/o si en su lugar el producto debe ser eliminado (por ejemplo, un producto perecedero ha caducado).

45 Las estaciones de trabajo pueden tener uno o más trabajadores o robots presentes para realizar diversas tareas, como la selección de artículos para el cumplimiento de los pedidos.

50 En algunas realizaciones, las estaciones de trabajo también pueden ser estaciones con transportadores, refrigeradores, diversas tecnologías de herramientas y/u otras tecnologías para manipular, pintar, sujetar, reparar, congelar, calentar, exponer a productos químicos, refrigerar, filtrar, montar, desmontar, clasificar, empaquetar, escanear, probar, transportar, almacenar o procesar mercancías, contenedores, etc.

55 Las estaciones de trabajo pueden tener sus propias vías dentro de la instalación, compartir vías con la instalación, etc. Los puestos de trabajo también pueden tener varias vías de entrada y salida u otros tipos de puntos de entrada/salida dentro de la instalación.

60 En algunas realizaciones, las estaciones de trabajo se comunican con uno o más sistemas de gestión de almacenes para proporcionar información y datos relacionados con el estado de la estación de trabajo, el flujo de trabajo, los contenedores necesarios, los problemas, el estado de los productos retenidos o manipulados de otro modo (por ejemplo, los subcomponentes que se ensamblan juntos), etc.

65 Con referencia específica a las características de la primera realización. El controlador está dispuesto para controlar los dispositivos de transporte que están dispuestos para transportar contenedores. Con referencia a la figura 1, el controlador 100 comprende un conjunto de determinación de ruta 101, un conjunto de despeje 102, un conjunto de determinación de zona de restricción 103 y un conjunto de cálculo 104.

El conjunto de determinación de ruta 101 está preparado para determinar una ruta desde una ubicación en la cuadrícula a otra ubicación en la cuadrícula para cada dispositivo de transporte. Más específicamente, un dispositivo de transporte puede partir de una ubicación de origen y tener que atravesar la cuadrícula hasta una ubicación diana. A este respecto, el conjunto de determinación de ruta 101 puede determinar la ruta necesaria para atravesar la cuadrícula basándose en cualquier número de factores, como la ubicación de otros dispositivos de transporte, las rutas determinadas para otros dispositivos de transporte y otros factores externos al dispositivo de transporte, así como factores internos al dispositivo de transporte, como el nivel de carga de la batería, el perfil de aceleración, el perfil de desaceleración, así como la distancia más corta entre el origen y la diana a través de la cuadrícula.

El conjunto de despeje 102 está preparado para proporcionar despeje para que cada dispositivo de transporte atraviese una porción de la ruta determinada. Debido a la imprecisión de las mediciones de cada dispositivo de transporte, por ejemplo, debido a los diferentes perfiles de aceleración entre los dispositivos de transporte o las diferentes velocidades de los dispositivos de transporte y otros errores, como la pérdida de comunicación y el fallo del dispositivo de transporte, la posición exacta de cada dispositivo de transporte no se conoce en un momento dado. Por lo tanto, es necesario tener en cuenta estas mediciones imprecisas. Por esta razón, se utiliza un conjunto de despeje 102 para despejar una parte de una ruta determinada para el dispositivo de transporte, de modo que el dispositivo de transporte sólo atraviese una porción de la ruta cada vez. Por ejemplo, para una sección recta de una ruta determinada de diez celdas de cuadrícula de longitud, el conjunto de despeje puede estar dispuesto para autorizar al dispositivo de transporte a atravesar sólo tres de las celdas de cuadrícula a la vez determinando, basándose en la cantidad de tiempo que el dispositivo de transporte necesitará para atravesar tres celdas de cuadrícula, si las tres celdas de cuadrícula siguientes están despejadas para atravesarlas y permitir así que el dispositivo de transporte continúe. Por ejemplo, el despeje puede determinarse en función de si se espera que otros dispositivos de transporte entren en conflicto en las mismas celdas de la cuadrícula al mismo tiempo. Como se apreciará, el despeje se produce de tal manera que a medida que cada celda de la cuadrícula es atravesada con éxito por el dispositivo de transporte, la siguiente celda de la cuadrícula de la sección despejada es despejada para ser atravesada por el dispositivo de transporte. En otro ejemplo, cuando el dispositivo de transporte debe realizar un cambio de dirección, el dispositivo de transporte puede despejarse hasta la esquina en la que el dispositivo de transporte debe realizar el cambio de dirección. De este modo, porciones de la ruta determinada son despejadas, porción por porción, para ser recorridas por el dispositivo de transporte.

En una realización preferida, los presentes inventores han encontrado una manera preferida de tener en cuenta en su mayor parte el error compuesto, aunque se necesita un conjunto de despeje 102 para proporcionar despeje para que un dispositivo de transporte atraviese una porción de la ruta determinada. En particular, un dispositivo de transporte que se desplaza desde un origen hasta una diana en la cuadrícula realiza este movimiento con uno o más tramos. En otras palabras, la ruta determinada se divide en uno o más tramos, cada uno de los cuales tiene su error compuesto reiniciado al comienzo de cada tramo. Cada tramo es una travesía en una primera dirección constante (por ejemplo, en una dirección X constante) o en una segunda dirección constante (por ejemplo, en una dirección Y constante). El controlador 100 está dispuesto para permitir una tolerancia suficiente en cada tramo para permitir la variación estadística no errónea en el rendimiento del dispositivo de transporte sobre la población de dispositivos de transporte; en términos de traslación de primera/segunda dirección; cambio de rueda; y variación del reloj interno; así como retrasos potenciales de transmisión de comandos del dispositivo de transporte a los dispositivos de transporte y mensajes de estado de los dispositivos de transporte. De este modo, la ruta determinada proporciona una tolerancia de tiempo suficiente para permitir que los dispositivos de transporte (no erróneos) que lleguen tarde al final de un tramo inicien el siguiente tramo a la hora prevista, subsanando así el error acumulado. Si el dispositivo de transporte llega al final de un tramo antes de tiempo, simplemente espera hasta la hora de inicio nominal del siguiente tramo antes de iniciarlo.

El conjunto de determinación de zona de restricción 103 está dispuesto para determinar una pluralidad de zonas de restricción basadas en la cuadrícula. En particular, el conjunto de determinación de zona de restricción 103 puede estar dispuesto para determinar zonas de restricción como porciones de toda la cuadrícula, o de toda la cuadrícula misma. El conjunto de determinación de restricciones 103 puede estar dispuesto para determinar zonas como un número predeterminado de celdas de cuadrícula en una primera dirección y un segundo número predeterminado de celdas de cuadrícula en una segunda dirección, por ejemplo, diez celdas de cuadrícula en una primera dirección y cinco celdas de cuadrícula en una segunda dirección. Del mismo modo, si la cuadrícula tuviera 20 celdas en una primera dirección y 20 celdas en una segunda dirección, el conjunto de determinación de restricciones 103 podría determinar una zona de restricciones con 20 celdas en la primera dirección y 20 celdas en la segunda dirección, abarcando así toda la cuadrícula.

La pluralidad de zonas de restricción puede estar dispuesta para solaparse con al menos otra zona de restricción. Además, la zona de restricción determinada puede basarse en un análisis estructural y/o en un análisis de fatiga de la cuadrícula para identificar las zonas de la cuadrícula más susceptibles de fallo estructural/por fatiga en caso de sobrecarga. Del mismo modo, las zonas de restricción pueden determinarse en su lugar/adicionalmente basándose en un análisis estructural y/o un análisis de fatiga de cualquier entreplanta o periférico asociado a la cuadrícula. Por ejemplo, la cuadrícula puede tener varios niveles que presten servicios o apoyo a la cuadrícula. Del mismo modo, la cuadrícula puede comprender además periféricos que, por ejemplo, permitan a los dispositivos de transporte recuperar contenedores de ubicaciones fuera de la cuadrícula y/o depositar contenedores para ubicaciones fuera de la

cuadrícula. Los periféricos pueden estar dispuestos para retirar/depositar contenedores desde/hacia la cuadrícula.

5 De este modo, mediante el uso de zonas de restricción, se identifican las secciones de la cuadrícula susceptibles de sufrir exceso de carga y/o fatiga. Más específicamente, en la determinación de las zonas de restricción pueden tenerse en cuenta la carga estática, la carga dinámica y/o la carga cortante.

10 El conjunto de cálculo 104 está dispuesto para calcular un límite de restricción en cada zona de restricción. En un ejemplo no limitativo, el conjunto de cálculo 104 está dispuesto para calcular el límite de restricción como el número de dispositivos de transporte en una zona de restricción. Por ejemplo, el conjunto de cálculo 104 calcula el número de dispositivos de transporte situados actualmente en una zona de restricción concreta. En otro ejemplo no limitativo, el conjunto de cálculo 104 puede estar dispuesto para calcular el número de dispositivos de transporte que se mueven y/o aceleran en una primera o segunda dirección en una zona de restricción concreta. Alternativa o adicionalmente, el conjunto de cálculo 104 puede estar dispuesto para calcular una fuerza esperada que actúa sobre una zona de restricción basada en el número de dispositivos de transporte que aceleran o desaceleran en una primera o segunda dirección en una zona de restricción particular.

Basándose en el límite de restricción calculado por el conjunto de cálculo 104, al menos uno de los conjuntos de despeje y/o de determinación de ruta está dispuesto para realizar una acción adicional.

20 En particular, en una realización no limitante, el conjunto de despeje está dispuesto además para conceder o denegar despeje a un dispositivo de transporte para atravesar una porción de la ruta determinada basándose en el límite de restricción calculado en la zona de restricción particular. Más específicamente, como se ha explicado anteriormente, el conjunto de despeje está dispuesto para proporcionar despeje a un dispositivo de transporte. No obstante, en función del límite de restricción en la zona de restricción concreta, el conjunto de despeje puede conceder o denegar el despeje. Por ejemplo, para un dispositivo de transporte con una ruta determinada a través de una zona de restricción particular, si se determina que el límite de restricción para esa zona de restricción particular es mayor o igual que un umbral predeterminado, entonces el conjunto de despeje puede estar dispuesto para denegar el despeje para que el dispositivo de transporte atraviese la zona de restricción particular. De este modo, se impide que el dispositivo de transporte entre en una zona de restricción cuyo límite de restricción -relacionado con la carga y/o la fatiga de la zona de restricción- sea superior o igual a un umbral predeterminado. Cuando la zona de restricción es inferior al umbral predeterminado, el conjunto de despeje puede estar dispuesto para conceder despeje, en el momento adecuado, para que el dispositivo de transporte atraviese la zona de restricción. De este modo, el dispositivo de transporte puede atravesar la zona de restricción porque la zona de restricción no está cargada hasta/por encima de su capacidad máxima. Los presentes inventores prevén que no es necesario conceder/denegar el despeje en el borde de una zona de restricción. En su lugar, se puede retener o conceder el despeje antes de que el dispositivo de transporte llegue a la zona de restricción. Por ejemplo, si la siguiente celda de la cuadrícula que debe despejarse para el dispositivo de transporte se encuentra dentro de la zona de restricción, pero el propio dispositivo de transporte aún se encuentra a un número de celdas de la cuadrícula de la zona de restricción, el conjunto de despeje puede denegar el despeje si el límite de restricción es mayor o igual que un umbral predeterminado.

40 En otra realización no limitante, el conjunto de determinación de ruta 101 está dispuesto además para determinar una ruta para un dispositivo de transporte desde una ubicación a otra ubicación atravesando o no atravesando una zona de restricción particular basada en el límite de restricción calculado en la zona de restricción particular. Más específicamente, como se ha explicado anteriormente, el conjunto de determinación de ruta 101 está dispuesto para determinar una ruta desde un origen hasta una diana en la cuadrícula. Sin embargo, cuando el límite de restricción es, por ejemplo, mayor o igual que un umbral predeterminado, el conjunto de determinación de ruta puede estar dispuesto para determinar una ruta que no atraviese la zona de restricción con el exceso de límite de restricción. Por otra parte, cuando el límite de restricción para una zona de restricción particular es menor que el umbral predeterminado, el conjunto de determinación de ruta 101 puede estar dispuesto para determinar una ruta que atraviese la zona de restricción particular o permitir que el dispositivo de transporte continúe a lo largo de la ruta ya determinada. De este modo, se puede determinar que las rutas no atraviesen una zona de restricción concreta porque la zona de restricción está cargada hasta/por encima de su capacidad máxima.

55 La figura 2 muestra un dispositivo de transporte situado en un origen 201 de la cuadrícula y que se desplaza hasta una diana 202. La diana 202 se representa con un sombreado de abajo a la izquierda y de arriba a la derecha. Como se ha descrito anteriormente, el conjunto de determinación de ruta 101 está dispuesto para determinar una ruta desde el origen 201 hasta la diana 202. Como se muestra en la figura 2, el conjunto de determinación de ruta 101 ha determinado una ruta 203. La ruta 203 se representa con sombreado de arriba a la izquierda y de abajo a la derecha. Al determinar la ruta 203, el conjunto de determinación de ruta 101 puede tener en cuenta muchos factores, por ejemplo, la distancia más corta entre el origen 201 y la diana 202, los movimientos de otros dispositivos de transporte, el número de cambios de dirección necesarios y los límites de restricción en determinadas zonas de restricción.

65 Aunque el conjunto de determinación de ruta 101 planifica una ruta 203, debido a las incertidumbres en la posición exacta de cada dispositivo de transporte y a las variaciones en la aceleración, desaceleración y velocidades constantes de cada dispositivo de transporte, es posible que cada dispositivo de transporte no pueda seguir simplemente su ruta 203 determinada sin riesgo de conflicto entre dos dispositivos de transporte. A tal fin, el conjunto de despeje 102 está

dispuesto para despejar sólo una porción de la ruta determinada 203, garantizando así que un número predeterminado de cuadrículas por delante del movimiento actual de los dispositivos de transporte esté libre de cualquier otro dispositivo de transporte (basándose en la información más reciente sobre la ubicación de los dispositivos de transporte). De este modo, se evita el riesgo de colisión del dispositivo de transporte.

5 El despeje se realiza normalmente, por ejemplo, en una sección recta de la ruta 203 determinada para el número mínimo de celdas de la cuadrícula necesarias para que el dispositivo de transporte se detenga sin riesgo de colisión. Por ejemplo, si el dispositivo de transporte se desplaza a una velocidad que requiere dos celdas de la cuadrícula para detenerse completamente, el conjunto de despeje 102 está dispuesto para despejar dos celdas delante del dispositivo
10 de transporte actual de forma que, cuando sea necesario, el dispositivo de transporte pueda detenerse sin riesgo de colisión. En otro ejemplo, si el dispositivo de transporte se desplaza a una velocidad que requiere 2,5 celdas de cuadrícula para detenerse, el conjunto de despeje 102 despeja 3 celdas de cuadrícula delante del dispositivo de transporte para garantizar que el dispositivo de transporte pueda detenerse completamente dentro de una celda de cuadrícula, asegurando así que un dispositivo de transporte no se solape con otras celdas de cuadrícula una vez que
15 se haya detenido.

Además, como se muestra en la figura 3, cuando se requiere un cambio de dirección del dispositivo de transporte a una distancia predeterminada delante del dispositivo de transporte, el conjunto de despeje 102 está dispuesto para despejar la ruta determinada 203 hasta la esquina en la que se produce el cambio de dirección. En el ejemplo de la
20 figura 3, la porción despejada 204 de la ruta 203 se muestra con líneas sombreadas cruzadas.

La figura 4 muestra un ejemplo de una pluralidad de zonas de restricción determinadas por el conjunto de determinación de zona de restricción 103. En este ejemplo, una primera zona de restricción 401 está formada por dos celdas de cuadrícula en una primera dirección y dos celdas de cuadrícula en una segunda dirección. Una segunda
25 zona de restricción 402 está formada por tres celdas de cuadrícula en una primera dirección y dos celdas de cuadrícula en una segunda dirección. Como se apreciará, la primera y segunda zonas de restricción pueden estar formadas por cualquier número de celdas de cuadrícula en una primera dirección y cualquier número de celdas de cuadrícula en una segunda dirección. En este ejemplo, las zonas de restricción primera y segunda no se solapan. En un ejemplo, basado en un análisis estructural de la cuadrícula, la primera zona de restricción 401 y la segunda zona de restricción
30 402 pueden determinarse para tener la forma y la ubicación asignadas a ellas para limitar, por ejemplo, la fuerza de corte en la cuadrícula en sus ubicaciones particulares. Alternativa o adicionalmente, las zonas de restricción pueden determinarse basándose en un análisis de fatiga de la cuadrícula. Una tercera zona de restricción 401 está dispuesta para cubrir toda la cuadrícula y solaparse así con las zonas de restricción primera y segunda. De este modo, se puede estimar una medida de la fuerza de corte total que actúa sobre la cuadrícula y limitarla garantizando que los dispositivos
35 de transporte no tengan despeje para moverse o no planificando rutas en lugares concretos.

Del mismo modo, las zonas de restricción pueden determinarse en su lugar/adicionalmente basándose en un análisis estructural y/o un análisis de fatiga de cualquier entreplanta o periférico asociado a la cuadrícula. Por ejemplo, la cuadrícula puede tener varios niveles que presten servicios o apoyo a la cuadrícula. Del mismo modo, la cuadrícula
40 puede comprender además periféricos que, por ejemplo, permitan a los dispositivos de transporte recuperar contenedores de ubicaciones fuera de la cuadrícula y/o depositar contenedores para ubicaciones fuera de la cuadrícula. Los periféricos pueden estar dispuestos para retirar/depositar contenedores desde/hacia la cuadrícula.

La figura 5 muestra otro ejemplo de zonas de restricción determinadas por el conjunto de determinación de zona de restricción 103. En este ejemplo, se determinan cuatro zonas de restricción de igual tamaño en las que cada zona de restricción se solapa con al menos otra zona de restricción. Más específicamente, se determina una primera zona de restricción 501 que se extiende 3 celdas de cuadrícula en una primera dirección y 3 celdas de cuadrícula en una
45 segunda dirección. Una segunda zona de restricción 502 se solapa con la primera zona de restricción 501 y está formada de forma similar por 3 celdas de cuadrícula que se extienden en una primera dirección y 3 celdas de cuadrícula que se extienden en una segunda dirección. Una tercera zona de restricción 503 es del mismo tamaño que la primera zona de restricción 501 y la segunda zona de restricción 502 y se solapa con la primera zona de restricción 501 y la
50 segunda zona de restricción 502. Una cuarta zona de restricción 504 se solapa con cada una de la primera zona de restricción 501, la segunda zona de restricción 502 y la tercera zona de restricción 503 y se extiende tres celdas de cuadrícula en la primera dirección y tres celdas de cuadrícula en la segunda dirección. De este modo, cada zona de restricción se solapa con al menos otra zona de restricción.
55

La figura 6 muestra un ejemplo no limitativo de un dispositivo de transporte que atraviesa la cuadrícula. En particular, la figura 6 muestra un dispositivo de transporte en un origen 601 que pretende desplazarse hacia una diana 602. Como se ha explicado anteriormente, el conjunto de determinación de ruta 101 determina una ruta 603 para el dispositivo de transporte desde el origen 601 hasta la diana 602. En el ejemplo de la figura 6, la ruta determinada 603 atraviesa una
60 zona de restricción que comprende, en este ejemplo, tres dispositivos de transporte 605. Como se apreciará, los tres dispositivos de transporte se proporcionan sólo a modo de ejemplo y una zona de restricción puede contener cualquier o incluso ningún dispositivo de transporte. En este ejemplo, se establece un umbral predeterminado que limita a cuatro el número de dispositivos de transporte en la zona de restricción. En otras palabras, el límite de restricción del número de dispositivos de transporte en la zona de restricción de ejemplo no puede ser superior a cuatro. Como se apreciará, este umbral predeterminado de cuatro dispositivos de transporte es sólo a modo de ejemplo y el umbral
65

predeterminado no tiene por qué limitarse a cuatro o al número de dispositivos de transporte, sino a otras medidas de actividad en la zona de restricción, como el número de dispositivos de transporte que se mueven/aceleran en una dirección determinada, el número de dispositivos de transporte que aceleran/desaceleran en una dirección determinada, o cualquier combinación de los factores anteriores.

5 La figura 6 también muestra la porción despejada 604 de la ruta determinada 603. Como se ha explicado anteriormente, el conjunto de despeje 102 está dispuesto para despejar una porción de la ruta determinada 603. En la figura 6, el conjunto de despeje 102 ha despejado una porción hasta una esquina de la ruta determinada que se corresponde con un cambio de dirección para el dispositivo de transporte. Como se muestra en la figura 6, una vez
10 que el dispositivo de transporte alcanza la porción despejada 604, el conjunto de despeje 102 concederá el despeje para la siguiente porción de la ruta determinada 603. Por ejemplo, si el número de dispositivos de transporte no excede de cuatro, el conjunto de despeje 102 despejará la porción de la ruta determinada 603 que atraviesa la zona de restricción.

15 La figura 7 muestra un ejemplo correspondiente a la figura 6, sin embargo, un dispositivo de transporte adicional 606 está presente en la zona de restricción y por lo tanto el número de dispositivos de transporte actualmente en la zona de restricción es igual a cuatro. En este ejemplo no limitante, debido a que el límite de restricción del número de dispositivos de transporte en la zona de restricción es igual a un umbral predeterminado de cuatro dispositivos de transporte, el conjunto de despeje 102 está dispuesto además para denegar el despeje para que un dispositivo de
20 transporte atraviese la zona de restricción. Por consiguiente, tal como se muestra en la figura 7, el conjunto de despeje denegará que el dispositivo de transporte atraviese la zona de restricción. La "X" 607 que se muestra en la figura 7 representa porciones de la ruta determinada 603 para las que el conjunto de despeje 102 ha denegado el despeje al dispositivo de transporte.

25 Por consiguiente, se impedirá que el dispositivo de transporte entre en la zona de restricción y, en este ejemplo, también se despejará hasta el borde de la zona de restricción. Sin embargo, como se apreciará, se puede denegar el despeje de cualquier número de celdas de la cuadrícula antes de que el dispositivo de transporte alcance la zona de restricción. Por ejemplo, puede denegarse el despeje antes de que el dispositivo de transporte alcance el borde de la
30 zona de restricción.

Opcionalmente, se pueden realizar varias acciones cuando el conjunto de despeje 102 deniega el despeje para que el dispositivo de transporte atraviese la zona de restricción. En particular, una vez que se deniega el despeje a un dispositivo de transporte, no hay ruta autorizada por la que el dispositivos de transporte pueda circular y, por lo tanto, una opción sería que el dispositivo de transporte simplemente dejara de moverse. Sin embargo, esto supone un peligro
35 en la cuadrícula para otros dispositivos de transporte que deben sortearse. Además, el dispositivo de transporte debe seguir cumpliendo su función. Por lo tanto, los presentes inventores han realizado una serie de soluciones ventajosas para controlar el movimiento del dispositivo de transporte una vez que se deniega el despeje.

40 Por ejemplo, el conjunto de determinación de ruta 101 puede estar dispuesto para volver a determinar una ruta para que el dispositivo de transporte atraviese la cuadrícula. La redeterminación de la ruta que se realiza en un nuevo momento puede dar lugar a que se vuelva a determinar una ruta similar, tal vez incluso atravesando la misma zona de restricción porque el límite de restricción puede haber caído por debajo del umbral predeterminado. Alternativamente, se puede volver a determinar una ruta para evitar la zona de restricción para la que se denegó el
45 despeje. Alternativamente, o además, los medios de determinación de rutas 101 pueden estar dispuestos para volver a determinar las rutas de al menos dos de la pluralidad de dispositivos de transporte. De forma similar a la explicación anterior, mediante la redeterminación de rutas para al menos dos de la pluralidad de dispositivos de transporte, los dispositivos de transporte pueden designarse en rutas que se eviten entre sí.

50 Alternativa o adicionalmente, el controlador 100 puede estar preparado para realizar una parada controlada del dispositivo de transporte para el que se ha denegado el despeje. En este sentido, una parada controlada de un dispositivo de transporte se define como llevar el dispositivo de transporte a una parada en la primera celda de cuadrícula completa en la que el dispositivo de transporte puede detenerse sin riesgo de colisión, es decir, no llevar el dispositivo de transporte a una parada mitad en una celda de cuadrícula y mitad en otra celda de cuadrícula. Por ejemplo, si el dispositivo de transporte es capaz de detenerse en dos celdas de la cuadrícula a partir de una velocidad determinada, a continuación se ordenaría una parada controlada del dispositivo de transporte para que éste se
55 detuviera en dos celdas de la cuadrícula de modo que quedara totalmente contenido dentro de una celda de la cuadrícula, sin sobresalir en ninguna otra celda de la cuadrícula. Por otro lado, si el dispositivo de transporte necesitara 2,5 celdas de cuadrícula para detenerse sin riesgo de colisión a una velocidad determinada, se ordenará al dispositivo de transporte que se detenga en 3 celdas de cuadrícula, redondeando el número de celdas hacia arriba. De este modo, el dispositivo de transporte se detiene en una celda de cuadrícula completa sin sobresalir en ninguna otra celda de cuadrícula. Alternativa o adicionalmente, el controlador 101 puede estar dispuesto para ordenar una parada controlada de al menos dos de la pluralidad de dispositivos de transporte. De este modo, varios dispositivos de transporte se detienen sin riesgo de colisión cuando se deniega el despeje de un dispositivo de transporte por una
60 zona de restricción.

65 La figura 8 muestra otro ejemplo, que puede combinarse o no con las acciones mostradas en la figura 7. En particular,

en la figura 8, el límite de restricción de cuatro dispositivos de transporte en la zona de restricción supera el umbral predeterminado. Por consiguiente, el dispositivo de transporte en el origen 601 no puede atravesar la zona de restricción. Como se describe en la figura 7, esto se consigue denegando el despeje para que el dispositivo de transporte entre en la zona de restricción. Sin embargo, en la figura 8, los medios de determinación de ruta 101 están dispuestos para determinar una ruta 608 para el dispositivo de transporte desde el origen 601 hasta la diana 602 sin atravesar la zona de restricción. De este modo, el dispositivo de transporte se dirige con éxito por la ruta 608 evitando la zona de restricción.

Los presentes inventores contemplan la posibilidad de llevar a cabo cualquiera de las acciones descritas en las figuras 7 y 8, o ambas. En otras palabras, cuando el límite de restricción de una zona de restricción en particular es mayor o igual a un umbral predeterminado, el conjunto de determinación de ruta 101 puede determinar una ruta 608 que no atraviese la zona de restricción, alternativa o adicionalmente, el conjunto de despeje 102 puede estar dispuesto para denegar el despeje para que el dispositivo de transporte atraviese la zona de restricción.

Las figuras 9 a 11 muestran diferentes formas de medir los límites de las restricciones, al menos una de las cuales es calculada por el conjunto de cálculo 104 para una zona de restricción concreta.

Más específicamente, la figura 9 se refiere a un límite de restricción indicativo del número de dispositivos de transporte 902 en la zona de restricción. Por ejemplo, la figura 9 muestra la zona de restricción que comprende tres dispositivos de transporte 902. En este ejemplo, el umbral predeterminado se fija en cuatro dispositivos de transporte. Por consiguiente, cuando el número de dispositivos de transporte en la zona de restricción es igual a cuatro, no se permite la entrada de más dispositivos de transporte en la zona de restricción; sin embargo, los dispositivos de transporte que ya están en la zona de restricción pueden salir de la zona de restricción o desplazarse a otros lugares dentro de la zona de restricción. Por consiguiente, en la figura 9, sólo se permite la entrada de un dispositivo de transporte más en la zona de restricción, porque la zona de restricción ya comprende tres dispositivos de transporte. Por lo tanto, la celda vacía de la cuadrícula 903 puede ser llenada por el dispositivo de transporte 904, después de lo cual, cualquier otro dispositivo de transporte que entre en la zona de restricción tendrá su despeje denegado y/o su ruta redeterminada.

La figura 10 muestra otro límite de restricción calculado como el número de dispositivos de transporte 1004 que se mueven y/o aceleran en una dirección particular en una zona de restricción. En las figuras 10 y 11, los dispositivos de transporte se muestran moviéndose a velocidad constante con una flecha de una única punta, mientras que los dispositivos de transporte se muestran acelerando/desacelerando con una flecha de dos puntas. Además, en las figuras 10 y 11, los dispositivos de transporte se muestran moviéndose y/o acelerando en una primera dirección. Por lo tanto, el límite de restricción corresponde a la primera dirección. Sin embargo, como se apreciará, el límite de restricción y movimiento de los dispositivos de transporte puede aplicarse igualmente a la segunda dirección.

Para que se entienda, los movimientos/aceleraciones hacia abajo de la página se definen como movimientos/aceleraciones negativos, mientras que los movimientos/aceleraciones hacia arriba de la página se definen como movimientos/aceleraciones positivos. En la figura 10, la zona de restricción comprende cuatro dispositivos de transporte. Inicialmente, tres de los dispositivos de transporte 1004 se mueven y/o aceleran en una primera dirección. En particular, los dos dispositivos de transporte situados más a la izquierda aceleran 1005 negativamente. El dispositivo de transporte intermedio se desplaza positivamente a velocidad constante. El dispositivo de transporte 1002 está inmóvil. En este ejemplo, el límite de restricción se define en función del número de dispositivos de transporte que se mueven y/o aceleran en una primera dirección, ya sea en dirección positiva o negativa. Sin embargo, el límite de restricción podría definirse como el número de dispositivos de transporte que se mueven y/o aceleran en una segunda dirección.

Según la figura 10, tres dispositivos de transporte se mueven y/o aceleran en una primera dirección. Más específicamente, dos dispositivos de transporte aceleran en sentido negativo y un dispositivo de transporte se desplaza en dirección positiva, sumando un total de tres dispositivos de transporte. En este ejemplo, el umbral predeterminado puede definirse como cuatro dispositivos de transporte que se mueven en una primera dirección. Por lo tanto, cuando cuatro dispositivos de transporte se mueven/aceleran dentro de la zona de restricción, a continuación los demás dispositivos de transporte verán denegado su despeje y/o se determinarán rutas para evitar la zona de restricción. Por ejemplo, el cuarto dispositivo de transporte 1002, que anteriormente estaba inmóvil, puede empezar a moverse (como se representa por la flecha 1003) en dirección negativa dentro de la zona de restricción. Por lo tanto, se alcanza el umbral predeterminado de cuatro dispositivos de transporte que se mueven/aceleran en una primera dirección. Por consiguiente, un quinto dispositivo de transporte (no mostrado) tendrá su despeje denegado y/o ruta determinada para evitar la zona de restricción. Sin embargo, los dispositivos de transporte que ya se estén moviendo/acelerando en la zona de restricción pueden continuar moviéndose/acelerando en la zona de restricción y salir de la zona de restricción.

Como se apreciará, aunque la descripción anterior se refería a los dispositivos de transporte en movimiento/aceleración en una primera dirección, los presentes inventores prevén que el límite de restricción puede ser alternativamente/adicionalmente el número de dispositivos de transporte en movimiento/aceleración en la segunda dirección.

La figura 11 muestra otro ejemplo no limitativo de la determinación de un límite de restricción. El límite de restricción se calcula en función de la fuerza prevista ejercida sobre una zona de restricción concreta por la aceleración/desaceleración de los dispositivos de transporte. Más específicamente, en la figura 11, la fuerza prevista se calcula en función de la aceleración/desaceleración de los dispositivos de transporte en la zona de restricción 1101 en la primera dirección. Por ejemplo, se muestran tres dispositivos de transporte 1104 acelerando/desacelerando en la zona de restricción 1101. Un cuarto dispositivo de transporte 1102 se muestra inmóvil. Los dispositivos de transporte 1104 se muestran acelerando/desacelerando mediante flechas de doble punta 1105. En aras de una descripción clara, las aceleraciones hacia abajo de la página se definen como aceleraciones negativas y las aceleraciones hacia arriba de la página como aceleraciones positivas. Por lo tanto, con referencia a la figura 11, los dos dispositivos de transporte situados más a la izquierda aceleran en dirección negativa, mientras que el dispositivo de transporte situado en el centro acelera en dirección positiva.

El límite de restricción de la fuerza prevista en la zona de restricción se calcula en función de la aceleración global de los dispositivos de transporte. En particular, en este ejemplo simplificado, debido a que dos de los dispositivos de transporte aceleran en direcciones opuestas, el conjunto de cálculo 104 está dispuesto para anular las aceleraciones efectivas de los dispositivos de transporte que aceleran en direcciones opuestas. Por lo tanto, en el ejemplo simplificado de la figura 11, la fuerza ejercida sobre la zona de restricción depende únicamente de la aceleración negativa de un dispositivo de transporte, ya que la fuerza de otros dos dispositivos de transporte puede anularse. Un umbral predeterminado indicativo de la fuerza ejercida sobre una zona de restricción puede establecerse como dos dispositivos de transporte acelerando/desacelerando. Por lo tanto, dado que la fuerza ejercida sobre la zona de restricción se basa únicamente en un dispositivo de transporte, se puede conceder despeje a otro dispositivo de transporte para atravesar la zona de restricción y/o el conjunto de determinación de rutas 101 puede determinar rutas que atraviesen la zona de restricción.

En otro ejemplo, el dispositivo de transporte 1102 puede acelerar en una dirección negativa 1103. Por lo tanto, el conjunto de cálculo 104 puede calcular que la fuerza ejercida sobre la zona de restricción 1101 se basa ahora en la aceleración de dos dispositivos de transporte porque, como se explicó anteriormente, la fuerza de las aceleraciones de dos dispositivos de transporte que aceleran en direcciones opuestas puede anularse. Por lo tanto, si el umbral predeterminado se establece de tal manera que la fuerza ejercida sobre la zona de restricción 1101 es igual a dos dispositivos de transporte acelerando entonces este ejemplo adicional es igual al umbral predeterminado. Por lo tanto, en este ejemplo, un quinto dispositivo de transporte (no mostrado) tendría su despeje denegado para entrar en la zona de restricción y/o tendría una ruta determinada para no atravesar la zona de restricción 1101. Sin embargo, los dispositivos de transporte que ya se encuentren en la zona de restricción podrán seguir acelerando y salir de la zona de restricción. De este modo, la fuerza ejercida sobre la zona de restricción 1101 se restringe para no superar un límite de carga estructural y/o de fatiga.

Se ha descrito anteriormente un ejemplo simplificado, en el que cada dispositivo de transporte acelera exactamente igual que cualquier otro dispositivo de transporte, permitiendo así que dos dispositivos de transporte que aceleran en direcciones opuestas se anulen exactamente. Sin embargo, en realidad, pueden tenerse en cuenta varios factores para determinar la fuerza global sobre la zona de restricción 1101 y determinar si es igual o superior a un umbral predeterminado. Más específicamente, la fuerza calculada por el conjunto de cálculo 104 puede calcularse basándose en al menos una de las siguientes: una dirección de movimiento de cada dispositivo de transporte, una masa de un dispositivo de transporte, una masa de una carga útil transportada por un dispositivo de transporte, un perfil de aceleración previsto de un dispositivo de transporte, un perfil de desaceleración previsto de un dispositivo de transporte, una posibilidad de que se ordene a la pluralidad de dispositivos de transporte de la cuadrícula que se detengan al mismo tiempo, una posibilidad de que se ordene a cualquiera de la pluralidad de dispositivos de transporte de la cuadrícula que se detenga en cualquier momento arbitrario.

Como se apreciará, aunque la descripción anterior se refería a la aceleración/desaceleración de los dispositivos de transporte en una primera dirección, los presentes inventores prevén que el límite de restricción pueda ser alternativamente/adicionalmente el número de dispositivos de transporte que aceleran/desaceleran en la segunda dirección.

La figura 12 muestra los métodos realizados por el controlador 100 según la primera realización mostrada en la figura 1. En particular, el diagrama de flujo S1200 de la figura 12 muestra el control de al menos un dispositivo de transporte basado en un límite de restricción calculado en una zona de restricción determinada.

La etapa S1201 determina una pluralidad de zonas de restricción basadas en la cuadrícula. Las zonas de restricción pertenecen a zonas de la cuadrícula en las que el método S1200 debe controlar el número de dispositivos de transporte y/o cómo se mueven. De este modo, el método S1200 puede limitar la carga estructural y/o la carga de fatiga de la cuadrícula en zonas concretas. Por ejemplo, la ubicación de las zonas de restricción puede determinarse basándose en un análisis estructural y/o un análisis de fatiga de al menos una de las cuadrículas, entreplantas asociadas a la cuadrícula o cualquier periférico asociado a la cuadrícula. Basándose en el análisis, puede determinarse la colocación de una zona de restricción en toda la cuadrícula. De este modo, se puede controlar la carga estática, la carga dinámica y/o la carga cortante de toda la cuadrícula. En otros ejemplos, las zonas de restricción pueden estar formadas por un número predeterminado de celdas en la primera dirección y un número predeterminado de celdas en la segunda

dirección. Además, puede determinarse que cada zona de restricción se solapa con al menos otra zona de restricción.

La etapa S1202 calcula un límite de restricción en cada zona de restricción determinada. Por ejemplo, el límite de restricción puede calcularse basándose en el número de dispositivos de transporte en una zona de restricción, el número de dispositivos de transporte que se mueven y/o aceleran en una primera/segunda dirección en una zona de restricción o basándose en una fuerza esperada resultante del número de dispositivos de transporte que aceleran en una primera/segunda dirección.

Más detalladamente, el límite de restricción puede ser el número absoluto de dispositivos de transporte en una zona de restricción concreta. Adicional o alternativamente, el límite de restricción puede ser el número absoluto de dispositivos de transporte que se mueven/aceleran en una zona de restricción en una primera/segunda dirección. Adicional o alternativamente, el límite de restricción puede ser la fuerza esperada que actúa sobre la zona de restricción causada por el número de dispositivos de transporte que aceleran en una primera/segunda dirección. Con respecto al cálculo de la fuerza esperada, la etapa S1202 tiene en cuenta las aceleraciones respectivas de cada dispositivo de transporte para calcular la fuerza esperada. Por ejemplo, si dos dispositivos de transporte están acelerando en direcciones opuestas con la misma magnitud y masa, entonces la fuerza ejercida sobre la zona de restricción de la cuadrícula por cada dispositivo de transporte puede anularse exactamente y, por lo tanto, la etapa S1202 puede tener esto en cuenta al calcular la fuerza esperada.

Además, la etapa S1202, al calcular una fuerza prevista, puede tener en cuenta al menos una de las direcciones de movimiento de cada dispositivo de transporte, una masa de un dispositivo de transporte, una masa de una carga útil transportada por un dispositivo de transporte, un perfil de aceleración previsto de un dispositivo de transporte, un perfil de desaceleración previsto de un dispositivo de transporte, una posibilidad de que se ordene a la pluralidad de dispositivos de transporte de la cuadrícula que se detengan al mismo tiempo, una posibilidad de que se ordene a cualquiera de la pluralidad de dispositivos de transporte de la cuadrícula que se detenga en cualquier momento arbitrario.

En la etapa S1203, el controlador determina una ruta para cada dispositivo de transporte desde una ubicación en la cuadrícula a otra ubicación en la cuadrícula atravesando o no atravesando una zona de restricción particular. Más específicamente, el dispositivo de transporte que pretende atravesar la cuadrícula de una ubicación a otra necesita que se determine una ruta para su travesía con el fin de evitar otros dispositivos de transporte. Por consiguiente, la etapa S1203 determina la ruta basándose, por ejemplo, en la información sobre la ubicación actual de los dispositivos de transporte y en la información futura sobre las ubicaciones previstas de los dispositivos de transporte en función de las rutas que pretenden seguir. Además, se puede utilizar otra información en la determinación de la ruta, por ejemplo, el nivel de carga de la batería, el nivel de servicio, el perfil de aceleración/desaceleración, la velocidad máxima o la distancia más corta entre las ubicaciones de la cuadrícula. Como se describirá con respecto a la Etapa S1205, la ruta puede determinarse basándose en el límite de restricción calculado en la zona de restricción particular.

La etapa S1204 concede o deniega el despeje para que cada dispositivo de transporte atraviese una porción de la ruta determinada. Aunque cada dispositivo de transporte tiene su ruta determinada por la etapa S1203, los pequeños errores en la posición exacta de cada dispositivo de transporte se agravarán a medida que se atraviese la ruta. Por ejemplo, perfiles de aceleración y/o velocidades diferentes de cada dispositivo de transporte en comparación con el valor esperado dan lugar a un error en la posición de cada dispositivo de transporte. Por lo tanto, debe tenerse en cuenta el error compuesto para la posición de cada dispositivo de transporte. La etapa S1204 concede o deniega el despeje para que cada dispositivo de transporte atraviese una porción de la ruta determinada; de este modo, la etapa S1204 garantiza que cada dispositivo de transporte sólo se desplace por las celdas de la cuadrícula que se sabe que no contienen otro dispositivo de transporte, a fin de evitar conflictos entre dispositivos de transporte.

En una realización preferida, los presentes inventores han encontrado una manera preferida de tener en cuenta en su mayor parte el error compuesto, aunque la etapa S1204 es necesaria para conceder/denegar el despeje para que un dispositivo de transporte atraviese una porción de la ruta determinada. En particular, un dispositivo de transporte que se desplaza desde un origen hasta una diana en la cuadrícula realiza este movimiento con uno o más tramos. En otras palabras, la ruta determinada se divide en uno o más tramos. Cada tramo es una travesía en una primera dirección constante (por ejemplo, en una dirección X constante) o en una segunda dirección constante (por ejemplo, en una dirección Y constante). El método S1200 está dispuesto para permitir una tolerancia suficiente en cada tramo para permitir la variación estadística no errónea en el rendimiento del dispositivo de transporte sobre la población de dispositivos de transporte; en términos de traslación de primera/segunda dirección; cambio de rueda; y variación del reloj interno; así como retrasos potenciales de transmisión de comandos del dispositivo de transporte a los dispositivos de transporte y mensajes de estado de los dispositivos de transporte. De este modo, la ruta determinada proporciona una tolerancia de tiempo suficiente para permitir que los dispositivos de transporte (no erróneos) que lleguen tarde al final de un tramo inicien el siguiente tramo a la hora prevista. Si el dispositivo de transporte llega al final de un tramo antes de tiempo, simplemente espera hasta la hora de inicio nominal del siguiente tramo antes de iniciarlo.

El número de celdas de la cuadrícula que hay que despejar para cada dispositivo de transporte puede depender de la velocidad del dispositivo de transporte, así como de los perfiles de aceleración/desaceleración previstos. En particular, el número de celdas de cuadrícula despejadas puede depender del número de celdas de cuadrícula que el dispositivo

de transporte tarda en detenerse desde su velocidad actual. Por ejemplo, si se sabe que el dispositivo de transporte (basándose, por ejemplo, en su perfil de desaceleración) tarda 2,5 celdas de cuadrícula en detenerse basándose en su velocidad actual, entonces la etapa S1204 puede despejar 3 celdas de cuadrícula para garantizar que el dispositivo de transporte, si es necesario, pueda detenerse completamente en una distancia de 3 celdas de cuadrícula. De este modo, el dispositivo de transporte también se detiene por completo dentro de una celda de la cuadrícula sin sobresalir a otras celdas de la cuadrícula, lo que supondría un peligro para otros dispositivos de transporte. En otro ejemplo, cuando se requiere una operación de cambio de dirección del dispositivo de transporte en 2 celdas de cuadrícula, la etapa S1204 puede despejar sólo esas 2 celdas de cuadrícula para despejar el dispositivo de transporte hasta el cambio de dirección. Como se describirá con respecto a la Etapa S1205, el despeje puede concederse o denegarse en función del límite de restricción calculado en la zona de restricción concreta.

En la etapa 1205, al menos una de las etapas S1203 y/o S1204 realiza su acción respectiva basándose en el límite de restricción calculado en la zona de restricción particular. Más específicamente, se concede o deniega el despeje a un dispositivo de transporte en función del límite de restricción calculado y/o se determina una ruta que atraviesa o no atraviesa una zona de restricción en función del límite de restricción calculado.

Con respecto a la etapa de concesión o denegación de despeje, se concede o deniega despeje a un dispositivo de transporte para atravesar una porción de la ruta determinada en una zona de restricción concreta basándose en el límite de restricción calculado. En un ejemplo, cuando el límite de restricción en una zona de restricción particular es mayor o igual que un umbral predeterminado, entonces la etapa S1204 deniega el despeje al dispositivo de transporte. Cuando el límite de restricción es inferior al umbral predeterminado, a continuación la etapa S1204 concede despeje al dispositivo de transporte. De este modo, las zonas de restricción no se sobrecargan con respecto a las cargas estáticas, dinámicas y/o de corte.

Además, cuando se deniega el despeje, pueden realizarse varias acciones para mover el dispositivo de transporte desde su última celda de cuadrícula despejada. En particular, la etapa S1203 puede determinar la ruta del dispositivo de transporte a partir de la última celda de cuadrícula despejada. De esta manera, la etapa S1203 puede determinar una ruta para evitar la zona de restricción para la cual el dispositivo de transporte no fue despejado para atravesar. Del mismo modo, la etapa S1203 puede determinar rutas para al menos dos de la pluralidad de dispositivos de transporte. De este modo, las rutas de los dispositivos de transporte que puedan entrar en conflicto se determinan de forma que se eviten mutuamente. Alternativamente, se puede realizar una parada controlada del dispositivo de transporte para detener el dispositivo de transporte sin riesgo de colisión completamente dentro de una única celda de cuadrícula, por ejemplo, deteniendo el dispositivo de transporte en la última celda de cuadrícula despejada. Del mismo modo, se puede realizar una parada controlada de al menos dos de la pluralidad de dispositivos de transporte para garantizar que ningún dispositivo de transporte entre en conflicto con otro.

Adicionalmente, o alternativamente, a la concesión/denegación de despeje, la etapa S1203 de determinar una ruta para el dispositivo de transporte puede ocurrir cuando el límite de restricción en una zona de restricción particular es mayor o igual a un umbral predeterminado. En este caso, la etapa S1203 puede determinar una ruta para un dispositivo de transporte desde una ubicación a otra ubicación que no atraviese una zona de restricción particular. Alternativamente, cuando el límite de restricción es menor que el umbral predeterminado, la etapa S1203 puede determinar una ruta que atraviese la zona de restricción particular o permitir que el dispositivo de transporte continúe a lo largo de la ruta ya determinada. De este modo, pueden determinarse rutas que eviten determinadas zonas de restricción.

Modificaciones y variaciones

Pueden hacerse muchas modificaciones y variaciones a las realizaciones descritas anteriormente, sin apartarse del alcance de la presente invención.

En particular, los dispositivos de transporte pueden estar preparados para comunicarse con el controlador 100 mediante un informe de estado para proporcionar información relativa, por ejemplo, a su posición, nivel de carga de la batería, problemas de servicio, dirección actual de movimiento, si están parados, moviéndose a velocidad constante o acelerando/desacelerando. Por consiguiente, en una modificación, cuando el conjunto de cálculo está calculando un límite de restricción para una zona de restricción particular basada en el número de dispositivos de transporte en la zona de restricción, puede utilizar el informe de estado de cada dispositivo de transporte para determinar, por ejemplo, el número de dispositivos de transporte en una zona de restricción particular. De este modo, el controlador 100 puede utilizar un mensaje ya transmitido por el dispositivo de transporte al controlador 100 para determinar el número de dispositivos de transporte en una zona de restricción. Por lo tanto, no es necesario comunicar mensajes adicionales al controlador 100.

En una modificación adicional, el controlador 100 puede comprender además un conjunto de control de movimiento dispuesto para controlar el movimiento de la pluralidad de dispositivos de transporte. En esta modificación, el controlador 100 controla directamente cómo se mueve cada dispositivo de transporte en lugar de órdenes más generales sobre qué ruta tomar a través de la cuadrícula y si el dispositivo de transporte está despejado para atravesar una zona de restricción concreta. En esta modificación, el controlador 100 puede dar órdenes adicionales a cada

dispositivo de transporte para que se mueva en una dirección determinada, acelere/desacelere o continúe moviéndose a una velocidad constante. De este modo, el controlador 100 ejerce un control directo sobre cada dispositivo de transporte, lo que puede ser útil porque el controlador 100 tiene información de todos los dispositivos de transporte y, por lo tanto, puede necesitar emitir órdenes directas a los motores y mecanismos de un dispositivo de transporte para evitar otro dispositivo de transporte o dirigir de otro modo el dispositivo de transporte de una manera que el control por cada dispositivo de transporte sería incapaz de lograr.

En otra modificación, el controlador 100 puede diseñarse y certificarse para evitar cargas y/o fatiga que supondrían un riesgo para la seguridad humana. Los equipos con clasificación de seguridad garantizan que las personas que trabajan cerca de una máquina no resulten dañadas por ésta debido a su funcionamiento normal o a un fallo. Normalmente, los equipos con calificación humana requieren pruebas más exhaustivas y rigurosas que los equipos sin calificación de seguridad. Además, se suelen emplear arquitecturas informáticas alternativas. En las arquitecturas informáticas alternativas suelen operar dos métodos separados que realizan la misma tarea. En algunos ejemplos, los métodos se ejecutan en diferentes CPU. Cada método se programará de forma diferente para que no exista el mismo fallo en ambos métodos se proporciona un comparador en las salidas de los métodos que compara las salidas. Si las salidas coinciden, el resultado se utiliza para controlar los dispositivos de transporte. Sin embargo, si las salidas no coinciden, en un ejemplo no limitativo, se ordenará automáticamente una parada controlada de los dispositivos de transporte y se declarará un fallo. En otro ejemplo no limitativo, si las salidas disminuyen, el rendimiento de los dispositivos de transporte puede degradarse, por ejemplo funcionando a menor velocidad. La degradación del rendimiento de los dispositivos de transporte se mantendrá normalmente hasta que se resuelva el fallo.

Las empresas minoristas en línea que venden múltiples líneas de productos, como las tiendas de comestibles y supermercados en línea, necesitan sistemas capaces de almacenar decenas o incluso cientos de miles de líneas de productos diferentes. El uso de pilas de un producto único en estos casos puede resultar poco práctico, ya que se necesitaría un piso muy grande para alojar todas las pilas necesarias. Además, puede ser conveniente almacenar sólo pequeñas cantidades de algunos artículos, como los perecederos o los que se piden con poca frecuencia, por lo que las pilas de un producto único son una solución ineficaz.

La solicitud de patente internacional WO 98049075A (Autostore), cuyo contenido se incorpora en la presente memoria por referencia, describe un sistema en el que pilas de contenedores multiproducto se disponen dentro de una estructura de bastidor.

En la publicación PCT n.º WO2015/185628A (Ocado) se describe otro sistema conocido de almacenamiento y ejecución en el que se disponen pilas de contenedores dentro de una estructura de bastidor. El acceso a los recipientes o contenedores se realiza mediante dispositivos manipuladores de carga que funcionan sobre rieles situados en la parte superior de la estructura de bastidor. Los dispositivos manipuladores de carga elevan los contenedores o recipientes de las pilas, y varios dispositivos manipuladores de carga cooperan para acceder a los contenedores o recipientes situados en las posiciones más bajas de la pila. Un sistema de este tipo se ilustra esquemáticamente en las figuras 13 a 16 de los dibujos adjuntos.

Como se muestra en las figuras 13 y 14, los contenedores apilables, conocidos como cubos 10, se apilan unos sobre otros para formar pilas 12. Las pilas 12 están dispuestas en una estructura de bastidor en cuadrícula 14 en un entorno de almacenamiento o fabricación. La figura 13 es una vista esquemática en perspectiva de la estructura de bastidor 14, y la figura 14 es una vista de arriba hacia abajo que muestra una pila 12 de contenedores 10 dispuestos dentro de la estructura de bastidor 14. Cada recipiente 10 contiene normalmente una pluralidad de productos (no mostrados), y los productos dentro de un contenedor 10 pueden ser idénticos, o pueden ser de diferentes tipos dependiendo de la aplicación.

La estructura de bastidor 14 comprende una pluralidad de elementos verticales 16 que soportan elementos horizontales 18, 20. Un primer conjunto de elementos horizontales paralelos 18 está dispuesto perpendicularmente a un segundo conjunto de elementos horizontales paralelos 20 para formar una pluralidad de estructuras de cuadrícula horizontales que se apoyan en los elementos verticales 16. Los elementos 16, 18, 20 se fabrican típicamente de metal. Los recipientes 10 se apilan entre los elementos 16, 18, 20 de la estructura de bastidor 14, de modo que la estructura de bastidor 14 protege contra el movimiento horizontal de las pilas 12 de recipientes 10, y guía el movimiento vertical de los contenedores 10.

El nivel superior de la estructura de bastidor 14 incluye rieles 22 dispuestos en un patrón de cuadrícula a lo largo de la parte superior de las pilas 12. Haciendo referencia adicionalmente a las figuras 15 y 16, los rieles 22 soportan una pluralidad de dispositivos 30 robotizados manipuladores de carga. Un primer conjunto 22a de rieles paralelos 22 guía el movimiento de los dispositivos manipuladores de carga 30 en una primera dirección (X) a través de la parte superior de la estructura de bastidor 14, y un segundo conjunto 22b de rieles paralelos 22, dispuestos perpendicularmente al primer conjunto 22a, guía el movimiento de los dispositivos manipuladores de carga 30 en una segunda dirección (Y), perpendicular a la primera dirección. De este modo, los rieles 22 permiten el movimiento lateral de los dispositivos manipuladores de carga 30 en dos dimensiones en el plano horizontal X-Y, de modo que un dispositivo manipulador de carga 30 puede desplazarse a su posición por encima de cualquiera de las pilas 12.

Una forma de dispositivo manipulador de carga 30 se describe con más detalle en la patente noruega número 317366, cuyo contenido se incorpora en la presente memoria por referencia. Las figuras 15(a) y 3(b) son vistas esquemáticas en perspectiva de un dispositivo manipulador de carga 30 desde la parte trasera y frontal, respectivamente, y la figura 15(c) es una vista esquemática en perspectiva frontal de un dispositivo manipulador de carga 30 elevando un recipiente 10. No obstante, existen otras formas de dispositivos manipuladores de carga que pueden utilizarse en combinación con el sistema descrito en esta invención. Por ejemplo, en la publicación de patente PCT n.º W02015019055 (Ocado), que se incorpora por referencia, se describe otra forma de dispositivo robótico manipulador de carga en el que cada manipulador robótico de cargas sólo cubre un espacio de cuadrícula de la estructura de bastidor, lo que permite una mayor densidad de manipuladores de cargas y, por tanto, un mayor rendimiento para un sistema de tamaño determinado.

Cada dispositivo manipulador de carga 30 comprende un vehículo 32 que está dispuesto para desplazarse en las direcciones X e Y sobre los rieles 22 de la estructura de bastidor 14, por encima de las pilas 12. Un primer conjunto de ruedas 34, que consiste en un par de ruedas 34 en la parte delantera del vehículo 32 y un par de ruedas 34 en la parte trasera del vehículo 32, está dispuesto para engranar con dos rieles adyacentes del primer conjunto 22a de rieles 22. Del mismo modo, un segundo conjunto de ruedas 36, que consiste en un par de ruedas 36 a cada lado del vehículo 32, está dispuesto para engranar con dos rieles adyacentes del segundo conjunto 22b de rieles 22. Cada conjunto de ruedas 34, 36 puede elevarse y bajarse, de modo que el primer conjunto de ruedas 34 o el segundo conjunto de ruedas 36 se acoplen al respectivo conjunto de rieles 22a, 22b en cualquier momento.

Cuando el primer conjunto de ruedas 34 está engranado con el primer conjunto de rieles 22a y el segundo conjunto de ruedas 36 está separado de los rieles 22, las ruedas 34 pueden ser accionadas, mediante un mecanismo de accionamiento (no mostrado) alojado en el vehículo 32, para mover el dispositivo de manipulación de carga 30 en la dirección X. Para mover el dispositivo manipulador de carga 30 en la dirección Y, el primer conjunto de ruedas 34 se levanta y se separa de los rieles 22, y el segundo conjunto de ruedas 36 desciende hasta engancharse con el segundo conjunto de rieles 22a. A continuación, el mecanismo de accionamiento puede utilizarse para accionar el segundo conjunto de ruedas 36 a fin de lograr el movimiento en la dirección Y.

El dispositivo manipulador de carga 30 está equipado con un dispositivo de elevación. El dispositivo de elevación 40 comprende una placa de agarre 39 suspendida del cuerpo del dispositivo manipulador de carga 32 mediante cuatro cables 38. Los cables 38 están conectados a un mecanismo de enrollado (no mostrado) alojado dentro del vehículo 32. Los cables 38 pueden enrollarse o desenrollarse del dispositivo manipulador de carga 32, de modo que la posición de la placa de agarre 39 con respecto al vehículo 32 puede ajustarse en la dirección Z.

La placa de agarre 39 está adaptada para encajar en la parte superior de un recipiente 10. Por ejemplo, la placa de agarre 39 puede incluir clavijas (no mostradas) que se acoplan con los orificios correspondientes (no mostrados) en el borde que forma la superficie superior del recipiente 10, y clips deslizantes (no mostrados) que se acoplan con el borde para agarrar el recipiente 10. Los clips se accionan para engancharse al recipiente 10 mediante un mecanismo de accionamiento adecuado alojado dentro de la placa de agarre 39, que se alimenta y controla mediante señales transportadas a través de los propios cables 38 o a través de un cable de control independiente (no mostrado).

Para retirar un recipiente 10 de la parte superior de una pila 12, el dispositivo manipulador de carga 30 se desplaza según sea necesario en las direcciones X e Y de modo que la placa de agarre 39 se sitúe por encima de la pila 12. A continuación, la placa de agarre 39 desciende verticalmente en la dirección Z para engancharse con el recipiente 10 en la parte superior de la pila 12, como se muestra en la figura 15(c). La placa de agarre 39 sujeta el recipiente 10 y, a continuación, se tira hacia arriba de los cables 38, con el recipiente 10 sujeto. En la parte superior de su recorrido vertical, el recipiente 10 se aloja dentro de la caja del vehículo 32 y se mantiene por encima del nivel de los rieles 22. De este modo, el dispositivo manipulador de carga 30 puede desplazarse a una posición diferente en el plano X-Y, llevando consigo el recipiente 10, para transportar el recipiente 10 a otra ubicación. Los cables 38 son lo suficientemente largos como para permitir que el dispositivo manipulador de carga 30 recupere y coloque recipientes desde cualquier nivel de una pila 12, incluido el nivel de piso. El vehículo 32 es suficientemente pesado para contrarrestar el peso del recipiente 10 y permanecer estable durante el método de elevación. El peso del vehículo 32 puede comprender en parte baterías que se utilizan para alimentar el mecanismo de accionamiento de las ruedas 34, 36. Como se muestra en la figura 16, se proporciona una pluralidad de dispositivos de manipulación de carga 30 idénticos, de modo que cada dispositivo de manipulación de carga 30 puede funcionar simultáneamente para aumentar el rendimiento del sistema. El sistema ilustrado en la figura 16 incluye dos ubicaciones específicas, conocidas como puertos 24, en los que los recipientes 10 pueden transferirse dentro o fuera del sistema. Un sistema transportador adicional (no mostrado) está asociado con cada puerto 24, de modo que los recipientes 10 transportados a un puerto 24 por un dispositivo de manipulación de carga 30 puedan ser transferidos a otra ubicación por el sistema transportador, por ejemplo a una estación de recogida (no mostrada). Del mismo modo, los recipientes 10 pueden ser movidos por el sistema transportador a un puerto 24 desde una ubicación externa, por ejemplo a una estación de llenado de recipientes (no mostrada), y transportados a una pila 12 por los dispositivos de manipulación de carga 30 para reponer las existencias en el sistema.

Cada dispositivo manipulador de carga 30 puede levantar y mover un recipiente 10 a la vez. Si es necesario recuperar un recipiente 10 ("recipiente diana") que no está situada en la parte superior de una pila 12, primero deben desplazarse

las ubicaciones 10 superpuestas ("recipiente que no es diana") para permitir el acceso al recipiente diana 10. Esto se consigue mediante una operación denominada en lo sucesivo "excavación".

5 En referencia a la figura 16, durante una operación de excavación, uno de los dispositivos manipuladores de carga 30 levanta secuencialmente cada recipiente que no es diana 10a de la pila 12 que contiene el recipiente diana 10b y lo coloca en una posición vacante dentro de otra pila 12. A continuación, el dispositivo manipulador de carga 30 puede acceder al recipiente diana 10b y trasladarlo a un puerto 24 para su posterior transporte.

10 Cada uno de los dispositivos manipuladores de carga 30 está bajo el control de un ordenador central que puede considerarse como el controlador según la primera realización. Se realiza un seguimiento de cada recipiente 10 del sistema, de modo que puedan recuperarse, transportarse y sustituirse los recipientes 10 adecuados según sea necesario. Por ejemplo, durante una operación de excavación, se registran las ubicaciones de cada uno de los recipientes que no son diana 10a, de modo que puedan rastrearse los recipientes que no son diana 10a.

15 El sistema descrito con referencia a las figuras 13 a 16 tiene muchas ventajas y es adecuado para una amplia gama de operaciones de almacenamiento y recuperación. En particular, permite un almacenamiento muy denso del producto, y proporciona una forma muy económica de almacenar una gran variedad de artículos diferentes en los recipientes 10, al tiempo que permite un acceso razonablemente económico a todos los recipientes 10 cuando es necesario para la recogida.

20 Sin embargo, este sistema presenta algunos inconvenientes, todos ellos derivados de la operación de excavación descrita anteriormente que debe realizarse cuando un recipiente diana 10b no se encuentra en la parte superior de una pila 12.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un controlador (100) dispuesto para controlar el movimiento de una pluralidad de dispositivos de transporte, la pluralidad de dispositivos de transporte dispuestos para transportar contenedores, estando los contenedores almacenados en una instalación, estando la instalación dispuesta para almacenar los contenedores en una pluralidad de pilas, que comprende la instalación una pluralidad de vías dispuestas en celdas de modo que formen una estructura en forma de cuadrícula por encima de las pilas, donde la estructura en forma de cuadrícula se extiende en una primera dirección y en una segunda dirección, estando la pluralidad de dispositivos de transporte dispuestos para operar en la estructura en forma de cuadrícula, que comprende el controlador (100):
- 10 un conjunto de determinación de ruta (101) dispuesta para determinar una ruta desde una ubicación en la estructura en forma de cuadrícula a otra ubicación en la estructura en forma de cuadrícula para cada dispositivo de transporte; un conjunto de despeje (102) dispuesto para proporcionar despeje para que cada dispositivo de transporte atraviese una porción de la ruta determinada; **caracterizada por que**
- 15 un conjunto de determinación de zona de restricción (103) dispuesto para determinar una pluralidad de zonas de restricción basándose en la estructura en forma de cuadrícula, donde la carga estática, la carga dinámica y/o la carga cortante se tienen en cuenta en la determinación de las zonas de restricción; y un conjunto de cálculo (104) dispuesto para calcular un límite de restricción en cada zona de restricción, donde al menos uno de:
- 20 el conjunto de despeje (102) está además dispuesto para conceder o denegar despeje a un dispositivo de transporte para atravesar una porción de la ruta determinada basándose en el límite de restricción calculado en la zona de restricción particular, y el conjunto de determinación de ruta (101) está dispuesto además para determinar una ruta para un dispositivo de transporte desde una ubicación a otra ubicación atravesando o no atravesando una zona de restricción particular basada en el límite de restricción calculado en la zona de restricción particular.
- 25 2. El controlador (100) según la reivindicación 1, donde las zonas de restricción determinadas comprenden una zona de restricción que se extiende a lo largo de toda la estructura en forma de cuadrícula.
- 30 3. El controlador (100) según la reivindicación 1, donde el conjunto de determinación de zona de restricción (103) está dispuesto para determinar zonas de restricción formadas por un número predeterminado de celdas en la primera dirección y un número predeterminado de celdas en la segunda dirección.
- 35 4. El controlador (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde cada zona de restricción se determina de forma que se solape con al menos otra zona de restricción.
- 40 5. El controlador (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde al menos uno de:
- 45 el conjunto de despeje (102) está dispuesto para denegar el despeje a un dispositivo de transporte para atravesar una porción de la ruta determinada cuando el límite de restricción en una zona de restricción particular es mayor o igual que un umbral predeterminado, y conceder despeje a un dispositivo de transporte para atravesar la porción de la ruta determinada cuando el límite de restricción en la zona de restricción particular es menor que un umbral predeterminado; y el conjunto de determinación de ruta (101) está dispuesto para determinar una ruta para un dispositivo de transporte desde una ubicación a otra ubicación que no atraviesa una zona de restricción particular cuando el límite de restricción calculado en la zona de restricción particular es mayor o igual que un umbral predeterminado, y determinar una ruta para un dispositivo de transporte desde una ubicación a otra ubicación que atraviesa una zona de restricción particular cuando el límite de restricción calculado en la zona de restricción particular es menor que un umbral predeterminado.
- 50 6. El controlador (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el conjunto de cálculo (104) está dispuesto para calcular el límite de restricción basándose en el número de dispositivos de transporte en una zona de restricción particular.
- 55 7. El controlador (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el conjunto de cálculo (104) está dispuesto además para calcular el límite de restricción basándose en el número de dispositivos de transporte que se mueven o aceleran en la primera y/o segunda dirección en una zona de restricción particular.
- 60 8. El controlador (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el conjunto de cálculo (104) está dispuesto además para calcular el límite de restricción basándose en la fuerza esperada ejercida sobre una zona de restricción particular por los dispositivos de transporte que aceleran o desaceleran en la primera y/o segunda dirección.
- 65 9. El controlador (100) según la reivindicación 8, donde el conjunto de cálculo (104) está dispuesto además para calcular la fuerza esperada ejercida sobre una zona de restricción particular basándose en al menos uno de: una dirección de movimiento de cada dispositivo de transporte, una masa de un dispositivo de transporte, una masa de

una carga útil transportada por un dispositivo de transporte, un perfil de aceleración esperado de un dispositivo de transporte, un perfil de desaceleración esperado de un dispositivo de transporte, una posibilidad de que la pluralidad de dispositivos de transporte en la estructura en forma de cuadrícula reciba la orden de detenerse al mismo tiempo, una posibilidad de que cualquiera de la pluralidad de dispositivos de transporte en la estructura en forma de cuadrícula reciba la orden de detenerse en cualquier momento arbitrario.

10. El controlador (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde, cuando el conjunto de despeje (102) determina denegar el despeje a un dispositivo de transporte, el conjunto de determinación de ruta (101) está dispuesto para realizar al menos una de las siguientes acciones: redeterminar la ruta del dispositivo de transporte, redeterminar las rutas de al menos dos de la pluralidad de dispositivos de transporte, realizar una parada controlada del dispositivo de transporte, o realizar una parada controlada de al menos dos de la pluralidad de dispositivos de transporte.

11. El controlador (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el conjunto de cálculo (104) está dispuesto para determinar el número de dispositivos de transporte en respuesta a un informe de estado recibido de cada dispositivo de transporte.

12. Un sistema de almacenamiento (1) que comprende:

un primer conjunto de carriles o rieles paralelos (22a) que se extienden en la dirección X, y un segundo conjunto de carriles o rieles paralelos (22b) que se extienden en una dirección Y transversal al primer conjunto en un plano sustancialmente horizontal para formar un patrón de cuadrícula que comprende una pluralidad de espacios de cuadrícula;
 una pluralidad de pilas (12) de contenedores situados debajo de los rieles, y dispuestos de tal manera que cada pila esté situada dentro de una huella de un único espacio de cuadrícula;
 una multiplicidad de dispositivos manipuladores de carga (30), estando cada dispositivo manipulador de carga dispuesto para desplazarse lateralmente de forma selectiva en las direcciones X e Y, por encima de las pilas sobre los rieles; y
 un controlador (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

13. El sistema de almacenamiento (1) según la reivindicación 12, donde cada dispositivo manipulador de carga tiene una huella que ocupa un único espacio de cuadrícula en el sistema de almacenamiento, de manera que un dispositivo manipulador de carga que ocupe un espacio de cuadrícula no obstruya un dispositivo manipulador de carga que ocupe o atraviese los espacios de cuadrícula adyacentes en las direcciones X e Y.

14. Un método (S1200) para controlar el movimiento de una pluralidad de dispositivos de transporte, la pluralidad de dispositivos de transporte dispuestos para transportar contenedores, estando los contenedores almacenados en una instalación, estando la instalación dispuesta para almacenar los contenedores en una pluralidad de pilas, que comprende la instalación una pluralidad de vías dispuestas en celdas de modo que formen una estructura en forma de cuadrícula por encima de las pilas, donde la estructura en forma de cuadrícula se extiende en una primera dirección y en una segunda dirección, estando la pluralidad de dispositivos de transporte dispuestos para operar en la estructura en forma de cuadrícula, el método **caracterizado por** las etapas de:

determinar (S1201) una pluralidad de zonas de restricción basadas en la estructura en forma de cuadrícula, donde la carga estática, la carga dinámica y/o la carga cortante se consideran en la determinación de las zonas de restricción; y
 calcular (S1202) un límite de restricción en cada zona de restricción;
 determinar (S1203) una ruta para cada dispositivo de transporte desde una ubicación en la estructura en forma de cuadrícula a otra ubicación en la estructura en forma de cuadrícula atravesando o no atravesando una zona de restricción particular; y
 conceder o denegar (S1204) despeje a cada dispositivo de transporte para atravesar una porción de una ruta determinada,
 donde al menos una de las etapas de determinación de una ruta o de despeje se basa en el límite de restricción calculado en la zona de restricción concreta.

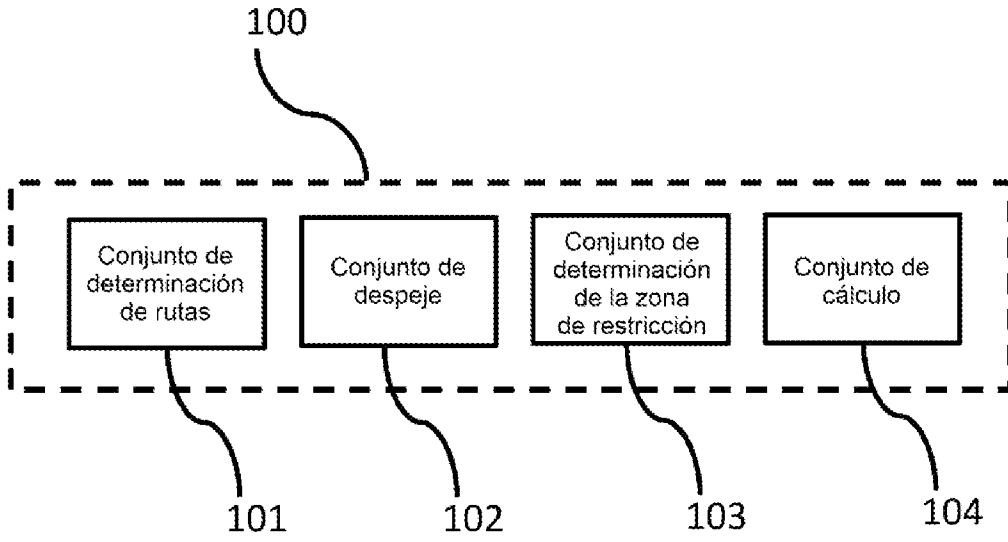


Figura 1

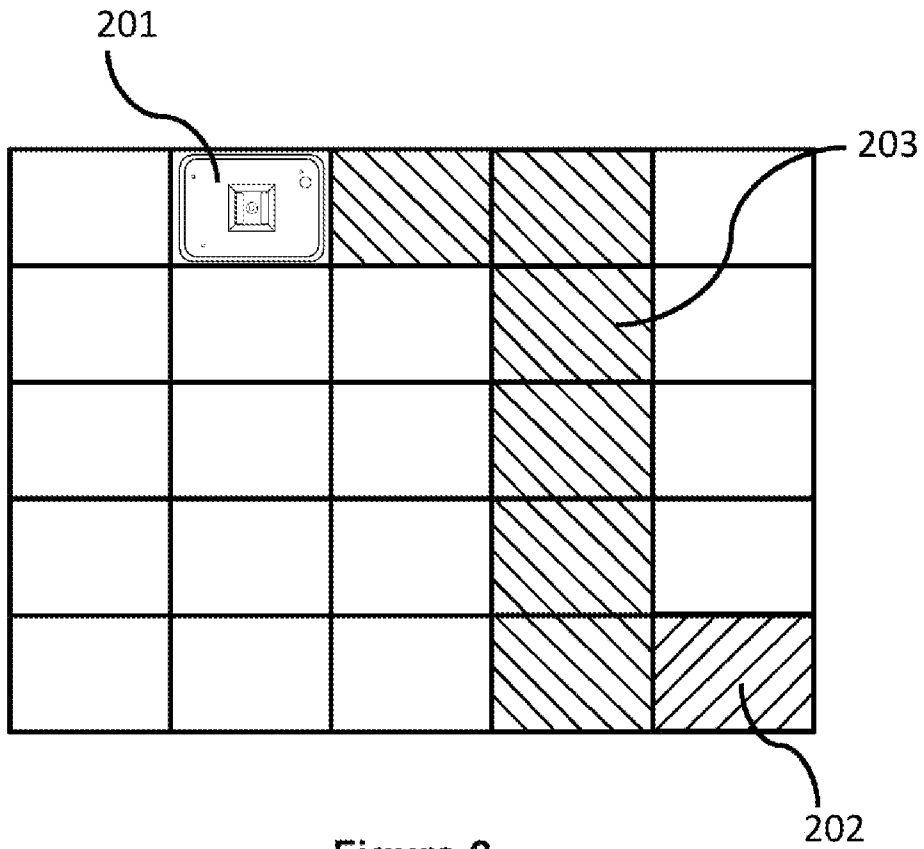
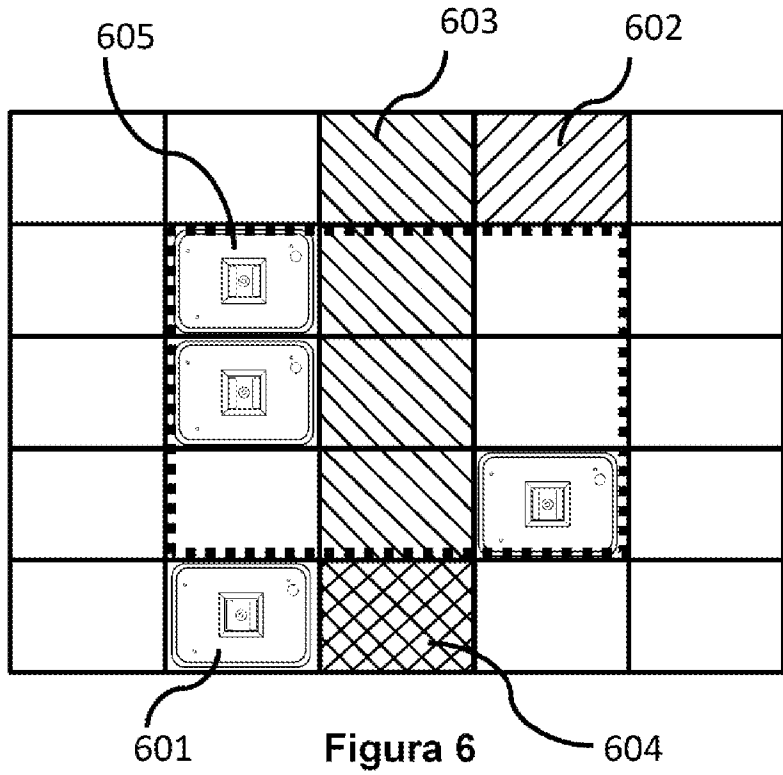
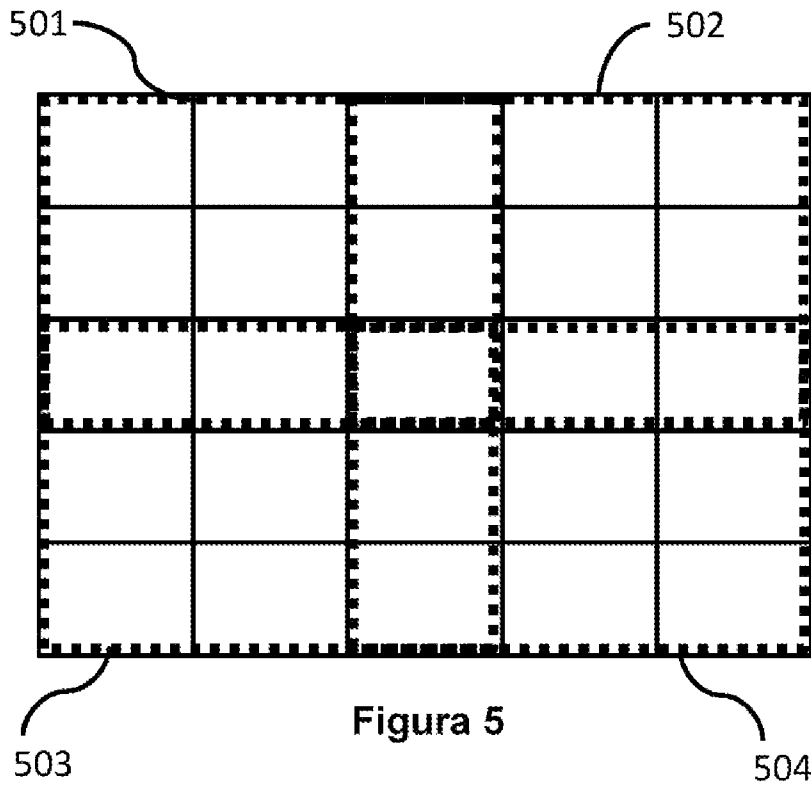
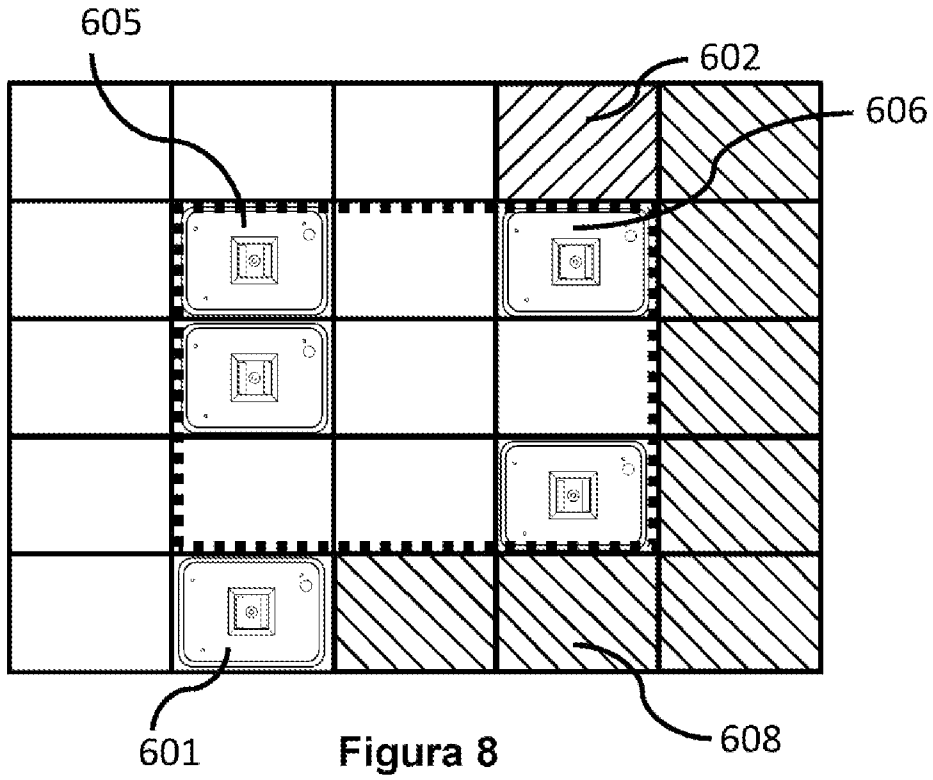
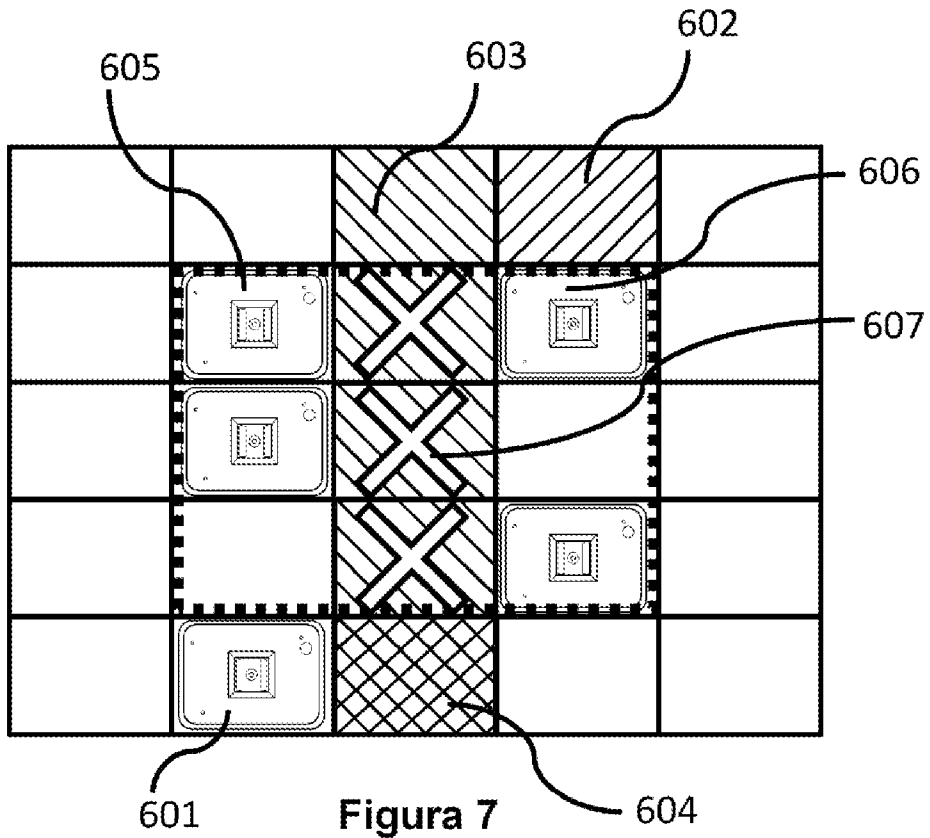


Figura 2





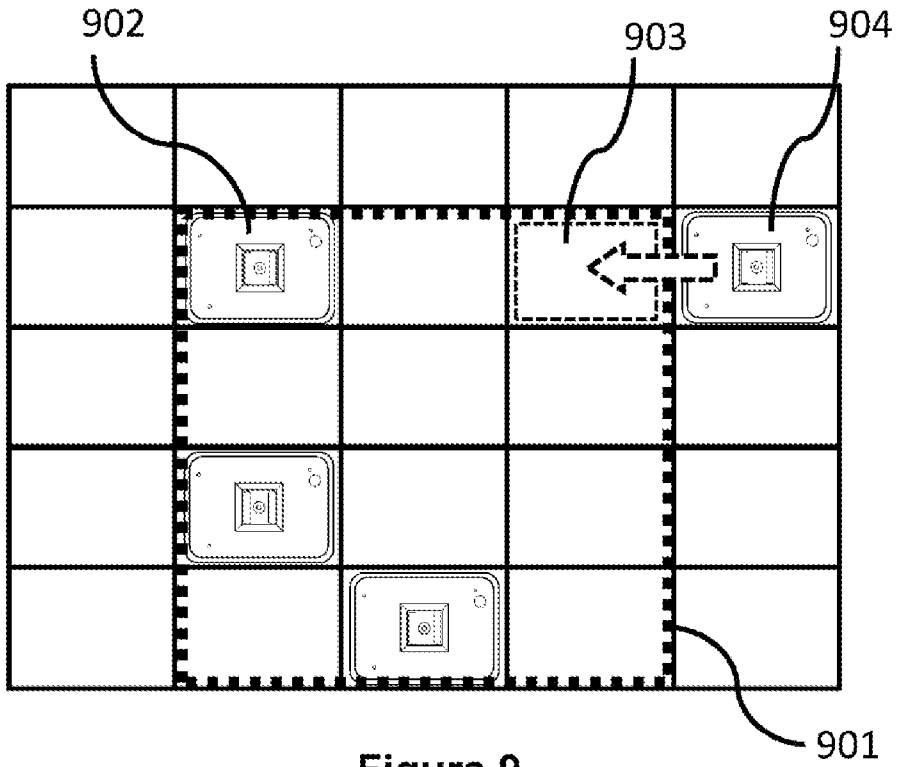


Figura 9

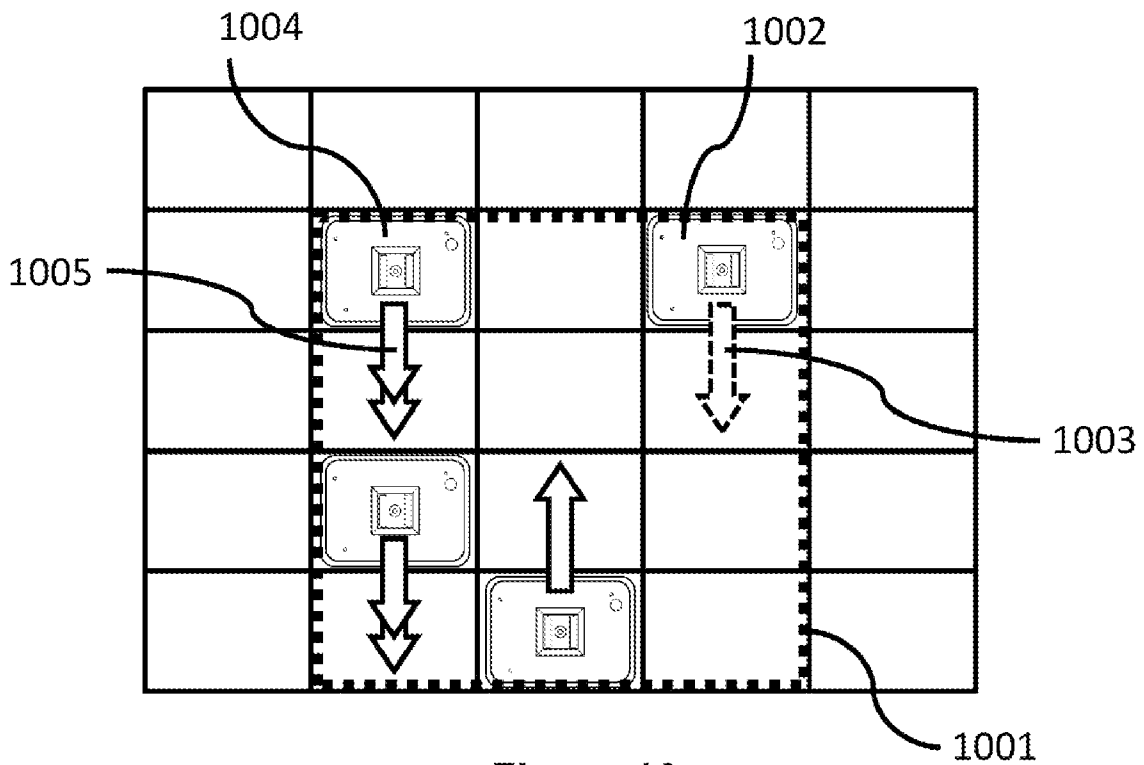


Figura 10

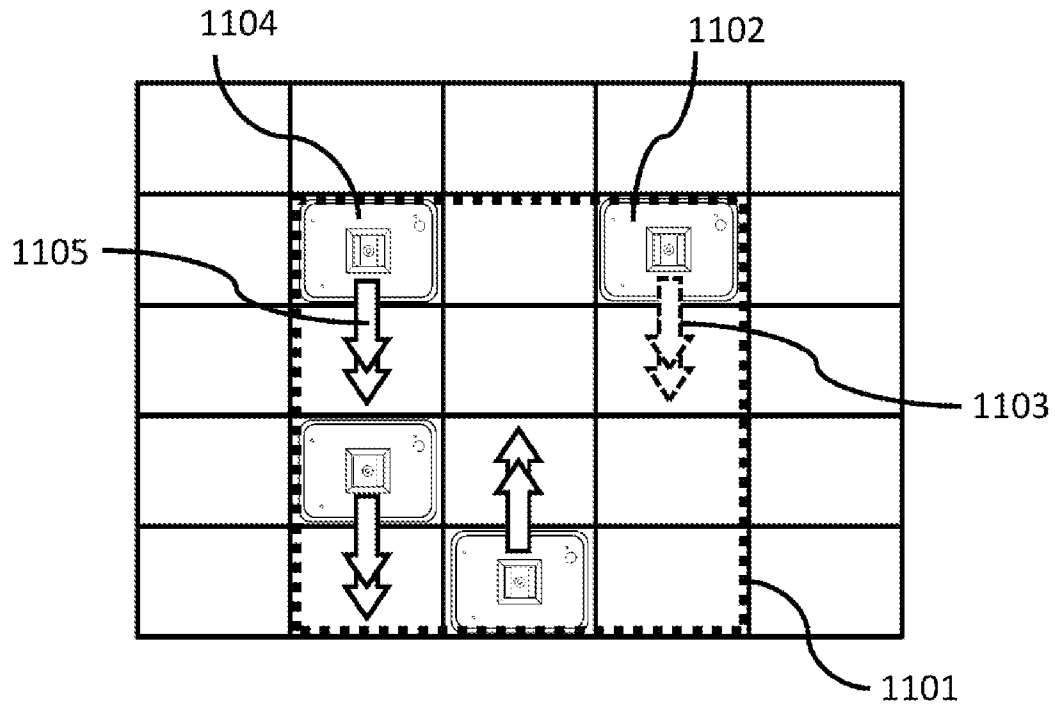


Figura 11

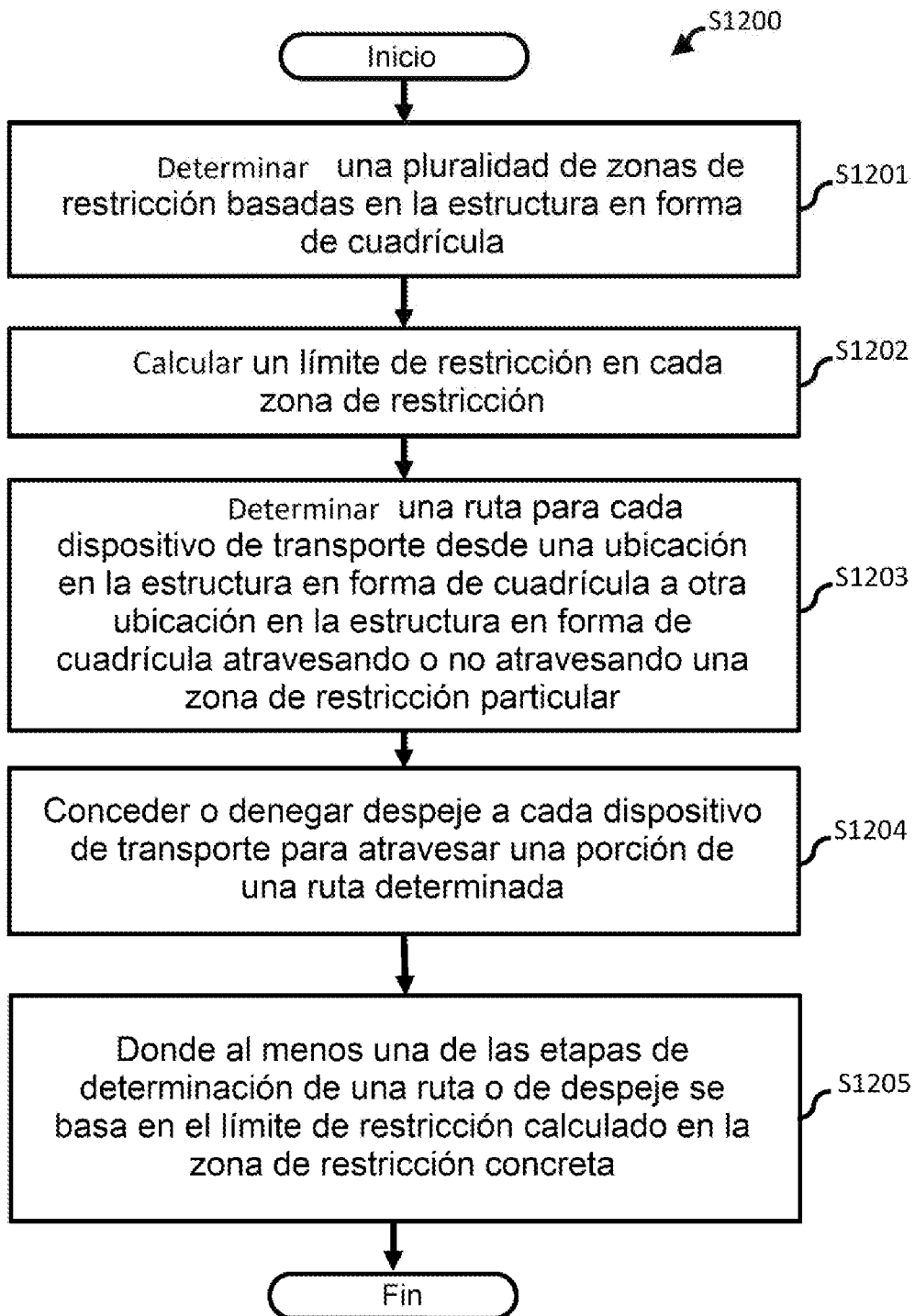


Figura 12

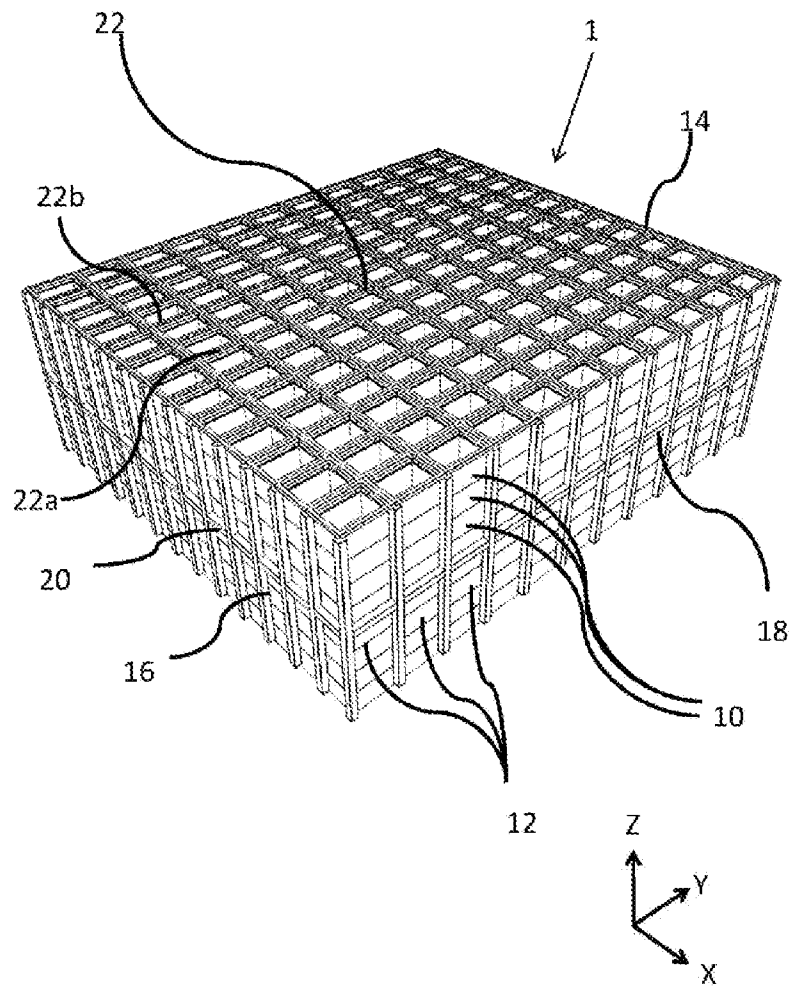


Figura 13
(TÉCNICA ANTERIOR)

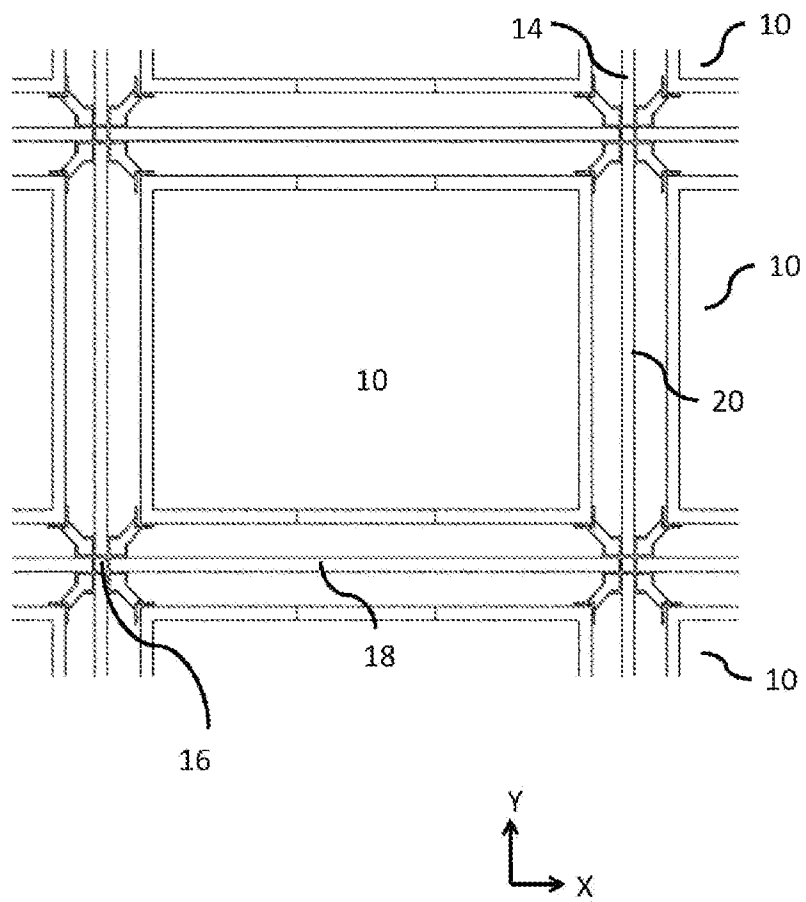


Figura 14
(TÉCNICA ANTERIOR)

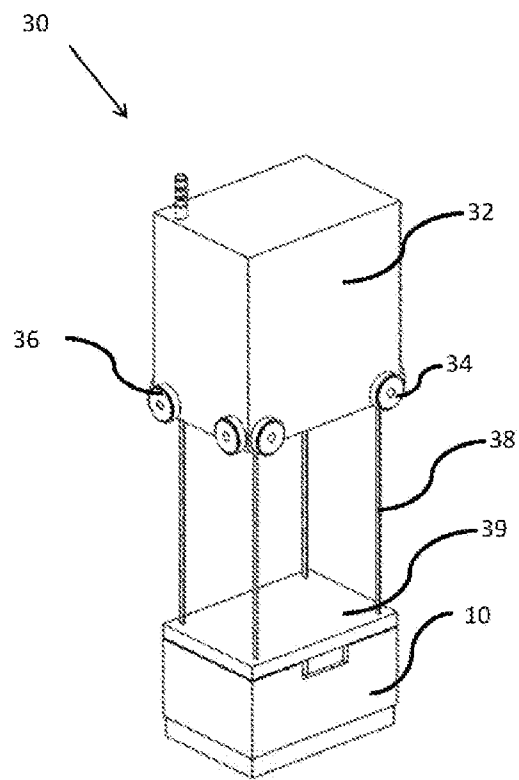
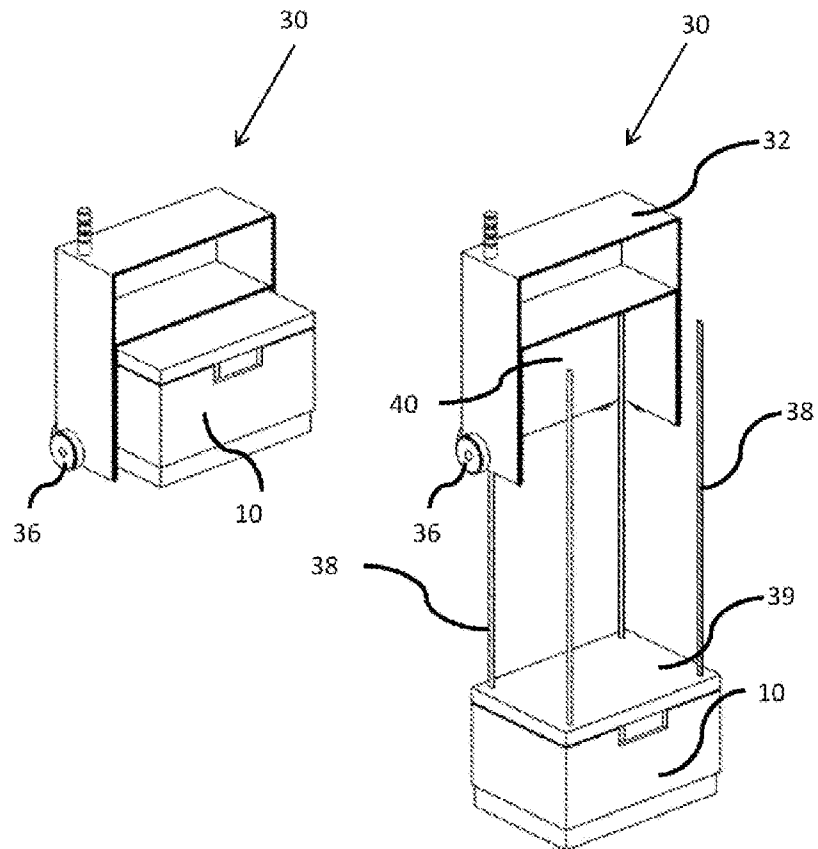


Figura 15a
(TÉCNICA ANTERIOR)



**Figuras 15b y 15c
(TÉCNICA ANTERIOR)**

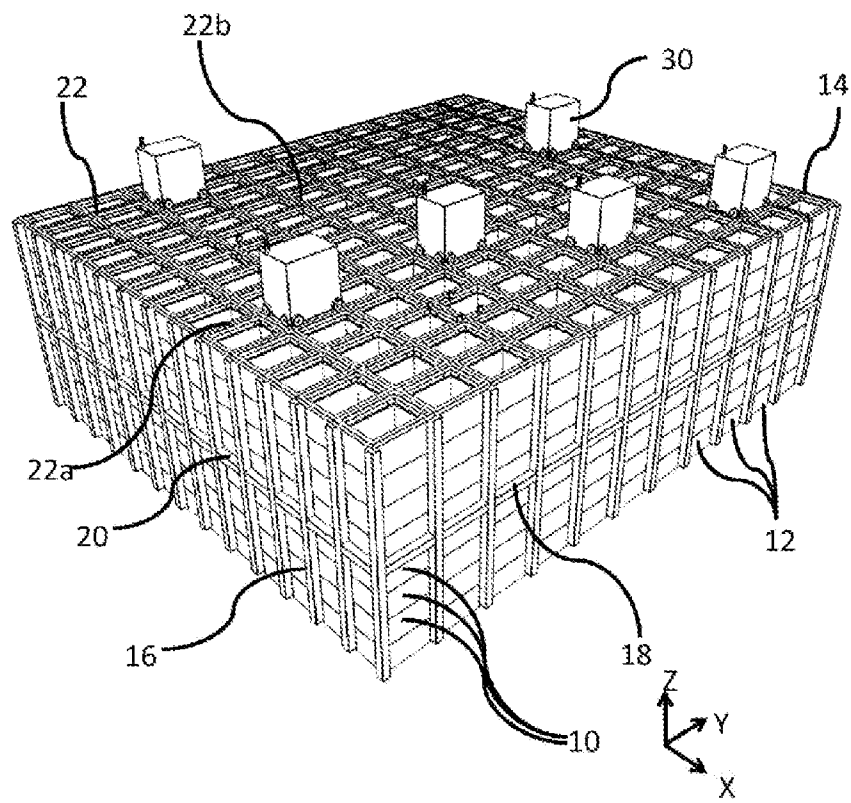


Figura 16
(TÉCNICA ANTERIOR)