

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 905 317**

51 Int. Cl.:

**G05D 1/02** (2010.01)

**G06K 19/06** (2006.01)

**B66F 9/06** (2006.01)

**G05B 19/418** (2006.01)

**G06Q 10/08** (2012.01)

**B66F 9/075** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.02.2016 PCT/IB2016/000081**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.08.2016 WO16125001**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.2016 E 16746177 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.12.2021 EP 3254059**

54 Título: **Aparato y método para la compensación de trayectos de navegación**

30 Prioridad:

**05.02.2015 AU 2015900362**

**05.02.2015 SG 10201500882V**

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

**07.04.2022**

73 Titular/es:

**GREY ORANGE PTE, LTD. (100.0%)  
20 Bendemeer Road, 3-12 Cyberhub  
Singapore 339914, SG**

72 Inventor/es:

**GUPTA, AKASH;  
HOELTGEN, WOLFGANG, KURT;  
KOHLI, SAMAY;  
KEJRIWAL, GAURAV;  
CHOUDHARY, SRIJAN;  
AGRAWAL, TUSHAR y  
SWARNIK**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 905 317 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**

Aparato y método para la compensación de trayectos de navegación

**Referencia cruzada a solicitudes relacionadas**

5 La presente solicitud reivindica prioridad con respecto a la Solicitud de Patente de Singapur n.º 10201500882V y la Solicitud de Patente Australiana n.º 2015900362, presentadas ambas el 5 de Febrero de 2015.

**Campo**

10 La presente exposición se refiere en general a un sistema de manipulación de mercancías, en el que las mercancías se almacenan en, y se recuperan de, un área de almacenamiento de mercancías. Específicamente, la presente descripción se refiere a un método para compensar trayectos de navegación de vehículos en el sistema de manipulación de mercancías.

**Antecedentes**

15 La descripción de antecedentes proporcionada en este documento tiene el propósito de presentar de manera general el contexto de la exposición. El trabajo del(de los) inventor(es) nombrado(s) en la presente, en la medida en que el trabajo se describe en esta sección de antecedentes, así como aspectos de la descripción que no pueden calificarse de otro modo como técnica anterior en el momento de la presentación, no se admiten de manera expresa ni implícita como técnica anterior frente a la presente exposición.

20 En un sistema de manipulación de mercancías parcialmente automatizado, se almacenan mercancías en un área de almacenamiento de mercancías y las mismas se transportan entre el área de almacenamiento de mercancías y estaciones de operario utilizando vehículos de transporte, tales como robots de transporte. En un sistema de este tipo, los vehículos de transporte se hacen navegar a través del área de almacenamiento de mercancías utilizando una cinta detectable por máquina que se coloca en el suelo de un almacén a lo largo de trayectos de movimiento predefinidos, o mediante el uso de láseres que interactúan con material reflectante que se coloca, por ejemplo, en paredes del almacén.

25 Sin embargo, tales sistemas de manipulación de mercancías existentes requieren vehículos de transporte relativamente complejos e implican tareas computacionalmente intensivas para controlar las posiciones de los vehículos. Además, tales sistemas no controlan las posiciones de los vehículos de transporte con alta precisión. En consecuencia, existe la necesidad de una técnica que controle (y monitorice) con precisión las posiciones de los vehículos de transporte de una manera eficiente desde el punto de vista computacional y sin interrupciones.

30 El documento GB2158965 (A) describe un sistema de guía y control de vehículos en el que una ruta deseada para el vehículo se almacena en el vehículo en forma de coordenadas en un sistema de referencia terrestre. Los "vectores" entre estos puntos de unión se dividen por puntos de referencia sucesivos en vectores incrementales, generándose los puntos de referencia delante del vehículo a intervalos regulares. Un sistema de navegación a estima predice la posición del vehículo al final de cada intervalo y esta estimación se corrige, utilizando un filtro de Kalman, mediante un sistema independiente de detección de objetivos fijos que utiliza un láser de exploración. El error entre la posición estimada del vehículo y el vector incremental local proporciona una corrección del ángulo de dirección para el vehículo, y la velocidad del vehículo depende del retardo del mismo por detrás de la generación de puntos de referencia.

35 El documento EP0936520 (A2) da a conocer sistemas y métodos para posicionar y hacer navegar un vehículo autónomo (102, 310) con el fin de permitir que el vehículo (102, 310) se desplace entre ubicaciones. Una primera estimación (112) de posición del vehículo (102, 310) se obtiene a partir de satélites (132-170, 200-206) de un sistema (100A) de posicionamiento global y/o un seudosatélite(s) (105). El(los) seudosatélite(s) (105) puede(n) utilizarse exclusivamente cuando los satélites (132-170, 200-206) no están a la vista del vehículo (102, 310). Una segunda estimación (114) de posición se obtiene a partir de una unidad (904) de referencia inercial y/o un odómetro (902) de vehículo. Las primera y la segunda estimaciones posición se combinan y filtran para obtener una tercera estimación (118) de posición. La navegación del vehículo (102, 310) se obtiene utilizando la información (414) de posición, los datos (416) de detección y elusión de obstáculos y los datos (908, 910) de vehículo de a bordo.

**Compendio**

40 La presente exposición proporciona un método para la corrección de trayectos de un vehículo que se desplaza desde un primer marcador a un segundo marcador como se detalla en la reivindicación 1, un aparato de procesamiento de información como se detalla en la reivindicación 6 y un soporte no transitorio legible por ordenador como se detalla en la reivindicación 11. En las reivindicaciones dependientes se proporcionan características ventajosas. La invención está definida por las reivindicaciones independientes 1, 6 y 11. Todas las partes de esta descripción que presenten características de la invención definidas por las reivindicaciones 1, 6 y 11 como opcionales deben interpretarse como ejemplos representativos que quedan fuera del alcance de la invención.

### Breve descripción de los dibujos

Se describirán en detalle varias realizaciones de la presente exposición que se proporcionan como ejemplos con referencia a las siguientes figuras, en las que los números iguales hacen referencia a elementos similares, y en las que:

- 5 la figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de manipulación de mercancías según una realización;
- la figura 2 es una representación esquemática de un almacén en el que se implementa el sistema de manipulación de mercancías de la figura 1;
- la figura 3 es una representación esquemática de un vehículo de transporte del sistema de manipulación de mercancías mostrado en la figura 1;
- 10 la figura 4 es una representación esquemática que ilustra un vehículo que transporta una estantería de mercancías del sistema de manipulación de mercancías mostrado en la figura 1;
- la figura 5 es una representación esquemática de una estación de operario del sistema de manipulación de mercancías que se muestra en la figura 1;
- 15 la figura 6 es una representación esquemática que ilustra relaciones entre marcadores del sistema de manipulación de mercancías según la teoría de grafos;
- la figura 7 ilustra una base de datos de mapas de ejemplo según una realización;
- la figura 8 es un diagrama de bloques que ilustra componentes funcionales de un sistema de gestión del sistema de manipulación de mercancías mostrado en la figura 1;
- 20 la figura 9 es un diagrama de bloques que ilustra componentes funcionales de un vehículo del sistema de manipulación de mercancías mostrado en la figura 1;
- la figura 10 es un diagrama de bloques que ilustra componentes funcionales de una estación de operario del sistema de manipulación de mercancías que se muestra en la figura 1;
- la figura 11 es un diagrama de flujo que ilustra pasos de un proceso de inventario;
- la figura 12 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de recogida de artículos;
- 25 la figura 13A y la figura 13B representan un diagrama de flujo que ilustra un proceso de cumplimentación de pedidos;
- la figura 14 es un diagrama que ilustra una metodología utilizada para la compensación de un trayecto de navegación de un vehículo;
- la figura 15 representa un diagrama de flujo ejemplificativo que representa los pasos realizados en la corrección de trayectos según una realización; y
- 30 la figura 16 ilustra un diagrama de bloques de un dispositivo informático según una realización.

### Descripción detallada

35 En las figuras de los dibujos a las que se ha hecho referencia se ilustran realizaciones ejemplificativas. Se pretende que las realizaciones y figuras dadas a conocer en este documento se consideren ilustrativas en lugar de restrictivas. No debe atribuirse a los ejemplos mostrados en los dibujos y analizados en la presente ninguna limitación sobre el alcance de la tecnología y de las sucesivas reivindicaciones.

40 Las realizaciones se describen principalmente en términos de procesos y sistemas particulares proporcionados en implementaciones particulares. Sin embargo, los procesos y sistemas funcionarán efectivamente en otras implementaciones. Expresiones tales como "una de las realizaciones", "una realización" y "otra realización" pueden referirse a realizaciones iguales o diferentes. Las realizaciones se describirán con respecto a métodos y composiciones que tienen ciertos componentes. Sin embargo, los métodos y las composiciones pueden incluir más o menos componentes de los mostrados, y se pueden aplicar variaciones en la disposición y el tipo de los componentes sin desviarse del alcance de la presente exposición.

45 Las realizaciones ejemplificativas se describen en el contexto de métodos que tienen ciertos pasos. Sin embargo, los métodos y composiciones funcionan efectivamente con pasos adicionales y pasos en diferentes órdenes que no son incompatibles con las realizaciones ejemplificativas. Por lo tanto, no se pretende que la presente exposición se limite a las realizaciones mostradas, sino que se le debe otorgar el alcance más amplio compatible con los principios y características descritos en este documento y limitado únicamente por las reivindicaciones adjuntas.

Además, cuando se proporciona un intervalo de valores, debe entenderse que cada valor intermedio entre un límite superior e inferior del intervalo - y cualquier otro valor establecido o intermedio en ese intervalo establecido - está incluido en la exposición. Cuando el intervalo establecido incluye unos límites superior e inferior, también se incluyen intervalos que excluyen cualquiera de esos límites. A menos que se indique expresamente, se pretende que los términos utilizados en el presente documento tengan el significado simple y ordinario acorde a la interpretación de aquellos con conocimientos habituales en la materia. Las siguientes definiciones pretenden ayudar al lector a comprender la presente exposición, pero no pretenden variar o, dicho de otra manera, limitar el significado de dichos términos a menos que se indique específicamente.

Volviendo ahora a la figura 1, se ilustra un sistema 10 de manipulación de mercancías. El sistema 10 incluye una pluralidad de estanterías 12 de mercancías, cada una de las cuales está configurada para contener varios artículos de mercancías que pueden incluirse en un pedido, tal como el pedido de un cliente. El sistema 10 de manipulación de mercancías también incluye una o más estaciones 14 de operario y una pluralidad de vehículos 16 que transportan estanterías 12 de mercancías entre un área 23 de almacenamiento de mercancías y una o más estaciones 14 de operario. En un ejemplo, los vehículos pueden ser vehículos de transporte o robots de transporte.

El movimiento de los vehículos 16 de transporte es gestionado por un sistema 18 de gestión, en comunicación con la(s) estación(es) 14 de operario y los vehículos 16 de transporte, a través de una red 19 de comunicación, tal como una red de comunicación inalámbrica y similares. En una realización, el sistema 18 de gestión comprende un aparato de procesamiento de información tal como un servidor (descrito más adelante con referencia a la figura 8) que incluye circuitería configurada para controlar la monitorización, de la navegación, y otras tareas descritas en este documento. En funcionamiento, los artículos necesarios para cumplimentar un pedido se transportan entre el área 23 de almacenamiento de mercancías y la estación 14 de operario por medio de al menos un vehículo 16 de transporte. Los pedidos se cumplimentan en parte, transportando estanterías 12 que incluyen artículos del pedido. El sistema de manipulación de mercancías también incluye marcadores 20a y 20b que se disponen, por ejemplo, en el suelo de un almacén, y que permiten la navegación del vehículo 16 de un punto a otro. El proceso de inventario entrante y el proceso de cumplimentación de pedidos salientes son gestionados en este ejemplo por el sistema 18 de gestión.

La figura 2 ilustra un almacén ejemplificativo en el que se puede implementar el sistema 10 de manipulación de mercancías de la figura 1. El almacén incluye una pluralidad de marcadores 20a-20d dispuestos en un suelo 21 del almacén. La figura 2 ilustra múltiples marcadores 20a-20d, que están clasificados en una realización, según el tipo y/o la ubicación de marcadores dentro del almacén. Sin embargo, solo algunos de los marcadores (20a-20d) han sido etiquetados para no abarrotar la ilustración. La referencia a un marcador particular 20a, 20b, 20c ó 20d podría referirse a cualquiera de los marcadores etiquetados particulares.

Las estanterías 12 se almacenan en un área 23 de almacenamiento de mercancías. En este ejemplo, los marcadores se pueden clasificar como marcadores 20a de almacén dispuestos generalmente entre el área 23 de almacenamiento de mercancías y la(s) estación(es) 14a-14c de operario. Los marcadores 20b de estantería están asociados a y dispuestos debajo de una estantería 12 cuando la estantería asociada 12 está dispuesta en una ubicación de almacenamiento definida en el área 23 de almacenamiento de mercancías. Los marcadores 20c de entrada a cola de espera están dispuestos en ubicaciones de entrada de las colas 22 de espera de estación y los marcadores 20d de salida de cola de espera están dispuestos en ubicaciones de salida de colas 22 de espera de estación. Sin embargo, se entenderá que los marcadores pueden estar dispuestos además, o alternativamente, en cualquier otro lugar, como en las paredes.

En una realización, los marcadores 20a-20d tienen la forma de un código de barras legible por máquina. Sin embargo, en realizaciones descritas en el presente documento puede incorporarse cualquier marcador legible por máquina que sea capaz de identificarse individualmente, como una etiqueta RFID, códigos QR y similares. Cada marcador 20a-20d tiene información de identificación única asociada que está vinculada a información de navegación. La información de identificación puede usarse para controlar el movimiento de un vehículo entre uno de un primer marcador 20a-20d y al menos otro de los marcadores 20a-20d. Para cada marcador 20a-20d, la información de navegación define la dirección y la distancia entre el primer marcador 20a-20d y cualquier otro marcador 20a-20d que se haya asociado al primer marcador 20a-20d. En algunas realizaciones, otros marcadores 20a-20d se corresponden con posibles obstáculos o áreas de interés con respecto al primer marcador designado 20a-20d. Los otros marcadores 20a-20d pueden ser adyacentes al primer marcador 20a-20d ó pueden estar a menos de una distancia predeterminada.

A partir de la información de navegación, pueden definirse trayectos de navegación entre múltiples marcadores 20a-20d mediante la identificación de cada marcador 20a-20d, cuando un vehículo 16 pasa por encima del o junto al marcador 20a-20d. Según una realización, pueden ubicarse sensores, como una o más cámaras, en una superficie inferior del vehículo 16. A medida que el vehículo 16 pasa por un marcador 20a-20d, el sensor identifica el marcador particular 20a-20d y, de este modo, identifica una ubicación de vehículo 16.

Según una realización, un servidor controla las operaciones de navegación de los vehículos 16 en el almacén. Específicamente, cuando un vehículo 16 atraviesa un marcador particular, el vehículo 16 captura una imagen del marcador y transmite la imagen capturada al servidor. El servidor, al recibir la imagen del marcador, procesa la imagen del marcador, para determinar la identificación de información única asociada al marcador. De manera adicional o alternativa, según una realización, el vehículo 16, al capturar la imagen del marcador, puede procesar la imagen para

determinar la información de identificación única y, después de ello, transmite la información de identificación al servidor.

El servidor procesa la imagen de marcador recibida y/o la información de identificación única asociada al marcador, para transmitir información de navegación que se almacena en una base de datos de mapas (también denominada en este documento mapa de marcadores y descrita más adelante con referencia a la figura 7) al vehículo 16. En una realización, el servidor transmite información de navegación al vehículo 16 salto a salto. Específicamente, para hacer navegar un vehículo 16 entre un marcador de origen y un marcador de destino, se calcula un trayecto de transporte (por parte del servidor) que indica una secuencia de marcadores entre el marcador de origen y el marcador de destino que debe atravesar el vehículo 16. Además, para la secuencia dada de marcadores que son atravesados por el vehículo 16, cada vez que el vehículo 16 captura, y, después de ello, transmite (al servidor), la imagen del, o la identificación única asociada al, marcador sobre el que está actualmente dispuesto, el servidor transmite al vehículo 16 información de navegación del marcador actual al siguiente marcador sucesivo en la secuencia de los marcadores.

Según una realización, para hacer navegar el vehículo 16 entre el marcador de origen y el marcador de destino, el servidor calcula un trayecto de transporte que indica una secuencia de marcadores entre el marcador de origen y el marcador de destino que debe atravesar el vehículo 16. Posteriormente, el servidor transmite al vehículo 16 información de navegación correspondiente al recorrido de una pluralidad de marcadores consecutivos en la secuencia de marcadores. Por ejemplo, el servidor puede transmitir información de navegación correspondiente al recorrido de cinco marcadores consecutivos en la secuencia de marcadores. Al hacer esto, la presente exposición incurre en la capacidad ventajosa de utilizar el ancho de banda de comunicación del sistema 10 de manipulación de mercancías de una manera eficiente.

Se apreciará que, dado que cada marcador 20a-20d tiene información de navegación asociada al mismo y que se usa para indicar a un vehículo 16 que se mueva desde un marcador 20a-20d a un marcador adyacente 20a-20d, los marcadores 20a-20d no necesitan estar dispuestos en el suelo 21 del almacén en cualquier patrón predefinido. Los marcadores 20 pueden estar dispuestos en el suelo 21 en ubicaciones que sean apropiadas para la configuración del almacén. Además, los marcadores 20a-20d se pueden disponer en cualquier otro lugar, por ejemplo, en paredes o estanterías.

La información de navegación también puede usarse para prevenir colisiones y para prevenir y resolver situaciones de interbloqueo con múltiples vehículos 16. En una realización, un vehículo 16 puede reservar una parte de su trayecto de navegación antes de embarcarse en el trayecto de navegación. Se reservan partes de un trayecto de navegación ya que sólo un vehículo 16 a la vez puede ocupar la misma parte o segmento de un trayecto de navegación. Si la parte del trayecto de navegación está disponible, el vehículo 16 realiza la reserva y comienza a moverse hacia su punto de destino. A medida que el vehículo 16 pasa por la parte reservada de su trayecto, la parte reservada deja de estar reservada, para no impedir que otro vehículo 16 se desplace por la misma parte reservada. Según una realización, el vehículo 16 continúa reservando partes sucesivas de su trayecto de navegación y anulando la reserva de las partes recorridas.

Se puede realizar una reserva de movimiento para reservar un número predeterminado de segmentos de trayecto mientras un vehículo 16 se está desplazando por un trayecto de navegación. El número de segmentos de trayecto reservados puede depender de la región particular del trayecto de navegación, tal como doblar una esquina, atravesar un área de un solo sentido, moverse alrededor de un obstáculo o cualquier movimiento que probablemente estorbe a otro vehículo cercano 16 dentro de una sección del mismo trayecto de navegación.

De acuerdo con una realización, dos vehículos 16 pueden necesitar pasar por la misma región al mismo tiempo, tal como una intersección. En esta situación, un vehículo 16 puede reservar una parte de su trayecto de navegación que atraviesa la intersección. Además, el vehículo 16 puede efectuar una reserva de seguridad sobre la parte de la intersección del trayecto de intersección, de modo que otro vehículo 16 no se desplace a través de la intersección mientras el primer vehículo 16 se está desplazando a través de la intersección. Después de que el primer vehículo 16 haya atravesado la intersección, el primer vehículo 16 puede liberar la reserva de seguridad.

De acuerdo con una realización, se puede enviar una notificación a un administrador de interbloqueos cuando un primer vehículo 16, o un obstáculo, esté bloqueando un segundo vehículo 16 en su trayecto de navegación. El administrador de interbloqueos puede crear un grafo de dependencia. Cuando hay un ciclo dentro del grafo, es decir, una dependencia cíclica, el administrador de interbloqueos puede tomar el control de la situación de interbloqueo y mover uno de los vehículos 16 del ciclo fuera del bucle para que el otro vehículo 16 pueda continuar en su trayecto de navegación. Si un obstáculo está bloqueando a un vehículo 16 de manera que este no puede avanzar, el administrador de interbloqueos puede alterar el trayecto de navegación para permitir el paso del vehículo 16 de regreso a su trayecto de navegación.

Realizaciones descritas en el presente documento también pueden evitar que se produzcan situaciones de interbloqueo. Cuando se calcula un trayecto de navegación para un vehículo particular 16, el trayecto de navegación puede almacenarse en una base de datos aparte. Cuando un vehículo 16 está a punto de reservar una sección o segmento particular de un trayecto de navegación, se realiza una consulta a la base de datos para determinar si otro vehículo 16 tiene un trayecto de navegación planificado para esa sección o segmento particular que se está

considerando. Si es así, el vehículo 16 realiza una reserva de seguridad de cada segmento de los trayectos solapados hasta que se alcanza una sección del trayecto de navegación en la que no existe un potencial interbloqueo. Ningún otro vehículo 16 puede reservar un segmento o sección en el que esté presente una reserva de seguridad. En una realización, otro vehículo 16 puede entrar en y salir de la zona de seguridad, pero no puede detenerse en la zona de seguridad. Las realizaciones para evitar situaciones de interbloqueo consideran el trayecto de navegación real, así como el tiempo de desplazamiento por el trayecto de navegación.

La figura 3 representa un ejemplo de vehículo 16 de transporte. El vehículo 16 puede ser un vehículo de transporte o un robot de transporte. El vehículo 16 incluye una carrocería 30 y ruedas 34, al menos algunas de las cuales son controlables individualmente para controlar la velocidad y la dirección del movimiento del vehículo 16. Realizaciones descritas en este documento contemplan varios tipos y tamaños de ruedas 34, que pueden depender del tipo de superficie del suelo. Por ejemplo, se pueden usar ruedas más pequeñas en una superficie de suelo dura y lisa, mientras que en una superficie de suelo rugosa pueden ser necesarias ruedas de goma más grandes. Una placa 36 de contacto se puede elevar o bajar de forma controlable con respecto al cuerpo 30 para elevar o bajar una estantería 12 de mercancías dispuesta en el vehículo 16 de transporte, y facilitar, así, el transporte de la estantería 12 de mercancías entre el área 23 de almacenamiento de mercancías y una estación 14 de operario.

En la figura 4 se ilustra una estantería 12 de mercancías transportada por un vehículo 16. Como se ilustra, la placa 36 de contacto está dispuesta en una posición elevada y, en consecuencia, eleva la estantería 12 de mercancías con respecto al suelo 21. En un ejemplo, la estantería 12 de mercancías puede ser elevada por la placa 36 de contacto del vehículo 16 aproximadamente 5-10 cm, por ejemplo. Sin embargo, realizaciones descritas en este documento contemplan otras dimensiones de elevación, que pueden depender de factores como el tipo de suelo, la lisura del suelo, la nivelación del suelo y/o el peso total de las mercancías transportadas por la estantería 12. Por ejemplo, si el peso de las mercancías en la estantería está por encima de un cierto umbral de peso predeterminado, la altura de la estantería se puede fijar a un nivel de altura predeterminado (correspondiente al peso total) para garantizar un centro de gravedad bajo del vehículo. Al hacer esto, la presente exposición incurre en la capacidad ventajosa de garantizar que la estantería sea estable y que las mercancías en la estantería se puedan transportar de una ubicación a otra sin temor a que los artículos de las mercancías se vengán abajo. Además, la estantería 12 de mercancías incluye uno o más estantes 40, cada uno de los cuales incorpora varias ubicaciones de recepción de artículos que son capaces de recibir artículos 42 de mercancías. Las ubicaciones de recepción de artículos pueden estar separadas además por compartimentos, lo que facilita el acceso para un operario al que se le ha asignado a una estación de trabajo en la recuperación de las mercancías.

Volviendo ahora a la figura 5, se ilustra una estación 14 de operario ejemplificativa. La estación 14 de operario puede configurarse como una estación de recogida y/o colocación dependiendo de si la estación 14 de operario se usa para una o ambas opciones de añadir nuevos artículos de mercancía al área 23 de almacenamiento de mercancías y recuperar artículos para cumplimentar la totalidad o una parte de un pedido del área 23 de almacenamiento de mercancías.

Como se muestra en la figura 5, la estación 14 de operario incluye una pluralidad de contenedores 46 de pedidos, siendo utilizado cada contenedor 46 de pedidos para recibir artículos que forman parte de un pedido. Se entenderá que cuando se automatiza la recuperación de artículos para completar un pedido, y el sistema 10 controla la disposición de los artículos en los contenedores 46 de pedidos, el sistema 10 es capaz de cumplimentar múltiples pedidos al mismo tiempo. También se pueden cumplimentar múltiples pedidos al mismo tiempo cuando la estación de recogida y/o colocación puede dar acomodo a más de una persona.

La estación 14 de operario de la figura 5 se ilustra durante un proceso de cumplimentación de pedidos, en el que artículos 42 de mercancía que forman parte de un pedido se recuperan del área 23 de almacenamiento de mercancías y se disponen en un contenedor 46 de pedidos por parte de un operario. El contenedor 46 de pedidos es asignado al pedido por un servidor del sistema 10. La estación 14 de operario incluye una unidad 48 de control configurada para controlar y coordinar operaciones en la estación 14 de operario. La estación 14 de operario también incluye un dispositivo señalador 50, tal como como un puntero láser y un escáner 52 configurado para escanear un identificador dispuesto en un artículo 42 de mercancías. El identificador puede ser cualquier identificador legible por ordenador, incluido un código de barras lineal o un código matricial, tal como un código QR.

Cuando los artículos 42 de mercancías son transportados a la estación 14 de operario por un vehículo 16 de transporte, se identifica mediante un dispositivo señalador 50 un artículo 42 de mercancías que forma parte de un pedido que se está cumplimentando en ese momento. En este ejemplo, un puntero láser apunta hacia el artículo 42 de mercancías. En una realización, el láser apunta a un código que incluye, aunque sin carácter limitativo, un código de barras o un código matricial. Además, se pueden usar diferentes colores de láser con el fin de identificar artículos 42 de mercancías para la colocación de múltiples pedidos en múltiples contenedores asociados. El uso de diferentes colores de láser u otros métodos de identificación distintivos es beneficioso cuando la misma estantería 12 de mercancías incluye artículos de mercancías iguales o diferentes que pueden cumplimentar múltiples pedidos.

Después de retirar el artículo 42 de mercancía identificado de la estantería 12, el operario en la estación 14 de operario puede escanear el código de barras o código matricial del artículo 42 de mercancías utilizando el escáner 52. Al hacerlo así, el artículo 42 de mercancías puede ser verificado por la unidad 48 de control, garantizando así que de la

estantería 12 se ha retirado el artículo 42 de mercancías correcto para el pedido en curso. Se le indica entonces al operario el contenedor 46 de pedidos apropiado para el artículo 42 de mercancías, por ejemplo, iluminando una luz en el contenedor 46 de pedidos. En el caso de diferentes colores de láser, la luz para el contenedor 46 de pedidos puede configurarse para que coincida con el color de láser utilizado para el pedido correspondiente.

5 Según una realización, cada marcador 20a-20d tiene información de navegación asociada que identifica un trayecto de navegación desde un primer marcador a otro u otros marcadores, tales como marcadores que están ubicados adyacentes al primer marcador. De esta forma, se define un mapa de marcadores para todos los marcadores 20a-20d, teniendo cada marcador 20a-20d información asociada que define efectivamente la ubicación del primer marcador en relación con otros marcadores a lo largo de uno o más trayectos predeterminados.

10 La figura 6 ilustra una representación 60 de la teoría de grafos de un mapa de marcadores. El grafo 60 incluye nodos 62 (cada uno de los cuales representa uno de los marcadores 20a-20d) y aristas 66. Las aristas 66 indican que existe una conexión entre dos marcadores 20a-20d. Específicamente, una arista 66 que conecta dos marcadores indica que un vehículo 16 puede desplazarse directamente desde un marcador al otro marcador, sin visitar ningún otro marcador intermedio. Así, todas las aristas consideradas como un conjunto definen la posición de los marcadores 20a-20d, de uno con respecto a otro.

De acuerdo con una realización, el servidor puede mantener datos correspondientes a la relación de conectividad entre los diferentes marcadores en una base de datos (denominada en el presente documento mapa de marcadores). Los datos se pueden almacenar en una base de datos de tipo clave-valor, con el código de barras (o información de identificación única) como clave y las propiedades asociadas al código de barras como valor. Las propiedades se pueden definir de tal manera que se puedan cumplir ciertos requisitos, como un listado de marcadores vecinos dentro de los datos de navegación y similares. En consecuencia, en lugar de almacenar posiciones de los marcadores como puntos absolutos en el espacio, en la presente realización, las posiciones de los marcadores se almacenan unas con respecto a otras. Al hacerlo así, la presente exposición proporciona la capacidad ventajosa de identificar, de manera eficiente en el tiempo, las relaciones de conectividad entre los marcadores. En consecuencia, el servidor utiliza el mapa de marcadores para determinar rutas entre un marcador de origen y un marcador de destino.

Según una realización, el mapa de marcadores es un sistema de base de datos que almacena todos los datos relacionados con puntos detectables en una superficie, tal como el suelo de un almacén. Cada punto representa un área bidimensional en el territorio. Se puede verificar que el código de un primer marcador está en el mapa de marcadores. El código puede ser un código de barras, que es un punto en una estructura de mapa indicado por una cadena única, la cual se codifica en el marcador. También se puede hacer una lista de marcadores vecinos adyacentes o cercanos 20a-20d del primer marcador almacenando la información de marcador correspondiente a cada marcador en relación con cada uno del resto de marcadores. Al hacerlo así, se proporciona un ahorro en la potencia de procesamiento y el tiempo consumido en el cálculo de una distancia a otro marcador.

Realizaciones descritas en el presente documento para un mapa de marcadores son capaces de determinar si existe un código de barras en el mapa de marcadores, y además de hacer una lista de los códigos de barras de todos los marcadores vecinos del marcador. Para un código de barras en particular, el mapa de marcadores hace una lista de marcadores vecinos, que se verán afectados si se hace girar una estantería de un tamaño particular en torno a un código de barras. El mapa de marcadores también puede hacer una lista de los marcadores vecinos, a los que puede desplazarse un vehículo 16 en particular desde su código de barras actual, según el estado del vehículo 16. Para cada vecino de un código de barras, el mapa de marcadores almacena información de navegación sobre cómo llegar cada marcador vecino. La información de navegación puede presentarse en términos de un ángulo de rumbo efectivo medido con respecto a un punto de referencia, una distancia a recorrer y similares. Sin embargo, debe apreciarse que, con las realizaciones descritas en este documento, se pueden usar otras identificaciones de navegación.

Además, el mapa de marcadores también puede almacenar información relativa a un trayecto de navegación entre dos marcadores. También se puede hacer una lista de un trayecto de navegación e instrucciones desde el primer marcador a cada marcador vecino 20a-20d. En las instrucciones de navegación para cada marcador vecino 20a-20d se incluyen condiciones, tales como un ascensor que está elevado y que transporta una estantería 12, o un ascensor que está bajado. Además, puede hacerse una lista de cualquier marcador vecino 20a-20d, que se vea afectado por la rotación de una estantería 12 de un tamaño particular.

50 En lo sucesivo se describe según una realización, una estructura de mapa de marcadores que puede usarse con un sistema de navegación de vehículos de la presente exposición. Debe apreciarse que las realizaciones descritas en el presente documento no se limitan a la estructura de mapa en particular. La estructura de mapa particular se representa en un espacio bidimensional. Sin embargo, otras realizaciones pueden utilizar una extensión tridimensional (o superior) de la estructura de mapa particular descrita en este documento.

55 La Tabla I representa una estructura de mapa de marcadores de ejemplo que ilustra información almacenada para marcadores. En aras de la ilustración, en la Tabla I solo se representa información correspondiente a cuatro marcadores. Sin embargo, debe observarse que el mapa de marcadores también puede almacenar información correspondiente a otros códigos de barras. En la Tabla I, BARCODE se corresponde con el número de código de barras del marcador, BOTID se corresponde con el número de identificación del vehículo actualmente dispuesto en el

5 código de barras, BLOCKED representa si el código de barras está reservado o no, NEIGHBOURS es un campo binario de 12 bits que almacena información relativa a los vecinos del marcador, ZONE representa el área geográfica del almacén donde está dispuesto el marcador, los números de SIZE\_INFO son la distancia entre el código de barras actual y sus cuatro códigos de barras vecinos (norte, este, sur y oeste) y STORE\_STATUS es una entidad binaria que representa si se puede colocar una estantería en el código de barras (1-sí, 0-no).

10 Según una realización, el campo NEIGHBOR es un campo binario de doce dígitos en el que se reservan tres dígitos para cada código de barras que es un vecino inmediato del código de barras en las direcciones norte, sur, este y oeste, respectivamente. Sin embargo, para cada código de barras no hay presencia necesariamente de un vecino en cada una de esas direcciones. Cada uno de los tres dígitos (correspondientes a una dirección) representa la siguiente información (expresada con referencia a la dirección norte): (a) ¿si existe un código de barras en la dirección norte? (1-sí, 0-no), (b) ¿ puede desplazarse un vehículo al código de barras del norte sin estantería? (1-sí, 0-no), y (c) ¿el vehículo puede desplazarse al código de barras del norte con una estantería? (1-sí, 0-no).

Tabla-I: Estructura del mapa de marcadores.

BARCODE	BOTID	BLOCKED	NEIGHBOURS	ZONE	SIZE_INFO	STORE_STATUS
12.018	Nulo	Verdadero	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1	Por defecto	750,610,750,610	1
20.012	Nulo	Falso	1,1,1,1,1,0,1,1,1,1,1,1	Por defecto	610,610,610,610	1
17.022	Vehículo -5	Verdadero	1,1,1,0,1,1,1,1,1,1,1,1	Carga	750,610,750,610	0
17.017	Vehículo-2	Verdadero	0,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1	Almacenamiento	620,610,610,610	1

15 La figura 7 representa una tabla 70 según una realización, que ilustra datos parciales de otro mapa de marcadores ejemplificativo. Los datos son indicativos de cada marcador 20a-20d con respecto a otros marcadores 20a-20d. La información de navegación indicativa de las posiciones de los marcadores 20a-20d y sus posiciones relativas con respecto a otros marcadores 20a-20d se almacena en una base de datos.

20 La tabla 70 incluye un campo origen 72 que incluye información única que identifica un marcador de origen, un campo destino 74 que especifica un marcador de destino y un campo método de desplazamiento 76 que indica si se requiere que un vehículo de transporte se desplace sobre un terreno relativamente plano, en un ascensor, o sobre una pendiente entre los marcadores de origen y destino. La tabla 70 también incluye un campo detalles 78 de los valores de navegación de dirección, elevación y distancia que definen la información de navegación requerida para que un vehículo 16 de transporte se mueva a lo largo de un trayecto de navegación desde el marcador de origen al marcador de destino. Además, la Tabla 70 incluye un campo coste 80 que indica el "coste" respectivo del vehículo 16 de transporte que se mueve a lo largo del trayecto de navegación en términos de la cantidad de tiempo empleada.

30 En los datos ejemplificativos ilustrados en la figura 7, el área 23 de almacenamiento de mercancías puede estar dispuesta en varios niveles (pisos) de un edificio. Por lo tanto, para desplazarse entre diferentes niveles del edificio, el vehículo 16 de transporte puede necesitar desplazarse en un ascensor. Para este fin, se puede disponer un marcador en el ascensor. Como se ilustra en la tabla 70, para un marcador dispuesto en un ascensor, los campos origen y destino 72, 74 también incluyen información indicativa de la planta actual, como el suelo 21 en el que está dispuesto el ascensor. El campo detalles 78 también incluye información que identifica de forma única el ascensor. En otra realización, a cada nivel de planta se le podría asignar uno o más vehículos 16. Como resultado, es posible que solo la estantería 12 deba desplazarse en el ascensor sin el vehículo 16. La estantería 12 podría ser cargada y descargada por diferentes vehículos 16, en donde un primer vehículo 16 podría cargar la estantería 12 en el ascensor al nivel de la primera planta, y un segundo vehículo 16 podría descargar la estantería 12 del ascensor al nivel de la segunda planta.

40 Volviendo a la figura 8, se representa un diagrama de bloques ejemplificativo 81 que ilustra componentes funcionales de un sistema de gestión del sistema de manipulación de mercancías. Los componentes funcionales 81 se implementan mediante circuitería y utilizan cualquier disposición adecuada, por ejemplo, un dispositivo informático adecuado con procesador(es), memoria y medios de almacenamiento de datos asociados (descritos más adelante con referencia a la figura 16). En una realización, los componentes funcionales 81 incluyen uno (o más) servidores que funcionan junto con una o más bases de datos. Debe observarse que los servidores descritos en este documento no se limitan a ninguna combinación específica o circuito de *hardware* y/o *software*.

45 Los componentes funcionales 81 incluyen un dispositivo 82 de almacenamiento de datos, tal como una unidad de disco duro (HDD) o un dispositivo de estado sólido (SSD), representado en la figura 8 como una base de datos, aunque se entenderá que las realizaciones descritas en este documento contemplan cualquier disposición de almacenamiento de datos adecuada. El dispositivo 82 de almacenamiento de datos está dispuesto para almacenar datos 83 de marcadores indicativos de un mapa de marcadores del tipo representado en las figuras 6 y 7, y la Tabla I. El mapa 83

de marcadores puede incluir la información de identificación única asociada a cada marcador 20a-20d y las relaciones de navegación con otros marcadores 20a-20d.

5 Los componentes funcionales 81 también incluyen un administrador 84 de inventario que gestiona el proceso de añadir nuevos artículos 42 de mercancías al almacén, y registra el inventario actual de artículos 42 de mercancías en una base 86 de datos de inventario. La base 86 de datos de inventario también incluye información indicativa de las respectivas ubicaciones de almacenamiento de las estanterías 12 en el almacén y de las ubicaciones de los artículos 42 de mercancía en las estanterías 12. De esta manera, se conocen las ubicaciones de almacenamiento de todos los artículos 42 de mercancía en el almacén.

10 Un generador 88 de pedidos gestiona la recepción de pedidos de clientes, tales como pedidos recibidos a través de un sistema de pago en línea asociado a un sitio web de comercio electrónico. Los pedidos creados son gestionados por un administrador 90 de pedidos que almacena detalles de los pedidos creados en forma de entradas de pedidos en una base 92 de datos de pedidos pendientes. El administrador 90 de pedidos procesa los pedidos enviados por un cliente, tales como pedidos enviados a través de una interfaz 112 de red. La interfaz 112 de red formatea el pedido entrante para procesarlo y lo envía al sistema 10 usando una o más interfaces de programación de aplicaciones (APIs) de pedidos. Los pedidos se envían a la lista de pedidos pendientes.

15 Según una realización, el administrador 90 de pedidos forma un bucle de procesamiento de pedidos en el que se van a procesar pedidos pendientes, para encontrar el pedido óptimo en las condiciones actuales en las que procesar los pedidos pendientes. Para un gran volumen de pedidos pendientes, se pueden usar filtros para obtener los resultados deseados. Por ejemplo, un primer filtro ejemplificativo es un filtro de estanterías entrantes. Si una estantería que ya está ubicada en una estación de procesamiento de pedidos puede cumplimentar cualquier pedido pendiente, esos pedidos se colocan en una posición más alta en la cola de pedidos pendientes para aumentar las posibilidades de que su procesamiento, mientras al menos una de las estanterías 12 necesarias todavía se encuentra en la estación de procesamiento de pedidos. Además, un segundo filtro de ejemplo puede ser un filtro de prioridad de cliente o un filtro de prioridad de pedidos en el que se han marcado pedidos designados de manera especial para un servicio acelerado.

20 Un tercer filtro de ejemplo puede ser un filtro de antigüedad (es decir, cuánto tiempo ha estado pendiente en el sistema un pedido en curso) en el que los pedidos más antiguos se procesan antes que los pedidos más nuevos.

25 El administrador 90 de pedidos también gestiona la cumplimentación de la temporización de los pedidos pendientes en la base 92 de datos de pedidos. En un ejemplo, el administrador 90 de pedidos está configurado para iniciar el procesamiento de un pedido pendiente cuando se genera una señal de activación para indicar que un contenedor 46 de pedidos en una estación 14 de operario está disponible para cumplimentar un pedido.

30 La lista de pedidos pendientes priorizados se reenvía a un bucle de procesamiento de pedidos para obtener un inventario de un conjunto de mercancías que pueda cumplimentar el pedido. Se generan todas las combinaciones de artículos de mercancía (junto con la identificación de su estantería 12 asociada) y las diferentes estaciones de procesamiento de pedidos para formar combinaciones de cumplimentación de artículos (IFCs), también denominadas en el presente documento lista de cumplimentación de pedidos (OFL). Se generan diferentes combinaciones de estanterías para cada IFC, es decir, la combinación de estanterías que contienen artículos 42 de mercancías para el pedido particular en una estación de procesamiento de pedidos particular.

35 El administrador 90 de pedidos gestiona la secuencia de cumplimentación de pedidos pendientes calculando un "coste" de cada pedido pendiente e iniciando la cumplimentación de pedidos sobre la base de un "coste" mínimo. El "coste" del pedido está relacionado con el tiempo empleado para transportar todas las estanterías requeridas para un pedido a una estación 14 de operario designada. Sin embargo, en otras realizaciones otros factores de coste pueden sustituir al tiempo empleado o se pueden considerar junto con este último.

40 En una realización, el "coste" se puede subdividir en un coste de distancia, un coste de estanterías y un coste de carga de la estación de recogida y/o colocación (PPS). El coste de la distancia puede incluir la distancia total a cubrir por el vehículo o vehículos 16 entre las estanterías 12 seleccionadas y la PPS para completar el pedido. Un coste de estanterías incluye el número total de estanterías 12 usadas para completar un pedido. Las combinaciones de estanterías que tienen un número menor de estanterías minimizarán el tiempo de desplazamiento del vehículo o vehículos 16 para completar un pedido. El coste de carga de una PPS incluye encontrar un equilibrio óptimo entre las PPSs más próximas o cercanas y la disponibilidad o el tiempo de espera mínimo en cada PPS. Una PPS es un ejemplo de una estación de procesamiento de pedidos. Sin embargo, las realizaciones descritas en la presente contemplan cualquier estación configurada para organizar, ensamblar y/o preparar artículos para su envío. Una estación de procesamiento de pedidos también podría usarse para organizar, ensamblar y/o redirigir artículos dentro de un entorno de fabricación.

45 Para cada pedido seleccionado para el procesamiento, se selecciona una estación 14 de operario, se reservan una o más estanterías 12 que incluyen los artículos 42 de mercancías requeridos para el pedido, y se reserva un contenedor 46 de pedidos en la estación 14 de operario. Para calcular el coste de un pedido pendiente, primero se identifican todas las estanterías 12 que podrían proporcionar potencialmente un artículo 42 de mercancías y se define un listado de conjuntos de estanterías correspondiente a las estanterías identificadas que contienen el artículo 42 de mercancías. Se define un listado de conjuntos de estanterías para cada artículo 42 de mercancías. Mediante el cálculo de la

siguiente heurística para cada combinación de estanterías, a continuación se selecciona de los conjuntos de estanterías determinados una combinación de estanterías que comprende una estantería 12 seleccionada de cada conjunto de estanterías:

$$\text{Heurística, } H = \text{Distancia} / (1 + n.^{\circ} \text{ de estanterías comunes}) \quad (1)$$

5 donde *Distancia* es la distancia combinada de todas las estanterías 12 en una combinación de estanterías de un contenedor 46 de pedidos disponible, y *n.º de estanterías comunes* es el número de estanterías 12 en la combinación de estanterías que son comunes a más de un conjunto de estanterías. La heurística H se calcula para todos los contenedores de pedidos disponibles de las estaciones 14 de operario.

10 Según una realización, se selecciona la combinación de estanterías con el valor de la heurística H más pequeño o menor y el "coste" asociado a la combinación de estanterías seleccionada es el tiempo requerido para que todas las estanterías 12 de la combinación se muevan a la estación 14 de operario con el contenedor 46 de pedidos seleccionado. Además, las estanterías 12 que están incluidas en la combinación de estanterías seleccionada se reservan e identifican en una base 94 de datos reservada. De manera similar, la estación 14 de operario seleccionada y el contenedor 46 de pedidos seleccionado en la estación 14 de operario también se reservan especificando la estación 14 de operario y el contenedor 46 de pedidos seleccionados en la base 94 de datos reservada.

15 Además, los componentes funcionales del diagrama de bloques 81 también incluyen un administrador 96 de tareas que selecciona al menos un vehículo 16 para la cumplimentación de un pedido, cuando el pedido se selecciona para su procesamiento. Los vehículos 16 se seleccionan en función de la disponibilidad, la prioridad de la tarea y el "coste" de la tarea. Se identifican los vehículos 16 disponibles y dentro de los vehículos 16 disponibles identificados, se selecciona un conjunto de vehículos sobre la base de los vehículos 16 en ese momento libres o en estado de pausa y de la proximidad de los vehículos 16 a las estanterías 12 en la combinación de estanterías seleccionada para el pedido. A cada vehículo seleccionado 16 se le asigna una tarea para recuperar una estantería particular 12 del área 23 de almacenamiento de mercancías. El(los) vehículo(s) 16 seleccionado(s) para el pedido se almacenan en una base 98 de datos de vehículos asignados.

20 Los componentes funcionales del diagrama de bloques 81 también incluyen un planificador 100 que controla y coordina la planificación y reserva de trayectos de navegación para los vehículos seleccionados 16 dentro de una estructura de mapa de vehículos. El planificador 100 también planifica la implementación de los movimientos de los vehículos 16 hacia y desde la estación 14 de operario seleccionada, incluido el control sobre las acciones de arranque/parada del vehículo y las acciones de pausa/reanudación del vehículo. El planificador 100 también gestiona la carga de los vehículos 16, incluida la comprobación del estado de carga de los vehículos 16 y del movimiento de los vehículos 16 que requieren carga hacia una estación de carga de vehículos. El planificador 100 planifica la ejecución de una tarea asignada, que incluye, entre otras, esperar a que el vehículo 16 alcance un estado de preparado, cambiar el estado de reserva y actualizar el estado de la tarea, comprobar el nivel de carga de los vehículos 16 y asignación de tareas en relación con la carga. La gestión del flujo de vehículos 16 que entran y salen de una estación de carga también está controlada por el planificador 100.

25 El planificador 100 incluye una calculadora 102 de trayectos que calcula trayectos de transporte para cada uno de los vehículos 16 del conjunto de vehículos seleccionados para la cumplimentación de un pedido. Cada trayecto de transporte define una secuencia de marcadores 20a-20d que seguirá un vehículo 16 para transportar una estantería 12 a una ubicación de almacenamiento de estanterías en el área 23 de almacenamiento de mercancías y entre la ubicación de almacenamiento de estanterías y la estación 14 de operario. En una base 103 de datos de trayectos definidos se almacenan trayectos de transporte calculados para cada vehículo 16. En una realización, el "coste" de cada trayecto de transporte definido se basa en el tiempo empleado para desplazarse desde una fuente inicial a un destino final. El cálculo de un trayecto de navegación puede depender además del estado de elevación de la estantería 12. Por ejemplo, en una realización, si el estado de elevación es arriba, entonces la totalidad del resto de estanterías 12 se consideran obstáculos junto con los obstáculos físicos que pueden encontrarse en el trayecto. Sin embargo, si el estado de elevación es abajo, solo se deben considerar los obstáculos físicos.

30 De acuerdo con una realización, los trayectos de transporte para los vehículos 16 se calculan usando un algoritmo A\*. El algoritmo usa la relación entre los marcadores 20a-20d, que puede definirse según la teoría de grafos como se ilustra en la figura 6, para calcular un trayecto eficiente a través de los marcadores 20a-20d desde un marcador de origen hasta un marcador de destino. Un algoritmo A\* utiliza una búsqueda de primero el mejor y encuentra un trayecto de coste mínimo desde un nodo inicial dado hasta un nodo objetivo elegido entre uno o más objetivos posibles. A medida que A\* atraviesa un grafo, construye un árbol de trayectos parciales. Las hojas del árbol (denominadas conjunto abierto o frontera (*fringe*)) se almacenan en una cola de prioridad que ordena los nodos de hoja según una función de coste. Combina una estimación heurística del coste para alcanzar un objetivo y la distancia recorrida desde el nodo inicial.

35 La función de coste se puede representar mediante  $f(n) = g(n) + h(n)$ , en donde  $g(n)$  es el coste conocido de llegar desde el nodo inicial a  $n$ , y el algoritmo realiza un seguimiento de este valor. El parámetro  $h(n)$  es una estimación heurística del coste de llegar desde  $n$  a cualquier nodo objetivo. Para que el algoritmo encuentre el trayecto más corto

real, la función heurística debe ser admisible, lo que significa que no debe sobreestimar el coste real para llegar al nodo objetivo más cercano. La función heurística es específica del problema y la proporciona el usuario del algoritmo.

El planificador 100 también incluye un navegador 104 de vehículos que gestiona movimientos de cada vehículo 16 individualmente de acuerdo con los trayectos de transporte respectivos definidos para los vehículos 16. El navegador 104 de vehículos es responsable de controlar el movimiento de un vehículo 16 a lo largo de la secuencia de marcadores 20a-20d en el trayecto de transporte, y del procesamiento de las comunicaciones recibidas de los vehículos 16.

Cuando un vehículo 16 llega a un marcador 20a-20d, el vehículo 16 detecta el marcador 20a-20d, y se comunica información del marcador, tal como información de identificación única asociada al marcador detectado 20a-20d y/o una imagen capturada del marcador, al navegador 104 de vehículos a través de la red 19 de comunicación inalámbrica. Basándose en la información recibida, el navegador 104 de vehículos verifica que el marcador 20a-20d identificado se corresponde con el marcador 20a-20d esperado en el trayecto de transporte, y comunica información de navegación al vehículo 16 para dirigir el vehículo 16 a un marcador 20a-20d subsiguiente en el trayecto de transporte. En un ejemplo, la información de navegación tiene la forma de un valor de rumbo debido y un valor de distancia derivados de la información de navegación almacenada en la base 83 de datos de marcadores e ilustrada en forma tabular en la figura 7. Es decir, el navegador 104 de vehículos envía información de navegación al vehículo 16 para cada marcador 20a-20d independiente (es decir, salto a salto, como se ha indicado anteriormente).

El navegador 104 de vehículos también calcula la posición de un centroide del vehículo 16 con respecto a un marcador 20a-20d, y la orientación del vehículo 16 con respecto al marcador 20a-20d. La posición se puede calcular utilizando una imagen capturada por un sensor y/o cámara, como el sensor/cámara 134 ilustrado en la figura 9. A partir de esto, con referencia a la figura 14, se puede calcular la posición de deriva (*offset*) del vehículo 16 en relación con un marcador 20a-20d detectado. Las posiciones actuales de los vehículos 16 se almacenan en una base 105 de datos de ubicación de vehículos. Como resultado, el planificador 100 conoce las ubicaciones de todos los vehículos 16 en todo momento.

Además de guiar vehículos 16 a lo largo de sus trayectos, el navegador 104 de vehículos también recibe y procesa mensajes de los vehículos 16. En una realización, un primer tipo de mensaje recibido de un vehículo 16 es un mensaje de inicio. Se transmite un mensaje de inicio al navegador 104 de vehículos cuando un vehículo 16 arranca o se reinicia. El mensaje de inicio puede transmitirse en forma de un paquete de datos que incluye información correspondiente a un marcador escaneado. Si el marcador escaneado es válido, el administrador 110 de vehículos procesa el mensaje de inicio, y a continuación transmite instrucciones de navegación al vehículo.

Un segundo tipo de mensaje recibido por el navegador 104 de vehículos desde un vehículo 16 es un mensaje de aviso. El navegador 104 de vehículos recibe un paquete de datos de aviso cuando un vehículo 16 alcanza un marcador de navegación válido que no está reservado para el vehículo 16. En esta situación, el marcador de navegación en el que se encuentra el vehículo 16 se puede reservar y, si es posible, también se reserva el siguiente marcador de navegación en el trayecto de navegación. Sin embargo, si el marcador de navegación actual está reservado por otro vehículo 16, se impide que el primer vehículo 16 siga desplazándose.

Un tercer tipo de mensaje recibido por el navegador 104 de vehículos desde un vehículo 16 es un mensaje de información. Se envía un paquete de datos de información al navegador 104 de vehículos para actualizar la posición de una estantería 12 si el vehículo 16 ha elevado o está llevando una estantería 12. El navegador 104 de vehículos informa al personal pertinente sobre un movimiento de la estantería 12 e informa al administrador 110 de vehículos para comprobar si se ha de completar cualquier tarea relacionada. Un paquete de información también puede anular la reserva de una posición antigua en caso de que esta exista y anular la reserva de turnos cuando se completan. El navegador 104 de vehículos actualiza información del vehículo 16 en una base de datos de vehículos relevante, como la base 98 de datos de vehículos asignados, la base 105 de datos de ubicación de vehículos, la base 103 de datos de trayectos de transporte definidos o la base 108 de datos de trayectos y marcadores reservados. El navegador 104 de vehículos también puede determinar si se ha alcanzado el marcador de navegación de destino o si se ha alcanzado el siguiente marcador de navegación de reserva.

Un cuarto tipo de mensaje recibido por el navegador 104 de vehículos desde un vehículo 16 es un mensaje de error. El navegador 104 de vehículos recibe un mensaje de error cuando el vehículo 16 lee el código de barras de un marcador de navegación no válido. Los paquetes de error también se pueden enviar al navegador 104 de vehículos cuando el vehículo 16 no puede procesar una instrucción para el vehículo 16.

El navegador 104 de vehículos también puede configurarse para gestionar movimientos de los vehículos 16 con el fin de evitar colisiones. En una realización, la gestión de las colisiones se consigue gestionando las reservas de trayectos y marcadores, de modo que cada trayecto de navegación entre dos marcadores (denominado segmento en la presente) se reserva poco antes de que llegue el vehículo 16. Sin embargo, no se permite el movimiento en un trayecto de navegación subsiguiente (es decir, un segmento del trayecto de navegación) hasta que se reserva el trayecto de navegación. Si el trayecto de navegación ya está reservado por otro vehículo 16, entonces el vehículo 16 que desea reservar el trayecto de navegación entra en un estado de espera. Sin embargo, en ciertas realizaciones, una reserva anterior puede cancelarse, y reprogramarse, en función de información de prioridad, por ejemplo, cuando a un pedido

en particular se le asigna una prioridad más alta en comparación con el pedido que se está cumplimentando utilizando la reserva existente. Según una realización, se pueden despejar trayectos específicos en una sección particular del almacén para su reparación o asistencia técnica.

5 Además, se debe apreciar que dado que el trayecto de transporte de extremo a extremo (es decir, desde el marcador de origen hasta el marcador de destino) para cada vehículo 16 no se reserva en un instante de tiempo, puede producirse una situación de interbloqueo, ya que dos vehículos 16 pueden desear moverse en direcciones opuestas a lo largo de trayectos similares. Para resolver los interbloqueos, uno de los vehículos 16 necesita apartarse. En consecuencia, el navegador 104 de vehículos puede configurarse para controlar activamente uno de los vehículos 16 involucrados en la situación de interbloqueo de manera que se salga del trayecto designado, permitiendo así que el  
10 otro vehículo 16 en la situación de interbloqueo se mueva de acuerdo con su trayecto de transporte designado.

Según una realización, el navegador 104 de vehículos puede configurarse para evitar activamente que se produzcan situaciones de interbloqueo. Cuando el navegador 104 de vehículos intenta reservar un marcador 20a-20d para un vehículo 16, el navegador 104 de vehículos comprueba si otro vehículo 16 también tiene definido un trayecto de transporte que pasa por el marcador 20a-20d. Si es así, el navegador 104 de vehículos reserva marcadores 20a-20d para el vehículo 16 como reservas de seguridad. En relación con los marcadores 20a-20d reservados como reservas de seguridad, otro vehículo 16 no puede reservar un marcador 20a-20d de las reservas de seguridad a menos que también se reserve un marcador 20a-20d que permita al otro vehículo 16 salir del marcador reservado 20a-20d de seguridad. En otras palabras, después de que se haya realizado una reserva de seguridad, no se permitirá que ningún otro vehículo 16 permanezca en la región reservada de seguridad. Además, las colisiones y los interbloqueos pueden evitarse gestionando movimientos de los vehículos 16 en función de los marcadores reservados 20a-20d y los trayectos de navegación, y controlando la temporización de los movimientos de los vehículos 16. Como resultado, pueden evitarse colisiones haciendo que un vehículo 16 espere, o modificando activamente la velocidad de movimiento del vehículo 16.  
15  
20

Según una realización de la presente exposición, el navegador 104 de vehículos puede usar variables de navegación en el procesamiento de un trayecto de navegación. Una primera variable, denominada aquí variable de longitud de segmento, se corresponde con una longitud del trayecto de navegación que se va a reservar para un vehículo 16. Una segunda variable, denominada aquí variable de distancia de reserva, se corresponde con la distancia hasta el final de un trayecto de navegación. Una vez que se ha determinado un trayecto de navegación, se reserva una primera longitud de segmento en el trayecto de navegación. Se calcula el siguiente segmento, así como el marcador de navegación en el que se realizará la próxima reserva. Cuando el vehículo 16 alcanza la siguiente posición de reserva, se calcula otra distancia de reserva. El proceso anterior continúa hasta que el vehículo 16 llega a su destino del trayecto de navegación.  
25  
30

Además, si hay un giro en un trayecto de navegación, se calcula una distancia de reserva para marcadores de navegación vecinos. Si un vehículo 16 en movimiento o un vehículo 16 que gira se encuentra en un segmento de trayecto de navegación que se va a reservar, no se realiza ninguna reserva y se calcula una posición de fallo. Además, según una realización, si un vehículo en reposo está dispuesto en el destino, los cálculos no pueden completarse. El vehículo 16 se fija en reposo o entra en un estado de espera. Según una realización, si un vehículo 16 en reposo se encuentra en el segmento a reservar, se calcula un nuevo trayecto.  
35

El planificador 100 también incluye un administrador 106 de reservas que gestiona reservas de marcadores 20a-20d y trayectos de navegación entre marcadores 20a-20d para evitar colisiones entre vehículos 16. El planificador 100 almacena información indicativa de los marcadores reservados 20a-20d y trayectos de navegación en una base 108 de datos de trayectos y marcadores reservados.  
40

El planificador 100 también incluye un administrador 110 de vehículos que controla las operaciones de arranque y parada del vehículo y controla el movimiento de la placa 36 de contacto del vehículo 16 entre las posiciones elevada y bajada. El administrador 110 de vehículos también gestiona el nivel de carga de los vehículos 16, incluida la comprobación del estado de carga de los vehículos 16 y la gestión del movimiento de los vehículos 16 que requieren cargarse a una estación de carga de vehículos. Además, como se muestra en la figura 8, los componentes funcionales del diagrama de bloques 81 del sistema 18 de gestión también pueden incluir una interfaz 112 de red que facilita las comunicaciones en red entre el sistema 18 de gestión, los vehículos 16 y las estaciones 14 de operario.  
45

En la figura 9 se ilustran componentes funcionales 118 de un vehículo 16, tal como un vehículo de transporte o un robot de transporte. Los componentes funcionales 118 incluyen una interfaz 120 de red que facilita las comunicaciones en red entre el vehículo 16 y cada uno del sistema 18 de gestión y las estaciones 14 de operario. Un microcontrolador 122 (implementado con circuitería, y descrito más adelante con referencia a la figura 16) controla y coordina operaciones en el vehículo 16, y realiza tareas dedicadas tales como gestionar la detección de marcadores 20a-20d, gestionar el control del movimiento del vehículo según instrucciones recibidas del navegador 104 de vehículos, y aplicar un trayecto de compensación, tal como un trayecto de navegación recalculado usando una curva de Bezier, al trayecto de transporte determinado entre los marcadores 20a-20d. El microcontrolador 122 se comunica con un controlador 124 de motor para controlar uno o más motores 126 asociados a las ruedas del vehículo 34 y, así, controlar la velocidad y la dirección del vehículo 16.  
50  
55

Los componentes funcionales 118 también incluyen un dispositivo 130 de elevación que eleva o baja de forma controlable una placa 36 de contacto en respuesta a instrucciones del microcontrolador 122. Las instrucciones del microcontrolador 122 pueden generarse en respuesta a instrucciones recibidas del administrador 110 de vehículos.

5 Los componentes funcionales 118 también incluyen al menos un sensor 134, como una cámara o un lector de RFID, dispuesto para detectar un marcador 20a-20d cuando el vehículo 16 se desplaza cerca del marcador 20a-20d. El sensor/cámara 134 puede obtener información de identificación única que está asociada al marcador 20a-20d. La información de identificación única obtenida se comunica al planificador 100 mediante el microcontrolador 122 para que se pueda determinar la ubicación actual del vehículo 16.

10 El(los) sensor(es)/cámara 134 también se pueden usar para determinar una deriva entre una ubicación del vehículo 16 y una ubicación de un marcador detectado 20a-20d. La deriva se puede utilizar para modificar el trayecto de transporte definido entre el marcador detectado 20a-20d y un marcador subsiguiente 20a-20d en el trayecto de transporte (descrito más adelante con referencia a la figura 14). Esto se logra capturando una imagen, que incluye el marcador 20a-20d y reenviando la imagen al planificador 100 para su procesamiento. En una realización, el vehículo 16 calcula la deriva. Dado que se conocen la ubicación y la orientación de la imagen capturada en relación con el  
15 vehículo 16, es posible determinar la ubicación y la orientación del marcador 20a-20d en relación con el vehículo 16.

Los componentes funcionales 118 también incluyen una pesadora 138 que genera una medición del peso cuando el vehículo 16 transporta una estantería 12. El microcontrolador 122 puede utilizar la medición del peso para calcular parámetros de movimiento de un vehículo cargado 16, tales como parámetros de aceleración y desaceleración adecuados teniendo en cuenta el peso de la estantería 12 que está siendo transportada por el vehículo 16. Los  
20 parámetros de movimiento también se pueden calcular en función de si la placa 36 de contacto está en una posición elevada o bajada.

La pesadora 138 también se puede usar para determinar un perfil de distribución de peso usando el centro de gravedad conocido de una estantería 12 vacía, el peso conocido de cada artículo 42 de mercancía y las posiciones de los artículos 42 de mercancía en la estantería 12. El perfil de distribución del peso se puede utilizar para calcular el centro  
25 de gravedad de la estantería y los artículos 42 de mercancías cargados, que posteriormente se utiliza para garantizar que el centro de gravedad de la estantería 12 cargada esté dentro de un intervalo definido. Al hacerlo así, se garantiza que la estantería cargada 12 no bote demasiado durante el transporte.

Según una realización, la componente z del centro de gravedad de una estantería 12 cargada puede manipularse ajustando las ubicaciones de los artículos 42 de mercancías en la estantería 12, de tal manera que el centro de  
30 gravedad no sea demasiado alto. Debe apreciarse que el centro de gravedad (COG) para la estantería cargada se puede calcular basándose en un punto de referencia en la estantería y una distribución de los artículos 42 de mercancía en la estantería 12 (es decir, el COG de cada artículo). Además, en relación con la componente x-y del centro de gravedad, se puede calcular un valor de coste para todas las ubicaciones de recepción de artículos 42 de mercancía en la estantería 12, cada vez que se añade o retira un artículo 42 de mercancía de una estantería 12. El  
35 valor de coste puede corresponderse con la magnitud según la cual la estantería 12 cargada se desviará del centro de gravedad.

El microcontrolador 122 puede configurarse para implementar una funcionalidad definida en el vehículo 16, incluido el control de los motores 126 en respuesta a instrucciones del planificador 100, el control del dispositivo 130 de elevación en respuesta a instrucciones del planificador 100, la gestión de comunicaciones con los sensores/cámara 134 y la  
40 pesadora 138, y la gestión de comunicaciones hacia y desde la interfaz 120 de red.

En la figura 10 se ilustran componentes funcionales 139 de una estación 14 de operario. Los componentes funcionales 139 incluyen una interfaz 140 de red que facilita las comunicaciones en red entre la estación 14 de operario, el sistema 18 de gestión y los vehículos 16. Una unidad 142 de control controla y coordina operaciones en la estación 14 de operario. La unidad 142 de control está configurada para implementar una funcionalidad definida, como un proceso  
45 144 de entrada de artículos y un proceso 146 de salida de artículos.

El proceso 144 de entrada de artículos gestiona la recepción de nuevos artículos de inventario en el sistema 10 de manipulación de mercancías, tanto en un sentido físico como en un sentido electrónico. En un sentido físico, un nuevo artículo 42 de mercancía se dispone en una estantería 12 seleccionada, y la estantería 12 se transporta a una  
50 ubicación de almacenamiento en el área 23 de almacenamiento de mercancías. En un sentido electrónico, la presencia y ubicación del artículo 42 de mercancía se registra en la base 86 de datos de inventario.

El proceso 146 de salida de artículos gestiona la recuperación de artículos 42 de mercancías del sistema 10 de manipulación de mercancías, tanto en un sentido físico como en un sentido electrónico. En un sentido físico, un artículo 42 de mercancías que forma parte de un pedido se recupera de una estantería 12 en el área 23 de almacenamiento de mercancías. En un sentido electrónico, un registro del artículo recuperado se elimina de la base 86 de datos de  
55 inventario.

Los componentes funcionales 139 también incluyen un dispositivo señalador 50 y un escáner 52. El dispositivo señalador 50 funciona junto con el proceso 144 de entrada de artículos y el proceso 146 de salida de artículos para coordinar la recuperación del(de los) artículo(s) 42 de mercancía correcto(s) de la(s) estantería(s) 12 y la colocación

de los artículos 42 de mercancías en las ubicaciones correctas en la(s) estantería(s) 12. El escáner 52 está configurado para escanear identificadores en los artículos 42 de mercancías, tales como los códigos de barras en los artículos 42 de mercancías, a medida que se recogen de una estantería 12 durante la cumplimentación del pedido o se colocan en una estantería 12 durante la adición de inventario nuevo. Los códigos de barras escaneados permiten que la estación 14 de operario compruebe y verifique si el artículo 42 de mercancías escaneado es correcto. Además, o como alternativa a escanear el código, se puede usar un dispositivo de reconocimiento de objetos para verificar que el artículo 42 de mercancías escaneado es correcto.

La figura 11 representa un diagrama de flujo 160 de ejemplo que ilustra pasos realizados en un proceso de inventario que es implementado por el sistema 10 de manipulación de mercancías.

El inventario nuevo de artículos 42 de mercancías llega al almacén en el paso 162. Para cada artículo 42 de mercancías recibido, un operario en una estación 14 de operario escanea un identificador, tal como un código de barras en el artículo 42 de mercancías, usando el escáner 52 en el paso 164. La estación 14 de operario comunica información indicativa del artículo 42 de mercancías al administrador 84 de inventario del sistema 18 de gestión. El administrador 84 de inventario añade un registro del artículo 42 de mercancías a la base 86 de datos de inventario y comunica la ubicación deseada del artículo 42 de mercancías en el área 23 de almacenamiento de mercancías a la estación 14 de operario. Por ejemplo, la estantería 12 en la que se debe almacenar el artículo 42 de mercancía y la ubicación de colocación del artículo 42 de mercancía en la estantería 12 se comunican a la estación 14 de operario. En una realización, el administrador 84 de inventario puede dar instrucciones para cambiar la colocación de uno o más artículos 42 de mercancía con el fin de optimizar la organización del conjunto de artículos 42 de mercancía en la estantería 12.

Además, en función de la comunicación de ubicación recibida del sistema 18 de gestión, el proceso 144 de entrada de artículos indica a un vehículo 16 que recupere la estantería 12 relevante del área 23 de almacenamiento de mercancías en el paso 166. Después de que la estantería 12 haya sido transportada 168 a la estación 14 de operario, el dispositivo señalador 50 indica la ubicación en la estantería 12 donde se debe colocar el artículo 42 de mercancías en el paso 168. Por ejemplo, un puntero láser puede señalar la ubicación en la estantería 12 en la que se debe colocar el artículo 42 de mercancías en el paso 170.

En el paso 172, se determina si se va a almacenar otro artículo 42 de mercancía en la misma estantería 12. Si se va a colocar otro artículo 42 de mercancía en la misma estantería 12, el artículo 42 de mercancía adicional se escanea y se coloca en una ubicación particular en la estantería 12 indicada al operario por el dispositivo señalador 50 en el paso 174. Si no se van a colocar artículos 42 de mercancías adicionales en la misma estantería 12, la estantería 12 se transporta de vuelta a una ubicación de almacenamiento definida en el área 23 de almacenamiento de mercancías en el paso 176. En el paso 178 se determina si hay un artículo 42 de mercancía adicional en el nuevo inventario. El proceso se repite para cada artículo 42 de mercancía del inventario nuevo que se almacenará en el área 23 de almacenamiento de mercancías en el paso 178. Cuando no hay artículos 42 de mercancía adicionales en el nuevo inventario, el proceso finaliza en el paso 180.

La figura 12 representa un diagrama de flujo 190 que ilustra los pasos 192 a 212 de un proceso de recogida de artículos implementado por el sistema 10 de manipulación de mercancías. En una realización, un servidor de procesamiento de pedidos añade pedidos entrantes a una cola de pedidos. El administrador 90 de pedidos del sistema 18 de gestión activa un pedido para su procesamiento en el paso 192. El servidor de procesamiento de pedidos determina el mejor conjunto de estanterías (es decir, las estanterías que presentan el coste de estantería más bajo) para cumplimentar el pedido de la cola de pedidos. Cuando se ha determinado el mejor conjunto de estanterías, un servidor de asignación de tareas calcula el mejor conjunto de vehículos para llevar el conjunto de estanterías a la estación 14 de operario para un proceso de recuperación de inventario. Un servidor de cálculo de trayectos calcula los trayectos de navegación más eficientes para los vehículos seleccionados en los que no hay regiones solapadas dentro de los trayectos de navegación.

Para un artículo 42 de mercancías que forma parte del pedido, el navegador 104 de vehículos indica a un vehículo 16 que recupere una estantería 12 seleccionada que contiene el artículo 42 de mercancías del pedido desde el área 23 de almacenamiento de mercancías en el paso 194. El paso 194 se puede lograr comunicando sucesivamente instrucciones de navegación al vehículo 16 para indicar trayectos de navegación sucesivos por los que desplazarse entre marcadores 20a-20d. Cuando el vehículo 16 llega a la estantería 12 seleccionada, la estantería 12 seleccionada se identifica usando el marcador de navegación que está bajo la estantería 12 seleccionada. El navegador 104 de vehículos alinea el centroide del vehículo con el centro de la estantería 12 seleccionada usando datos del marcador de navegación para garantizar que la estantería 12 seleccionada esté alineada durante la elevación y el transporte de la estantería. La estantería 12 seleccionada se levanta del suelo aumentando la altura de la cabeza elevadora del vehículo 16. Como ejemplo, la estantería seleccionada se levanta aproximadamente 5-10 cm del suelo para su transporte.

El vehículo 16 transporta la estantería 12 seleccionada que contiene el artículo 42 de mercancías a la estación 14 de operario en el paso 196. Los vehículos llevan sus estanterías 12 seleccionadas a la estación 14 de operario utilizando perfiles de aceleración y desaceleración calculados previamente para cada vehículo asociado 16. Cuando la estantería 12 seleccionada llega a la estación 14 de operario en el paso 198, el control de cada vehículo 16 se transfiere a un

servidor de gestión de colas de espera. El servidor de gestión de colas de espera mueve los vehículos 16 en la cola de procesamiento de pedidos. Cuando el vehículo 16 ha llegado a un punto de recogida en la estación 14 de operario, un dispositivo señalador 50 apunta a la ubicación en la estantería 12 donde se ubicará el artículo 42 de mercancías en el paso 200. En un ejemplo, se orienta un puntero láser hacia la ubicación de la estantería 12.

5 El operario en la estación 14 de operario recupera el artículo 42 de mercancía identificado de la estantería 12 y escanea un identificador ubicado en el artículo 42 de mercancía en el paso 202. En respuesta, la estación 14 de operario comunica información indicativa del artículo 42 de mercancía para verificar si en el paso 204 se ha seleccionado el artículo 42 de mercancías correcto. Si se verifica que el artículo es correcto, la información indicativa del artículo 42 de mercancías también se comunica al administrador 84 de inventario del sistema 18 de gestión, que elimina un  
10 registro del artículo 42 de mercancías de la base 86 de datos de inventario.

En el paso 206, se determina si otro artículo 42 de mercancía está almacenado en la misma estantería 12. Si se va a recoger un artículo 42 de mercancía adicional de la misma estantería 12, el dispositivo señalador 50 indica la ubicación en la estantería 12 donde se encuentra el artículo 42 de mercancía adicional que se debe recoger, y el proceso anterior se repite para cada artículo 42 de mercancías adicional.

15 Además, según una realización, los artículos 42 de mercancías en una estantería pueden no estar en una disposición óptima. Por ejemplo, el inventario añadido de artículos 42 de mercancías puede haber sido colocado originalmente en una ubicación óptima. Sin embargo, al añadir más inventario, es posible que el espacio de la estantería no se utilice al máximo de su potencial, o que el centro de gravedad se haya desequilibrado. Por lo tanto, el administrador 84 de inventario puede enviar instrucciones para reorganizar algunos o todos los artículos 42 de mercancías en la estantería  
20 12.

Además, si no se van a recoger más artículos 42 de mercancías de la misma estantería 12, la estantería 12 se transporta de regreso a una ubicación de almacenamiento definida en el área 23 de almacenamiento de mercancías en el paso 208. En el paso 210, se determina si hay artículos 42 de mercancías adicionales en el pedido en el paso 210. El proceso se repite para cada nuevo artículo 42 de mercancías adicional del pedido que se va a recuperar del  
25 área 23 de almacenamiento de mercancías. Cuando no hay artículos 42 de mercancías adicionales en el pedido, el proceso termina en el paso 212.

Volviendo a continuación a las figuras 13A y 13B se representa un diagrama de flujo 220 que ilustra los pasos realizados en un proceso de cumplimentación de pedidos y control del movimiento de vehículos.

30 Se reciben pedidos en el sistema 18 de gestión usando un generador 88 de pedidos, por ejemplo a través de un sitio web de comercio electrónico en el paso 222. Los pedidos recibidos son registrados en la base 92 de datos de pedidos por el administrador 90 de pedidos y colocados en una cola de pedidos en el paso 224. En el paso 226, se determina si se ha activado un pedido. Cuando se activa un pedido para su cumplimentación, el administrador 96 de tareas determina la combinación preferida de estanterías para la cumplimentación del pedido en función del cálculo heurístico descrito anteriormente en el paso 228. El administrador 96 de tareas determina el mejor conjunto de vehículos 16 para  
35 llevar a cabo la recuperación de cada una de las estanterías 12 determinadas sobre la base de las ubicaciones de los vehículos 16 en relación con las estanterías 12 en el paso 230.

Para cada estantería 12 de la combinación de estanterías, la calculadora 102 de trayectos en el sistema 18 de gestión calcula el trayecto de transporte que debe seguir cada vehículo 16 durante la recuperación de las estanterías 12 en el paso 232. También se determina el trayecto de transporte del vehículo 16 al volver al área 23 de almacenamiento de mercancías. En una realización, los trayectos de transporte se calculan utilizando un algoritmo A\*. El trayecto de transporte define la secuencia de marcadores 20a-20d a través de la cual pasará un vehículo 16 para desplazarse desde su ubicación actual hasta la estantería 12 relevante en el área 23 de almacenamiento de mercancías, o la secuencia de marcadores 20a-20d a través de la cual pasará un vehículo 16 para desplazarse desde el área 23 de almacenamiento de mercancías hasta la estación 14 de operario.  
40

45 Para cada vehículo 16 asignado para recuperar una estantería 12 del área 23 de almacenamiento de mercancías, en el paso 234 el navegador 104 de vehículos comunica instrucciones de navegación al vehículo 16, que indica un trayecto de navegación segmentado para desplazarse desde el marcador actual 20a-20d hasta un marcador subsiguiente 20a- 20d en el trayecto de transporte definido. Dicha información de navegación incluye información de dirección, por ejemplo en forma de rumbo debido, e información de distancia indicativa de la distancia entre el marcador actual 20a-20d y el marcador subsiguiente 20a-20d. Cuando el vehículo 16 llega al marcador subsiguiente 20a-20d, el vehículo 16 lee la información de identificación única asociada al marcador posterior 20a-20d utilizando los sensores 134, y comunica la información indicativa del marcador subsiguiente 20a-20d al navegador 104 de vehículos en el  
50 paso 236.

55 En el paso 238, se determina si el vehículo 16 ha llegado al marcador 20b de la estantería 12 determinada para ser recuperada. Si el marcador subsiguiente 20a-20d no es el marcador 20b de estantería determinado, el navegador 104 de vehículos comunica más instrucciones de navegación al vehículo 16, que le indica al vehículo 16 cómo desplazarse desde el marcador actual 20a-20d a otro marcador subsiguiente 20a-20d en el trayecto de transporte definido. Este proceso continúa hasta que se ha alcanzado el marcador subsiguiente 20a-20d del marcador de estantería

determinado 20b. En caso de que falte por completo un marcador 20a-20d y un vehículo 16 se "pierda" temporalmente, se puede indicar al vehículo 16 que se detenga y/o se pueden recuperar sensores de posición del vehículo 16.

5 Cuando el vehículo 16 llega al marcador 20b de estantería dispuesto debajo de la estantería 12 que se va a recuperar, el determinador 132 de posiciones determina la posición del vehículo 16 en relación con la estantería 12 y, si es necesario, el vehículo 16 se mueve en relación con la estantería 12 para alinear correctamente el vehículo 16 con la estantería 12 en el paso 240. Los sensores 134 en el vehículo 16 ayudan al determinador 132 de posiciones a alinear correctamente el vehículo 16 con la estantería 12. Después de la alineación, el administrador 110 de vehículos envía una comunicación al vehículo 16 para indicar al vehículo 16 que eleve la estantería 12 del suelo elevando la placa 36 de contacto desde la posición bajada a la posición elevada en el paso 242.

10 El vehículo 16 se mueve hacia la estación 14 de operario a lo largo de un trayecto de transporte definido adicional. En el paso 244 el navegador 104 de vehículos comunica instrucciones de navegación al vehículo 16, que le indica al vehículo 16 cómo desplazarse desde el marcador 20b de estantería actual hasta un marcador subsiguiente 20a-20d en el trayecto de transporte definido. La información de navegación puede incluir información de dirección, por ejemplo, en forma de rumbo debido, e información de distancia indicativa de la distancia entre el marcador actual 20a-20d y el  
15 marcador subsiguiente 20a-20d. Cuando el vehículo 16 llega al marcador subsiguiente 20a-20d, el vehículo 16 lee el marcador 20a-20d y comunica la información indicativa del marcador 20a-20d al navegador 104 de vehículos en el paso 246. En el paso 248, se determina si el vehículo 16 ha llegado al marcador 20c de entrada a cola de espera. Si el vehículo 16 no ha llegado al marcador 20c de entrada a cola de espera, el proceso continúa hasta que el marcador subsiguiente 20a-20d sea un marcador 20c de entrada a cola de espera.

20 Cuando el vehículo 16 llega a un marcador 20c de entrada a cola de espera, el control sobre el movimiento del vehículo 16 se transfiere desde el sistema 18 de gestión a la estación 14 de operario en el paso 250. En el paso 252 la estación 14 de operario indica a los vehículos 16 y a las estanterías 12 asociadas de la cola 22 de espera de estación que lleven a cabo pasos secuenciales hacia un punto de recogida adyacente a un operario. En el paso 254, se determina si un vehículo 16 ha llegado al punto de recogida. Cuando un vehículo con una estantería 12 llega al punto de recogida,  
25 en el paso 256 el dispositivo señalador 50 indica la ubicación en la estantería donde se encuentra el artículo 42 de mercancías que se va a recoger. Esto se puede implementar dirigiendo un puntero láser a la ubicación de la estantería 12. El operario en la estación 14 de operario recoge el artículo 42 de mercancías y escanea el artículo 42 de mercancías en el paso 258. La estación 14 de operario verifica si el artículo 42 de mercancías que se ha recogido de la estantería 12 es correcto en el paso 260. Si el artículo 42 de mercancías es correcto, el operario coloca el artículo  
30 en el contenedor 46 de pedidos asignado.

En el paso 262, se determina si hay más artículos 42 de mercancía para recoger de la estantería 12. Si hay más artículos para recoger, el proceso se repite para cada artículo 42 de mercancía adicional que se recogerá de la misma estantería 12. Cuando no se van a recoger otros artículos 42 de mercancías de la estantería 12, el vehículo 16 y la estantería 12 son controlados por la estación de operario y se mueven hacia un marcador 20d de salida de cola de  
35 espera en una salida de la cola 22 de espera de estación en el paso 264. Cuando el vehículo detecta el marcador 20d de salida de cola de espera, el control sobre el movimiento del vehículo se transfiere desde la estación 14 de operario al sistema 18 de gestión en el paso 266.

El navegador 104 de vehículos comunica información de movimiento al vehículo 16 para indicar la dirección y la distancia de movimiento a tomar desde el marcador actual 20a-20d hasta el siguiente marcador 20a-20d en el paso  
40 268. Cuando el vehículo 16 llega a un marcador 20a-20d, el vehículo 16 lee el marcador 20a-20d y comunica información indicativa del marcador 20a-20d al navegador 104 de vehículos en el paso 270.

En el paso 272, se determina si el vehículo 16 ha llegado a un marcador 20b de estantería. Si el vehículo 16 no ha llegado a un marcador 20b de estantería, el proceso se repite hasta que se haya alcanzado un marcador 20b de estantería. El vehículo 16 transporta la estantería 12 de regreso a la ubicación de almacenamiento correspondiente  
45 en el área 23 de almacenamiento de mercancías. En la ubicación de almacenamiento en el área 23 de almacenamiento de mercancías, el administrador 110 de vehículos envía una comunicación al vehículo 16 para indicar al vehículo 16 que baje la estantería 12 al suelo bajando la placa 36 de contacto en el paso 274.

En el paso 276, se determina si hay más artículos 42 de mercancías para recoger de otras estanterías 12. Si se incluyen en el pedido artículos 42 de mercancías adicionales de otras estanterías 12, el proceso se repite para el  
50 transporte de cada una de las otras estanterías 12 del área 23 de almacenamiento de mercancías a la estación 14 de operario y de vuelta al área 23 de almacenamiento de mercancías hasta que todos los artículos 42 de mercancías del pedido estén dispuestos en el contenedor 46 de pedidos. Cuando todos los artículos 42 de mercancías se hayan dispuesto en el contenedor 46 de pedidos, el pedido finaliza en el paso 278.

El proceso de las Figuras 13A-13B se ilustra para un solo vehículo 16 por simplicidad. Sin embargo, en un entorno de  
55 trabajo, el navegador 104 de vehículos puede hacer funcionar varios vehículos 16 simultáneamente o en un funcionamiento sucesivamente escalonado para completar la cumplimentación de un pedido o completar una tarea.

La figura 14 es un diagrama que ilustra una metodología utilizada para la compensación de un trayecto de navegación de un vehículo. La figura 14 ilustra un vehículo 16 en una proximidad adyacente a un primer marcador 282. El vehículo

16 se está desplazando hacia un segundo marcador 284 subsiguiente. El trayecto 285 de navegación en la ilustración es una línea recta entre el primer marcador 282 y el segundo marcador 284.

Como se ilustra en la figura 14, el centroide 286 del vehículo 16 está desplazado con respecto al primer marcador 282

5 por una distancia de  $\sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2}$ , en donde  $\Delta X$  es la deriva a lo largo de un primer eje (eje x), y  $\Delta Y$  es la deriva a lo largo de un segundo eje (eje y). Para compensar la deriva, se define un trayecto 288 de corrección que se extiende entre el centroide 286 y el trayecto 285 de navegación.

10 En una realización, el trayecto 288 de corrección destinado a aplicarse al trayecto 285 de navegación no corregido se calcula utilizando la distancia de deriva  $\Delta X$  del centroide 286 desde el primer marcador 282 a lo largo del eje x y la distancia de deriva  $\Delta Y$  del centroide 286 desde el primer marcador 282 a lo largo del eje y. Además, la diferencia en los vectores de dirección (es decir, la diferencia angular) del vehículo 16 de transporte y el trayecto 285 de navegación no corregido (ilustrada como Vf) se ilustra en forma de un ángulo theta con respecto al trayecto 285 de navegación no corregido. El ángulo theta también se usa para calcular el trayecto 288 de corrección. Según una realización, el trayecto 288 de corrección es una curva de Bezier que se genera sobre la base de la información indicada anteriormente.

15 De acuerdo con una realización, el trayecto 288 de corrección puede calcularse a partir de un perfil de velocidad acumulativo. Un perfil de velocidad acumulativo puede considerar ciertas variables, tales como si un vehículo 16 lleva una estantería 12 y, de ser así, el peso de la estantería 12. Obsérvese que si el vehículo 16 lleva una estantería 12, el trayecto 288 de corrección debe considerar cualquier otra estantería 12 dentro del trayecto de navegación como obstáculos, así como considerar cualquier otro obstáculo físico que pueda encontrarse en el trayecto de navegación. Si el vehículo 16 no está llevando una estantería 12, sólo es necesario considerar obstáculos físicos.

20 Según una realización, otra variable considerada en el cálculo de un trayecto de compensación es el número de segmentos de marcador que se van a atravesar en un trayecto de navegación. Como se describe a continuación, a partir de estas variables, así como de otras variables relevantes, se puede calcular una distancia de aceleración y una tasa de aceleración, así como una distancia de desaceleración y una tasa de desaceleración. En una realización, se puede obtener un grado de aceleración por unidad de tiempo, así como un grado de desaceleración por unidad de tiempo. Por ejemplo, se pueden trazar tres grados de aceleración y desaceleración por unidad de tiempo. Sin embargo, se pueden usar otras cantidades de grados para trazar la aceleración y desaceleración por unidad de tiempo. En consecuencia, el perfil de velocidad acumulativo se puede obtener a partir del perfil de aceleración calculado, el perfil de desaceleración y un perfil de velocidad constante. La aplicación del perfil de velocidad acumulativo calculado puede dar como resultado una curva de Bezier de 3 grados. Por lo tanto, la curva de Bezier puede ser la referencia para el movimiento de un punto de centro de masas proyectado del vehículo en el suelo con el fin de obtener el trayecto 288 de corrección. El proceso anterior se repite cuando el vehículo 16 alcanza un nuevo marcador 20a-20d en su trayecto de navegación.

35 Según una realización, el trayecto de navegación entre marcadores adyacentes 282 y 284 se divide en una pluralidad de segmentos. En un ejemplo, el trayecto de navegación entre dos marcadores adyacentes se puede dividir en quinientos segmentos. Cuando comienza el movimiento del vehículo 16, se inician un temporizador y un contador de ruedas. Un contador de ruedas mide la cantidad de rotación en torno a cada rueda de un vehículo 16. Las rotaciones de rueda combinadas pueden identificar la dirección y la distancia recorrida por el vehículo 16.

40 Además, un contador de segmentos mantiene un registro del segmento actual. Las velocidades respectivas de las ruedas 34 se pueden fijar al comienzo de cada segmento. Después de un tiempo predeterminado, como cada 500  $\mu s$ , el temporizador se interrumpe y se lee el conteo de las ruedas. Si el conteo de las ruedas es al menos igual a un conteo esperado, se incrementa el contador de segmentos. Después de que se haya completado una cantidad definida del trayecto de navegación corregido, por ejemplo, aproximadamente el 95% del trayecto de navegación corregido, el navegador 104 de vehículos indica al vehículo 16 que intente detectar el segundo marcador 284.

45 Según una realización, los cálculos se pueden realizar considerando los siguientes parámetros: correspóndase el parámetro *NoM* con el número de pasos (es decir, marcadores) a recorrer en un trayecto recto (obsérvese que *NoM* es al menos uno), sea el parámetro *X* una constante correspondiente a la distancia de aceleración (por ejemplo, asígnese a *X* un valor 120), sea el parámetro *Y* una constante correspondiente a la distancia de desaceleración (por ejemplo, asígnese a *Y* un valor 120), asígnese al parámetro *start\_speed* un valor de 15, asígnese al parámetro *max\_speed* un valor de 100, y asígnese al parámetro *stop\_speed* un valor de 7.

50 Se determina un perfil de aceleración-desaceleración inicial calculando una distancia de aceleración (AD), una distancia de desaceleración (DD) y una velocidad máxima (MS) de la siguiente manera:

$$AD = \text{minimum} (X, X*0.5*NoM) \quad (2)$$

$$DD = \text{minimum} (Y, Y*0.5*NoM) \quad (3)$$

$$MS = \text{minimum} (max\_speed, start\_speed * (4*NoM)) \quad (4)$$

55 Así, según una realización, el perfil de aceleración-desaceleración se calcula basándose en el número de marcadores que se recorren en una línea recta.

Además, para generar una curva de compensación, la distancia entre los dos marcadores (por ejemplo, la distancia entre los marcadores 282 y 284) se divide en un número predeterminado de segmentos. Adicionalmente, se selecciona un número predeterminado de puntos de interpolación. Según una realización, se seleccionan cuatro puntos de interpolación. Obsérvese que el número de puntos seleccionados afecta la suavidad de la curva de compensación.

5 Debe apreciarse que las realizaciones descritas en el presente documento no se limitan en modo alguno a la selección de cuatro puntos de interpolación y puede seleccionarse cualquier otro número de puntos de interpolación.

Según una realización, al primer punto de interpolación se le asignan las coordenadas de la posición de deriva del centro de gravedad del vehículo, y al cuarto punto de coordenadas se le asigna la coordenada del segundo marcador. Además, las coordenadas de los puntos de interpolación intermedios se pueden calcular en función de las derivas iniciales  $\Delta X$  y  $\Delta Y$ , la diferencia angular inicial (theta) y la distancia entre los marcadores. Al calcular las coordenadas de los puntos de interpolación, se puede generar una curva de compensación, tal como una curva de Bezier. Además, al atravesar el vehículo cada segmento, el perfil de aceleración-desaceleración se puede modificar sobre la base del contador de ruedas. Además, mientras se ajusta la velocidad del vehículo en cada segmento, según una realización, se tienen en cuenta tanto la velocidad lineal como la de giro de los vehículos, y se tienen en cuenta también la determinación de si el vehículo lleva una estantería y el perfil de peso asociado de la estantería.

10

15

Según una realización de la presente exposición, el navegador 104 de vehículos calcula las distancias de deriva  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  del centroide 286 con respecto al primer marcador 282. Las distancias de deriva  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  se basan en una imagen capturada por el sensor/cámara 134 en el vehículo 16, en donde la imagen capturada incluye el primer marcador 282. La ubicación y la orientación del sensor/cámara 134 con respecto al vehículo 16 se pueden determinar usando una plantilla, por ejemplo. Se calcula una deriva permanente que representa la distancia por defecto entre el centro del vehículo 16 y el centro de la imagen capturada por el sensor/cámara 134.

20

La ubicación y orientación del primer marcador 282 en la imagen capturada pueden determinarse usando técnicas de procesamiento de imágenes. Se calcula el centroide del primer marcador 282, y se determina la deriva entre el primer marcador 282 y el centro del vehículo 16. En este ejemplo, la ubicación y orientación del primer marcador 282 se determina usando algoritmos de procesamiento de imágenes de OpenCV, aunque se entenderá que se puede usar cualquier técnica de procesamiento de imágenes adecuada.

25

Además, las coordenadas de las esquinas del primer marcador 282 y las coordenadas del centro del primer marcador 282 se pueden determinar utilizando la función 'minAreaRect' de OpenCV. Las coordenadas de las esquinas se usan para determinar el ángulo de rotación del vehículo 16 con respecto al primer marcador 282. La distancia entre el centro del primer marcador 282 y el centro de la imagen capturada representa las distancias de deriva  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ .

30

Según una realización, la distancia de deriva se puede determinar usando sensores adecuados, tales como una pluralidad de láseres que se usan para medir la distancia, en donde la posición del centroide del vehículo 16 con respecto al marcador 20 se calcula usando técnicas de triangulación. Sin embargo, se pueden utilizar otras disposiciones de determinación de la posición relativa. Además, el navegador 104 de vehículos también se puede disponer para calcular información de velocidad y aceleración para el movimiento del vehículo 16, sobre la base del trayecto de transporte que debe seguir el vehículo 16 y sobre la base de la posición de deriva del vehículo 16 con respecto al marcador detectado 20a-20d. La información de velocidad, aceleración y dirección calculada se comunica al controlador 124 de motor durante el movimiento del vehículo 16.

35

La figura 15 representa un diagrama de flujo 1500 de ejemplo que representa los pasos realizados en la corrección de un trayecto según una realización. Los pasos de corrección de un trayecto representados en la figura 15 se ilustran para el caso de un vehículo que se desplaza desde un primer marcador a un segundo marcador, y en donde el vehículo presenta una deriva en el primer marcador.

40

En el paso 1501, se calcula la deriva entre el centroide del vehículo y el primer marcador. Como se ha indicado anteriormente, según una realización, la deriva ( $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ) puede calcularse sobre la base de una imagen capturada por un sensor/cámara que está dispuesto en el vehículo 16, en donde la imagen capturada incluye el primer marcador.

45

En el paso 1503, la distancia entre el primer marcador y el segundo marcador se divide en un número predeterminado de segmentos. Según una realización, la distancia entre los marcadores se divide en 500 segmentos.

Además, en el paso 1507, se calcula un perfil de aceleración-desaceleración inicial basado en la distancia a recorrer en un trayecto recto. En el presente ejemplo, la distancia se corresponde con la distancia entre el primer marcador y el segundo marcador. Sin embargo, obsérvese que la distancia puede corresponderse con el número de marcadores que se van a atravesar en un trayecto recto. El perfil de aceleración-desaceleración se puede calcular como se ha indicado anteriormente en las ecuaciones (2)-(4).

50

En el paso 1509, se selecciona un número predeterminado de puntos de interpolación. Además, como se ha indicado anteriormente, las coordenadas para cada uno de los puntos de interpolación se calculan sobre la base de una desviación angular del vehículo y la distancia entre el primer y el segundo marcadores. El proceso en 1511 genera una curva de compensación basada en la deriva calculada en 1501 y las coordenadas calculadas de los puntos de interpolación en 1509.

55

- Además, el proceso 1500 en el paso 1513 modifica el perfil de aceleración-desaceleración del vehículo después de que el vehículo haya atravesado un intervalo de segmento. Por ejemplo, según una realización, al atravesar el vehículo un segmento, la velocidad del vehículo se ajusta basándose en un contador de ruedas que mide la cantidad de rotación en torno a cada rueda del vehículo. Las rotaciones combinadas de las ruedas se corresponden con la dirección y la distancia recorrida por el vehículo. De esta manera, el proceso 1500 genera un trayecto de compensación para un vehículo que está desplazado en el primer marcador, garantizando así que el vehículo se posiciona por encima del segundo marcador cuando el vehículo comienza a atravesar la distancia entre los marcadores. No obstante, debe observarse que en caso de que el vehículo no se posicione exactamente sobre el segundo marcador, el proceso de 1500 puede repetirse para proporcionar una corrección adicional del trayecto.
- 5 Cada una de las funciones de las realizaciones descritas puede implementarse mediante uno o más circuitos de procesamiento. Un circuito de procesamiento incluye un procesador programado (por ejemplo, el procesador 1603 en la figura 16), ya que un procesador incluye circuitería. Un circuito de procesamiento también incluye dispositivos tales como un circuito integrado de aplicación específica (ASIC) y componentes de circuito que están dispuestos para llevar a cabo las funciones enumeradas.
- 10 Las diversas características analizadas anteriormente pueden implementarse mediante un sistema informático (o lógica programable). La figura 16 ilustra un sistema informático 1601 de este tipo. En una realización, el sistema informático 1601 es una máquina particular de propósito especial cuando el procesador 1603 está programado para llevar a cabo procesos de navegación del vehículo, calcular el trayecto de compensación y otras funciones descritas anteriormente.
- 15 El sistema informático 1601 incluye un controlador 1606 de disco acoplado al bus 902 para controlar uno o más dispositivos de almacenamiento con el fin de almacenar información e instrucciones, como un disco duro magnético 1607 y una unidad 1608 de medios extraíbles (p. ej., unidad de disquete y unidad de disco compacto de solo lectura, unidad de disco compacto de lectura/escritura, *jukebox* de discos compactos, unidad de cinta y unidad magnetoóptica extraíble). Los dispositivos de almacenamiento pueden añadirse al sistema informático 1601 utilizando una interfaz de dispositivos adecuada (p. ej., interfaz de sistemas informáticos pequeños (SCSI), electrónica de dispositivos integrada (IDE), IDE mejorada (E-IDE), acceso directo a memoria (DMA), o ultra-DMA).
- 20 El sistema informático 1601 también puede incluir dispositivos lógicos de propósito especial (p. ej., circuitos integrados de aplicación específica (ASICs) o dispositivos lógicos configurables (p. ej., dispositivos lógicos programables simples (SPLDs), dispositivos lógicos programables complejos (CPLDs) y matrices de puertas programables in situ (FPGAs)).
- 25 El sistema informático 1601 también puede incluir un controlador 1609 de pantalla acoplado al bus 902 para controlar una pantalla 1610, con el fin de mostrar información a un usuario del ordenador. El sistema informático incluye dispositivos de entrada, como un teclado 1611 y un dispositivo señalador 1612, para interactuar con un usuario del ordenador y proporcionar información al procesador 1603. El dispositivo señalador 1612, por ejemplo, puede ser un ratón, un control de tipo *trackball*, un dedo para un sensor de pantalla táctil, o un dispositivo señalador de tipo palanca (*pointing stick*) para comunicar información de dirección y selecciones de comandos al procesador 1603 y para controlar el movimiento del cursor en la pantalla 1610.
- 30 El procesador 1603 ejecuta una o más secuencias de una o más instrucciones contenidas en una memoria, como la memoria principal 1604. Dichas instrucciones pueden introducirse en la memoria principal 1604 desde otro soporte legible por ordenador, como un disco duro 1607 ó una unidad 1608 de medios extraíbles. También se pueden utilizar uno o más procesadores en una disposición de procesamiento múltiple para ejecutar las secuencias de instrucciones contenidas en la memoria principal 1604. En realizaciones alternativas, se puede usar circuitería de conexionado permanente en lugar de o en combinación con instrucciones de *software*. Por lo tanto, las realizaciones no se limitan a ninguna combinación específica de circuitería de *hardware* y *software*.
- 35 Como se ha indicado anteriormente, el sistema informático 1601 incluye al menos un soporte o memoria legible por ordenador para contener instrucciones programadas de acuerdo con cualquiera de las enseñanzas de la presente exposición y para contener estructuras de datos, tablas, registros u otros datos descritos en este documento. Ejemplos de soportes legibles por ordenador son discos compactos, discos duros, disquetes, cintas, discos magnetoópticos, PROMs (EPROM, EEPROM, EPROM *flash*), DRAM, SRAM, SDRAM ó cualquier otro soporte magnético, discos compactos (por ejemplo, CD-ROM), o cualquier otro soporte óptico, tarjetas perforadas, cinta perforada u otro soporte físico con patrones de agujeros.
- 40 Almacenada en uno cualquiera o en una combinación de soportes legibles por ordenador, la presente exposición incluye *software* para controlar el sistema informático 1601, para controlar un dispositivo o dispositivos con el fin de implementar las características de la presente exposición, y para permitir que el sistema informático 1601 interactúe con un usuario humano. Dicho *software* puede incluir, entre otros, controladores de dispositivos, sistemas operativos y *software* de aplicaciones. Dichos soportes legibles por ordenador incluyen además el producto de programa informático de la presente exposición para llevar a cabo la totalidad o una parte (si el procesamiento está distribuido) del procesamiento llevado a cabo para implementar cualquier parte de la presente exposición.
- 45
- 50
- 55

Los dispositivos de código informático de las presentes realizaciones pueden ser cualquier mecanismo de código interpretable o ejecutable, incluidos, entre otros, guiones de instrucciones (*script*), programas interpretables, bibliotecas de enlaces dinámicos (DLLs), clases Java y programas ejecutables completos. Además, partes del procesamiento de las presentes realizaciones pueden distribuirse para un mejor rendimiento, fiabilidad y/o coste.

5 El término "soporte legible por ordenador" según se usa en la presente se refiere a cualquier soporte no transitorio que participe en proporcionar instrucciones al procesador 1603 para su ejecución. Un soporte legible por ordenador puede adoptar muchas formas, incluidas, entre otras, soportes no volátiles o soportes volátiles. Los soportes no volátiles incluyen, por ejemplo, discos ópticos, magnéticos y magnetoópticos, como el disco duro 1607 ó la unidad 1608 de medios extraíbles. Los soportes volátiles incluyen memoria dinámica, como la memoria principal 1604. Los medios de  
10 transmisión, en por el contrario, incluye cables coaxiales, hilos de cobre y fibra óptica, incluidos los hilos que componen el bus 902. Los medios de transmisión también pueden adoptar la forma de ondas acústicas o luminosas, como las generadas durante las comunicaciones de datos por ondas de radiofrecuencia e infrarrojos.

Varias formas de soportes legibles por ordenador pueden estar involucradas en la ejecución de una o más secuencias de una o más instrucciones para el procesador 1603 para su ejecución. Por ejemplo, las instrucciones pueden llevarse  
15 inicialmente en un disco magnético de un ordenador remoto. El ordenador remoto puede cargar las instrucciones para implementar la totalidad o una parte de la presente exposición de forma remota en una memoria dinámica y enviar las instrucciones a través de una línea telefónica utilizando un módem. Un módem local del sistema informático 1601 puede recibir los datos en la línea telefónica y colocar los datos en el bus 902. El bus 902 lleva los datos a la memoria principal 1604, desde la cual el procesador 1603 recupera y ejecuta las instrucciones. Las instrucciones recibidas por  
20 la memoria principal 1604 pueden almacenarse opcionalmente en el dispositivo 1607 ó 1608 de almacenamiento o bien antes o bien después de la ejecución por parte del procesador 1603.

El sistema informático 1601 también incluye una interfaz 1613 de comunicación acoplada al bus 902. La interfaz 1613 de comunicación proporciona un acoplamiento de comunicación de datos bidireccional con un enlace 1614 de red que  
25 está conectado, por ejemplo, a una red de área local (LAN) 1615, o a otra red 1616 de comunicaciones tal como Internet. Por ejemplo, la interfaz 1613 de comunicación puede ser una tarjeta de interfaz de red para conectarse a cualquier LAN por conmutación de paquetes. Como otro ejemplo, la interfaz 1613 de comunicación puede ser una tarjeta de red digital de servicios integrados (ISDN). También se pueden implementar enlaces inalámbricos. En cualquier implementación de este tipo, la interfaz 1613 de comunicación envía y recibe señales eléctricas, electromagnéticas u ópticas que transportan flujos continuos de datos digitales que representan varios tipos de  
30 información.

El enlace 1614 de red normalmente proporciona comunicación de datos a través de una o más redes a otros dispositivos de datos. Por ejemplo, el enlace 1614 de red puede proporcionar una conexión a otro ordenador a través de una red local 1615 (por ejemplo, una LAN) o a través de un equipo operado por un proveedor de servicios, que  
35 brinda servicios de comunicación a través de una red 1616 de comunicaciones. La red local 1614 y la red 1616 de comunicaciones utilizan, por ejemplo, señales eléctricas, electromagnéticas u ópticas que transportan flujos continuos de datos digitales y la capa física asociada (por ejemplo, cable CAT 5, cable coaxial, fibra óptica, etc.). Las señales a través de las diversas redes y las señales sobre el enlace 1614 de red y a través de la interfaz 1613 de comunicación, que transportan los datos digitales hacia y desde el sistema informático 1601, pueden implementarse en señales de banda base o señales basadas en ondas portadoras.

Las señales de banda base transmiten los datos digitales como pulsos eléctricos no modulados que son descriptivos de un flujo continuo de bits de datos digitales, donde el término "bits" debe interpretarse en sentido amplio de manera que significa símbolo, donde cada símbolo transmite al menos uno o más bits de información. Los datos digitales también se pueden usar para modular una onda portadora, tal como con señales moduladas por desplazamiento de  
40 frecuencia, fase y/o amplitud que se propagan sobre un medio conductor, o se transmiten como ondas electromagnéticas a través de un medio de propagación. Así, los datos digitales pueden enviarse como datos de banda base no modulados a través de un canal de comunicación "por cable" y/o pueden enviarse dentro de una banda de frecuencia predeterminada, diferente de la banda base, modulando una onda portadora. El sistema informático 1601 puede transmitir y recibir datos, incluido el código de programa, a través de la(s) red(es) 1615 y 1616, el enlace 1614 de red y la interfaz 1613 de comunicación. Además, el enlace 1614 de red puede proporcionar una conexión a través  
45 de una LAN 1615 a un dispositivo móvil 1617 tal como un ordenador portátil con asistente digital personal (PDA), o un teléfono móvil.

Debe apreciarse que en la presente se describen realizaciones para un vehículo, tal como un vehículo de transporte o un robot de transporte. Sin embargo, realizaciones descritas en este documento se pueden aplicar a otros vehículos guiados automáticamente. Los ejemplos incluyen, aunque sin carácter limitativo, un vehículo con tracción en las cuatro  
50 ruedas o un vehículo que utilice un sistema de dirección Ackerman en el que la rueda delantera interior gira en una curva con un radio mayor que la rueda delantera exterior.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para la corrección de trayectos de un vehículo que se desplaza desde un primer marcador a un segundo marcador, comprendiendo el método:
- 5        calcular, mediante circuitería de un aparato de procesamiento de información, una deriva (*offset*) entre una ubicación del vehículo y el primer marcador;
- dividir un trayecto de navegación entre el primer marcador y el segundo marcador en un número predeterminado de segmentos, siendo el trayecto de navegación un trayecto lineal entre el primer marcador y el segundo marcador;
- calcular un perfil de velocidad del vehículo sobre la base de una distancia del trayecto de navegación entre el primer marcador y el segundo marcador;
- 10       generar una curva de compensación que es un trayecto de corrección entre la ubicación del vehículo y el trayecto de navegación, basándose la curva de compensación generada en (i) la deriva calculada y (ii) una pluralidad de puntos de interpolación que incluyen la ubicación del vehículo y una ubicación del segundo marcador; y
- modificar, al atravesar el vehículo cada segmento, el perfil de velocidad del vehículo sobre la base de una lectura de un contador de ruedas dispuesto en el vehículo.
- 15       2. El método según la reivindicación 1, en donde la deriva se calcula sobre la base de un primer desplazamiento del vehículo con respecto al primer marcador a lo largo de un primer eje de referencia, y un segundo desplazamiento del vehículo con respecto al primer marcador a lo largo de un segundo eje de referencia, y en donde la deriva tiene una magnitud correspondiente a un desplazamiento entre un punto de referencia predeterminado de la ubicación del vehículo y un centro del primer marcador.
- 20       3. El método según la reivindicación 1, que comprende además:
- calcular mediante la circuitería, para cada punto de interpolación de la pluralidad de puntos de interpolación, coordenadas a lo largo de un primer eje de referencia y un segundo eje de referencia, siendo calculadas las coordenadas sobre la base de una desviación angular del vehículo con respecto al primer marcador.
- 25       4. El método según la reivindicación 2, en donde el primer eje de referencia se encuentra a lo largo de una línea que conecta el centro del primer marcador con un centro del segundo marcador, y en donde el segundo eje de referencia es perpendicular al primer eje de referencia.
- 30       5. El método según la reivindicación 1, en el que la curva de compensación es una curva de Bezier; y
- en donde el paso de modificación comprende además:
- (i) recibir una imagen capturada por el vehículo, cuando el vehículo está dispuesto dentro de un alcance predeterminado del primer marcador;
- (ii) procesar, mediante la circuitería, la imagen recibida para calcular la deriva; y transmitir, una instrucción para controlar un movimiento del vehículo en cada segmento; y
- 35       en donde el vehículo incluye un dispositivo de pesaje dispuesto para pesar artículos transportados por el vehículo, modificándose el perfil de velocidad del vehículo sobre la base de al menos uno del peso de los artículos y una lectura del contador de ruedas dispuesto en el vehículo; y
- en donde el paso de calcular el perfil de velocidad comprende:
- calcular, basándose en la distancia del trayecto de navegación entre el primer marcador y el segundo marcador, una distancia de aceleración, una distancia de desaceleración y una velocidad máxima de desplazamiento del vehículo.
- 40       6. Un aparato de procesamiento de información, comprendiendo el aparato de procesamiento de información:
- circuitería de procesamiento configurada para:
- calcular una deriva entre la ubicación de un vehículo y un primer marcador,
- dividir un trayecto de navegación entre el primer marcador y un segundo marcador en un número predeterminado de segmentos, siendo el trayecto de navegación un trayecto lineal entre el primer marcador y el segundo marcador,
- 45       calcular un perfil de velocidad del vehículo basándose en la distancia del trayecto de navegación entre el primer marcador y el segundo marcador,

generar una curva de compensación que es un trayecto de corrección entre la ubicación del vehículo y el trayecto de navegación, basándose la curva de compensación generada en (i) la deriva calculada y (ii) una pluralidad de puntos de interpolación que incluyen la ubicación del vehículo y una ubicación del segundo marcador, y

5 modificar, al atravesar el vehículo cada segmento, el perfil de velocidad del vehículo basándose en una lectura de un contador de ruedas dispuesto en el vehículo.

7. El aparato de procesamiento de información según la reivindicación 6, en donde la deriva se calcula sobre la base de un primer desplazamiento del vehículo con respecto al primer marcador a lo largo de un primer eje de referencia, y un segundo desplazamiento del vehículo con respecto al primer marcador a lo largo de un segundo eje de referencia, y en donde la deriva tiene una magnitud correspondiente a un desplazamiento entre un punto de referencia predeterminado de la ubicación del vehículo y un centro del primer marcador.

8. El aparato de procesamiento de información según la reivindicación 6, en donde el circuito de procesamiento está configurado además para:

calcular, para cada punto de interpolación de la pluralidad de puntos de interpolación,

15 coordenadas a lo largo de un primer eje de referencia y un segundo eje de referencia, siendo calculadas las coordenadas sobre la base de una desviación angular del vehículo con respecto al primer marcador.

9. El aparato de procesamiento de información según la reivindicación 7, en donde el primer eje de referencia se encuentra a lo largo de una línea que conecta el centro del primer marcador con el centro del segundo marcador, y en donde segundo eje de referencia es perpendicular al primer eje de referencia.

10. El aparato de procesamiento de información según la reivindicación 6, en donde la curva de compensación es una curva de Bezier; y

en donde la circuitería está configurada además para:

(i) recibir una imagen capturada por el vehículo, cuando el vehículo está dispuesto dentro de un alcance predeterminado del primer marcador;

(ii) procesar la imagen recibida para calcular la deriva; y

25 (iii) transmitir una instrucción para controlar un movimiento del vehículo en cada segmento; y

en donde el vehículo incluye un dispositivo de pesaje dispuesto para pesar artículos transportados por el vehículo, modificándose el perfil de velocidad del vehículo sobre la base de al menos uno del peso de los artículos y una lectura del contador de ruedas dispuesto en la rueda; y

30 en donde la circuitería está configurada además para calcular, basándose en la distancia del trayecto de navegación entre el primer marcador y el segundo marcador, una distancia de aceleración, una distancia de desaceleración y una velocidad máxima de desplazamiento del vehículo.

11. Un soporte no transitorio legible por ordenador que tiene almacenado en el mismo un programa que, cuando es ejecutado por un ordenador, hace que el ordenador ejecute un método para corregir trayectos de un vehículo que se desplaza desde un primer marcador a un segundo marcador, comprendiendo el método:

35 calcular una deriva entre una ubicación del vehículo y el primer marcador;

dividir un trayecto de navegación entre el primer marcador y el segundo marcador en un número predeterminado de segmentos, siendo el trayecto de navegación un trayecto lineal entre el primer marcador y el segundo marcador;

calcular un perfil de velocidad del vehículo sobre la base de la distancia del trayecto de navegación entre el primer marcador y el segundo marcador;

40 generar una curva de compensación que es un trayecto de corrección entre la ubicación del vehículo y el trayecto de navegación, basándose la curva de compensación generada en (i) la deriva calculada y (ii) una pluralidad de puntos de interpolación que incluyen la ubicación del vehículo y una ubicación del segundo marcador; y

modificar, al atravesar el vehículo cada segmento, el perfil de velocidad del vehículo sobre la base de una lectura de un contador de ruedas dispuesto en el vehículo.

45 12. El soporte no transitorio legible por ordenador según la reivindicación 11, en donde la deriva se calcula sobre la base de un primer desplazamiento del vehículo con respecto al primer marcador a lo largo de un primer eje de referencia, y un segundo desplazamiento del vehículo con respecto al primer marcador a lo largo de un segundo eje de referencia, y en donde la deriva tiene una magnitud correspondiente a un desplazamiento entre un punto de referencia predeterminado de la ubicación del vehículo y un centro del primer marcador.

13. El soporte no transitorio legible por ordenador según la reivindicación 11, comprendiendo además el método:  
calcular, para cada punto de interpolación de la pluralidad de puntos de interpolación, coordenadas a lo largo de un primer eje de referencia y un segundo eje de referencia, calculándose las coordenadas sobre la base de una desviación angular del vehículo con respecto al primer marcador.
- 5 14. El soporte no transitorio legible por ordenador según la reivindicación 11, en donde el primer eje de referencia se encuentra a lo largo de una línea que conecta el centro del primer marcador con el centro del segundo marcador, y en donde el segundo eje de referencia es perpendicular al primer eje de referencia.
15. El soporte no transitorio legible por ordenador según la reivindicación 11, en donde la curva de compensación es una curva de Bezier; y
- 10 en donde el paso de modificación comprende además:  
recibir una imagen capturada por el vehículo, cuando el vehículo está dispuesto dentro de un alcance predeterminado del primer marcador;  
procesar la imagen recibida para calcular la deriva; y  
transmitir, una instrucción para controlar un movimiento del vehículo en cada segmento; y
- 15 en donde el vehículo incluye un dispositivo de pesaje dispuesto para pesar artículos transportados por el vehículo, modificándose el perfil de velocidad del vehículo sobre la base de al menos uno del peso de los artículos y una lectura del contador de ruedas dispuesto en el vehículo; y  
en donde el paso de calcular el perfil de velocidad comprende:
- 20 calcular, basándose en la distancia del trayecto de navegación entre el primer marcador y el segundo marcador, una distancia de aceleración, una distancia de desaceleración y una velocidad máxima de desplazamiento del vehículo.

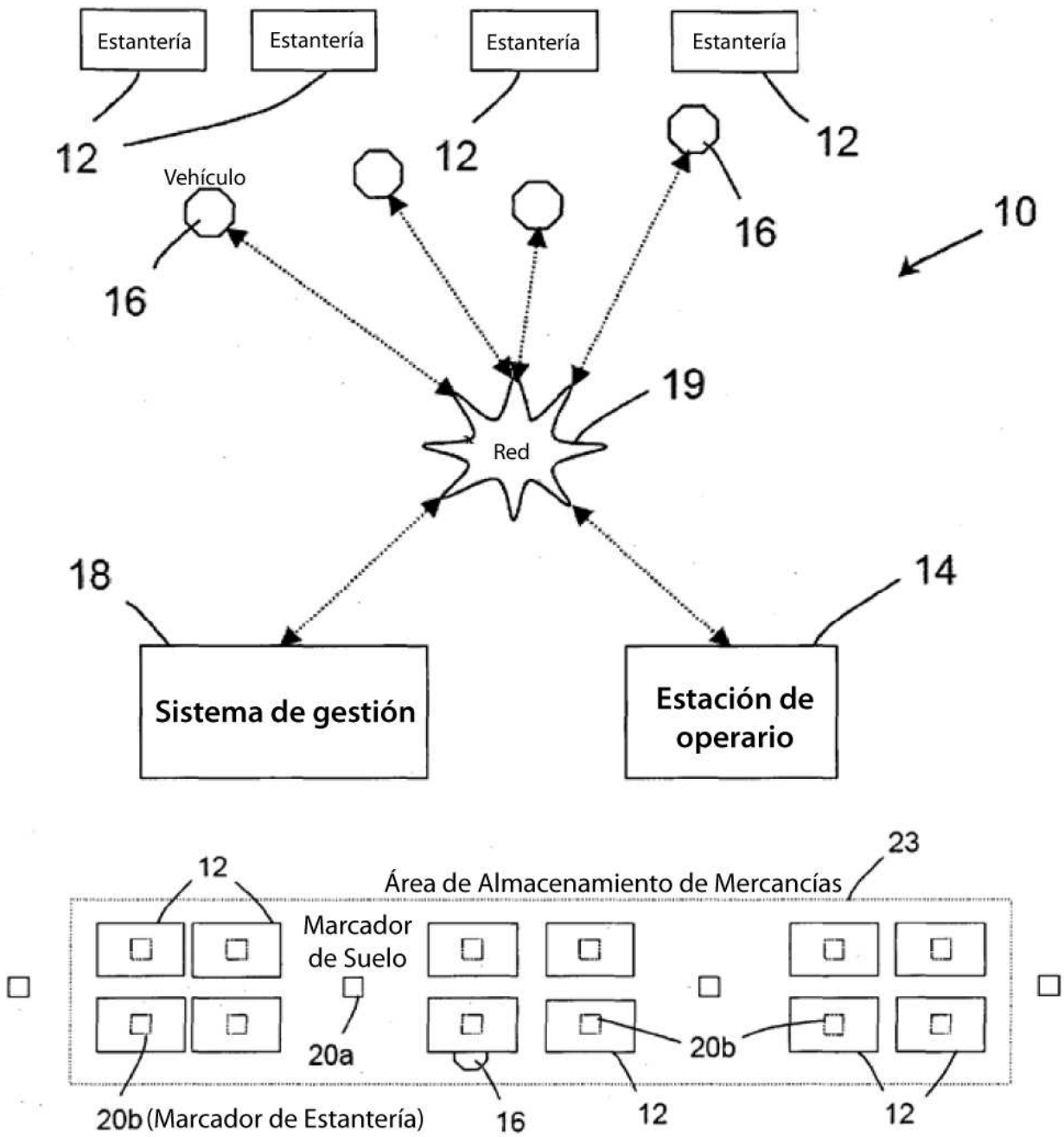


Fig. 1

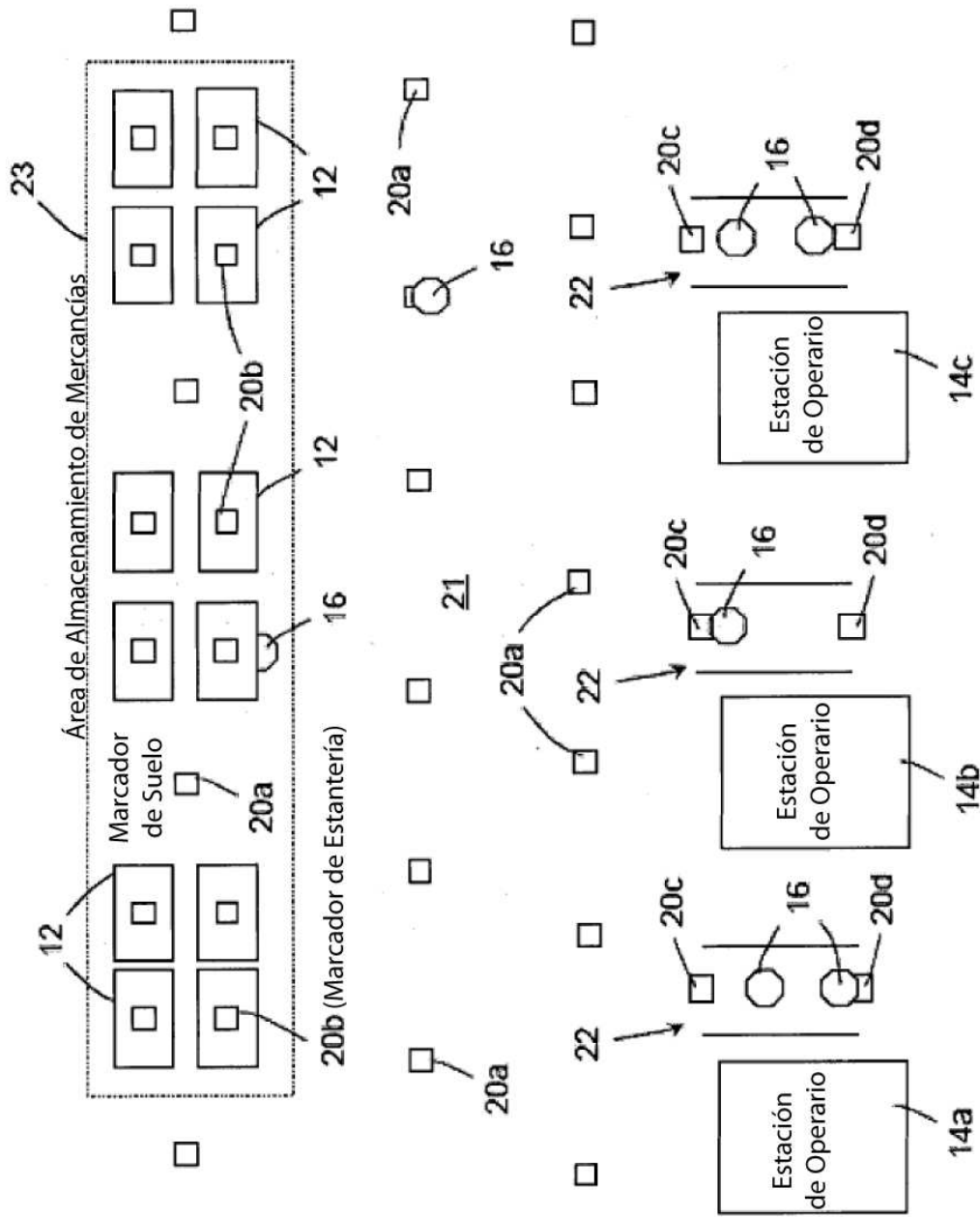


Fig. 2

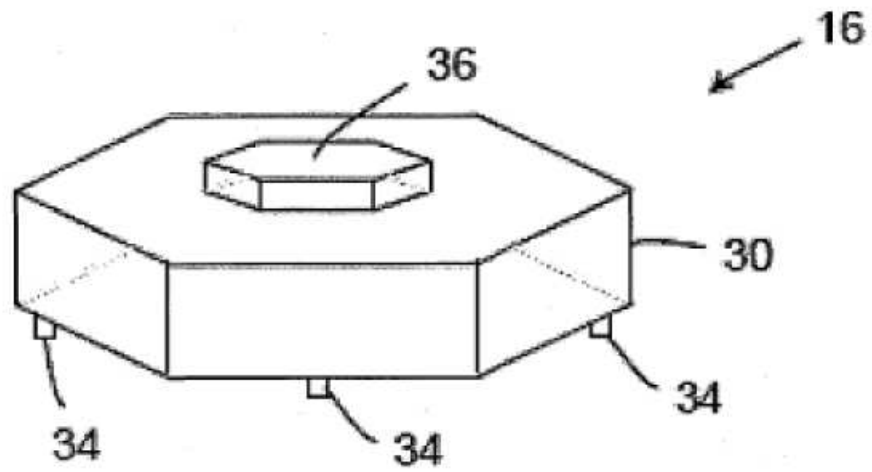


Fig. 3

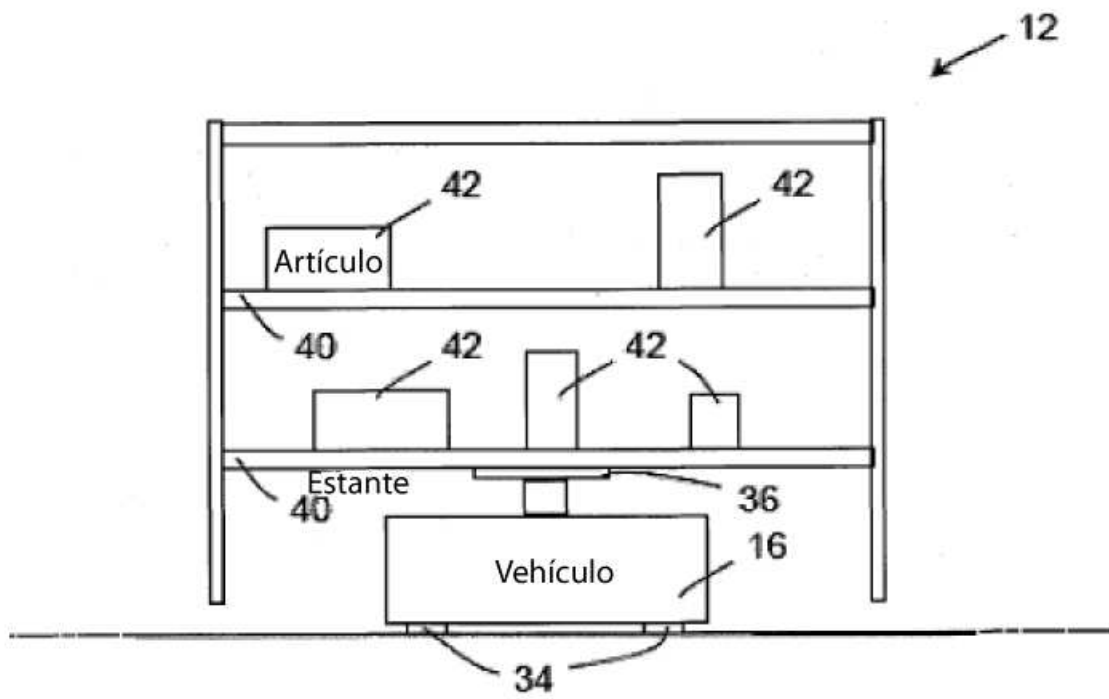


Fig. 4

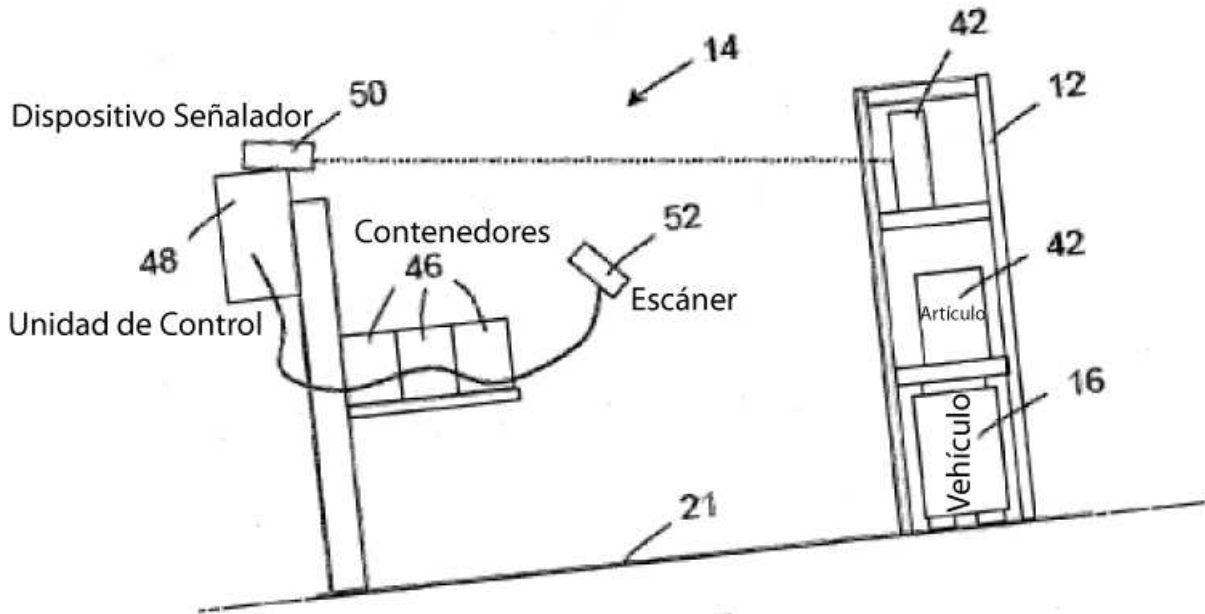


Fig. 5

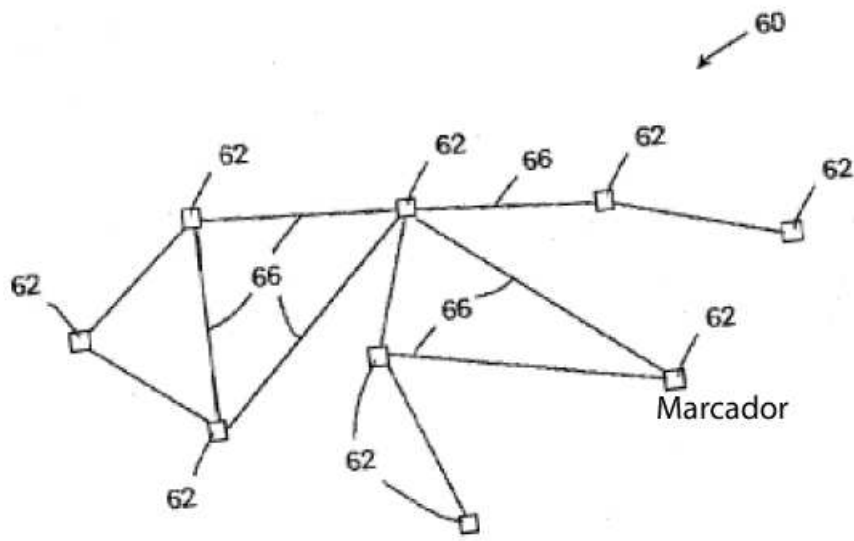


Fig. 6

Origen	Destino	Método de Desplazamiento	Detalles	Coste
xx01	xx03	Terreno	90°, 0°, 1.3m	20s
xx03, suelo	xx03, primera	Ascensor	ElevadorID:10,	10s
xx02	xx05	Pendiente	120°, 20°, 1m	25s

Fig. 7

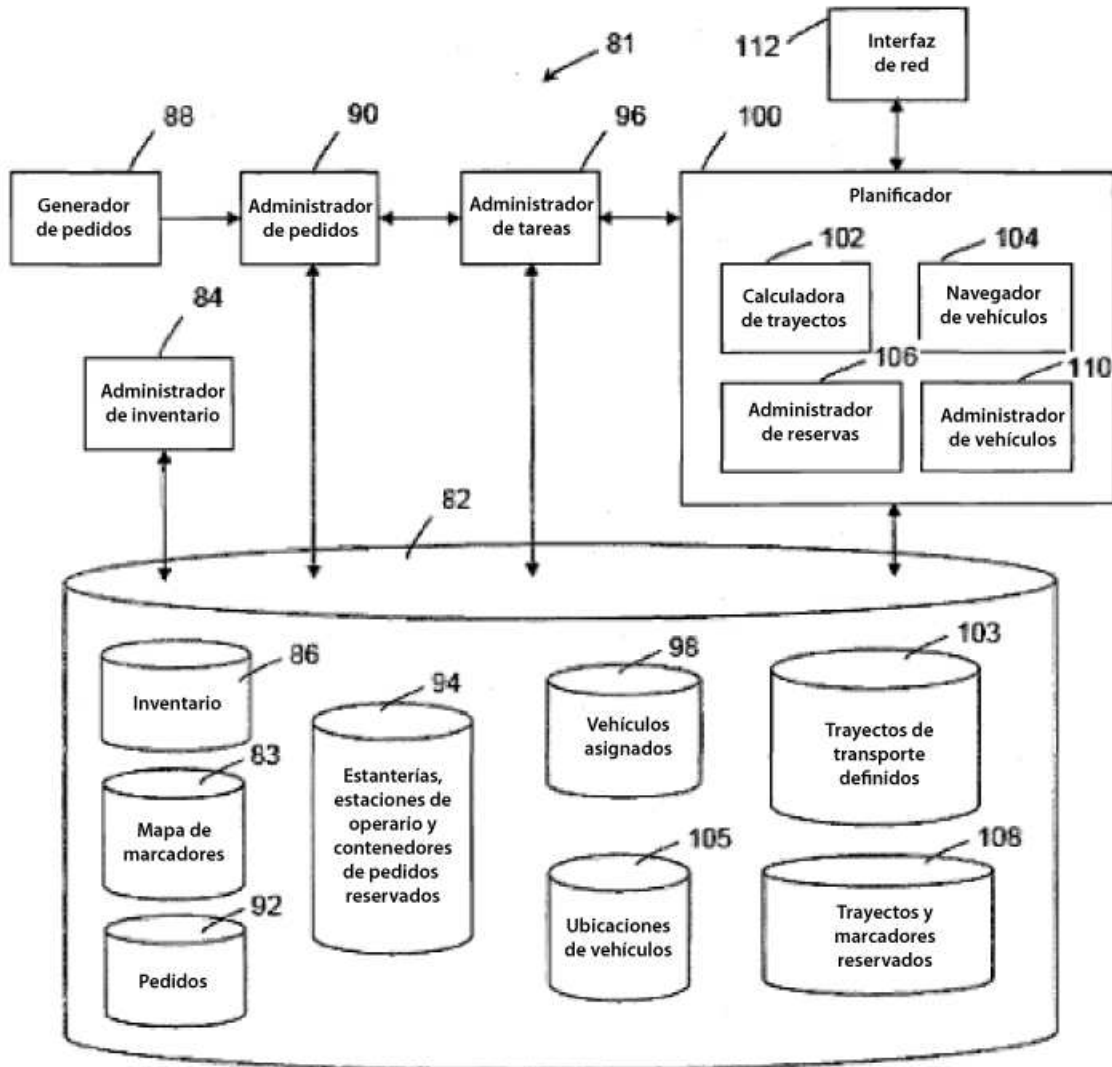


Fig. 8

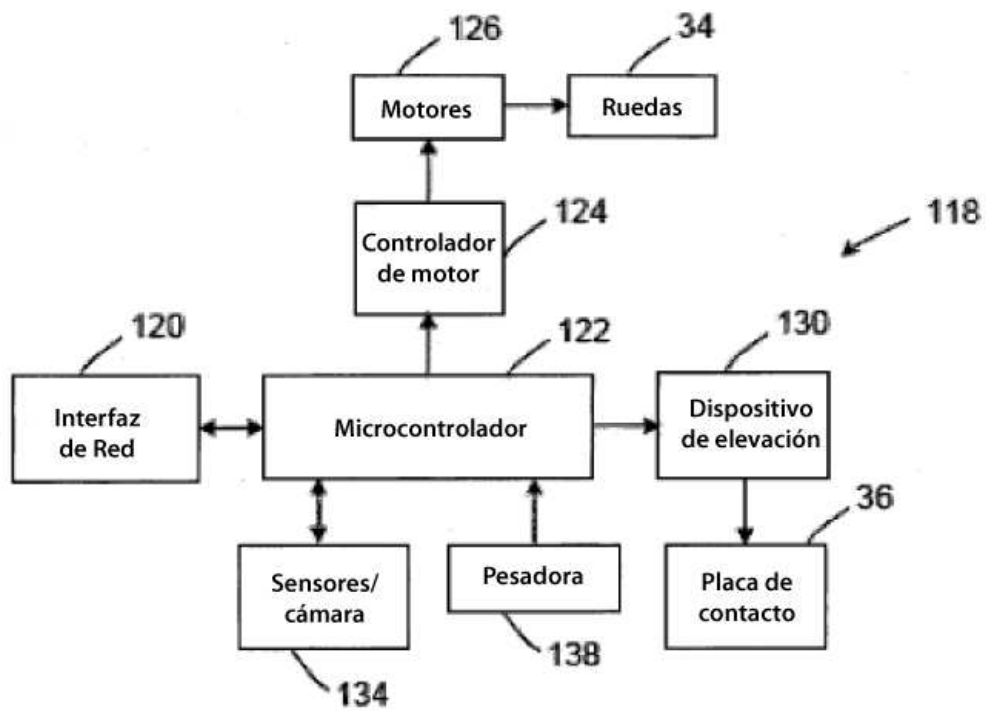


Fig. 9

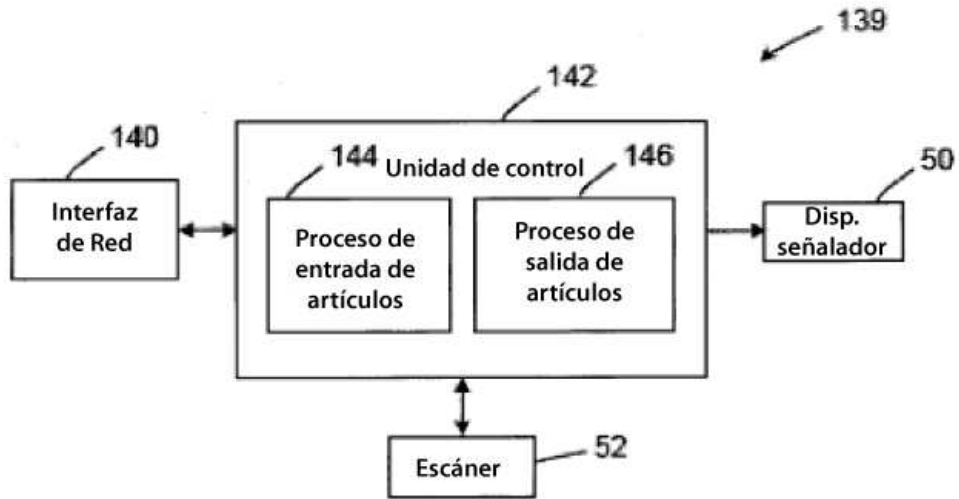


Fig. 10

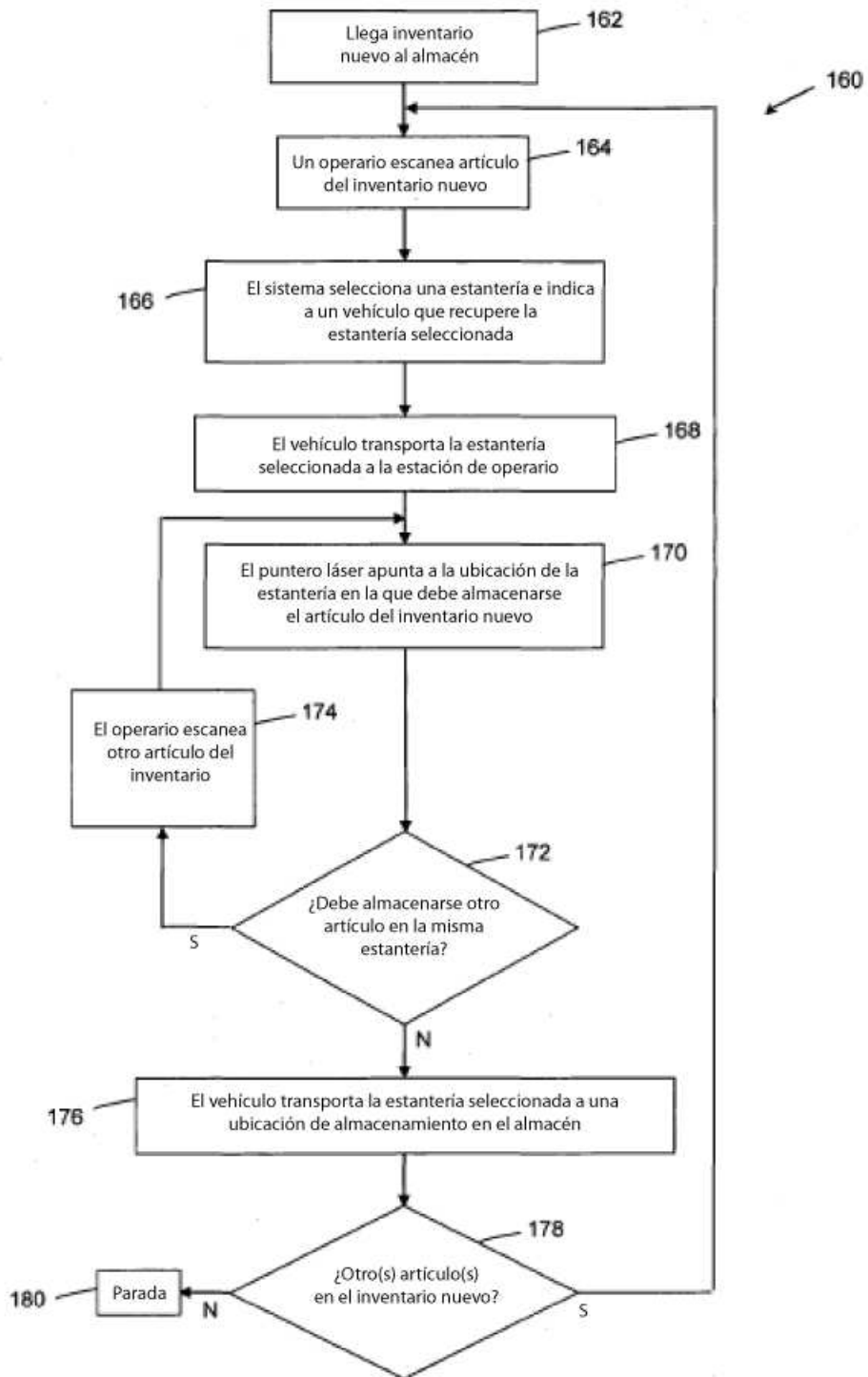


Fig. 11

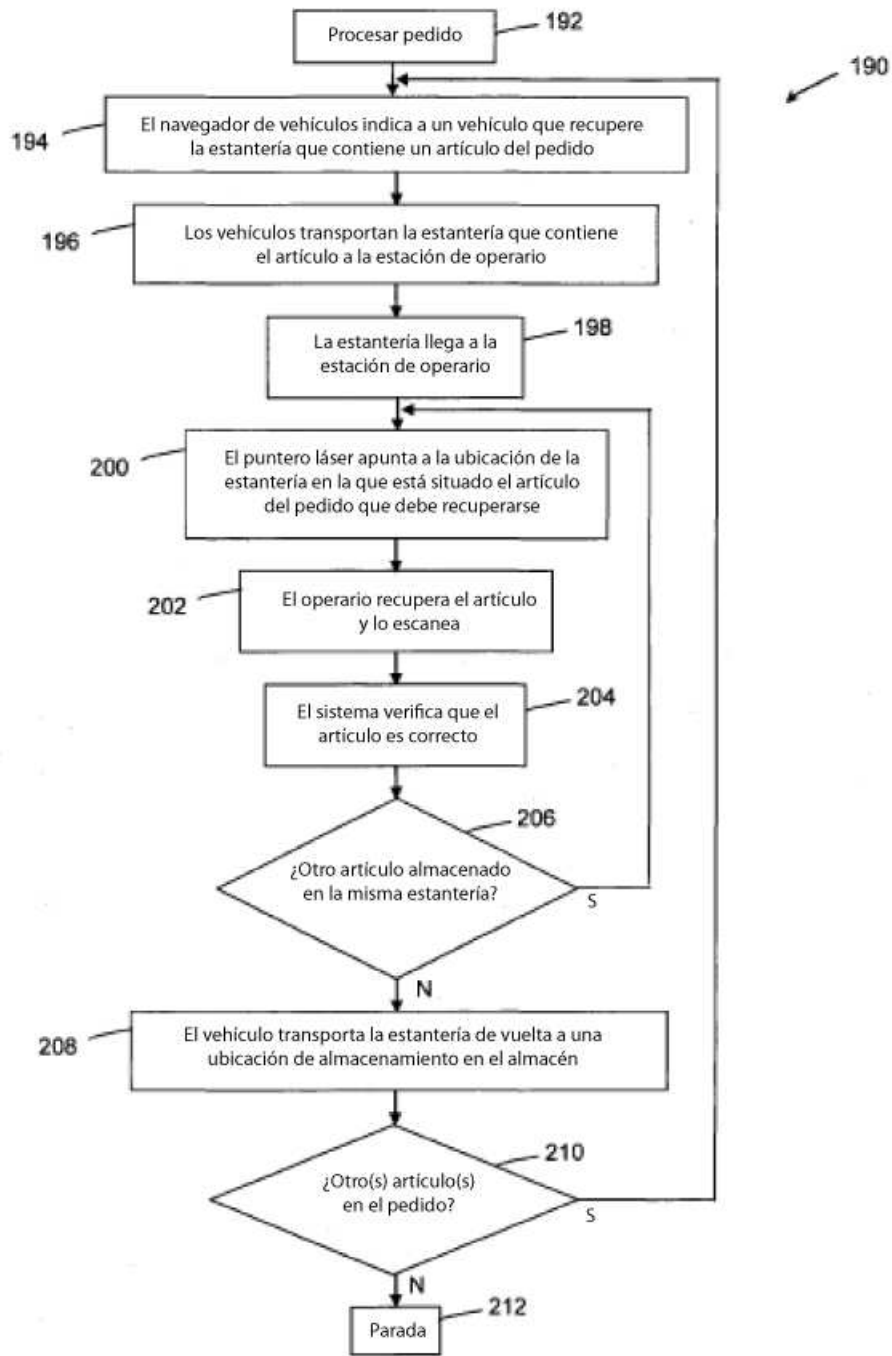


Fig. 12

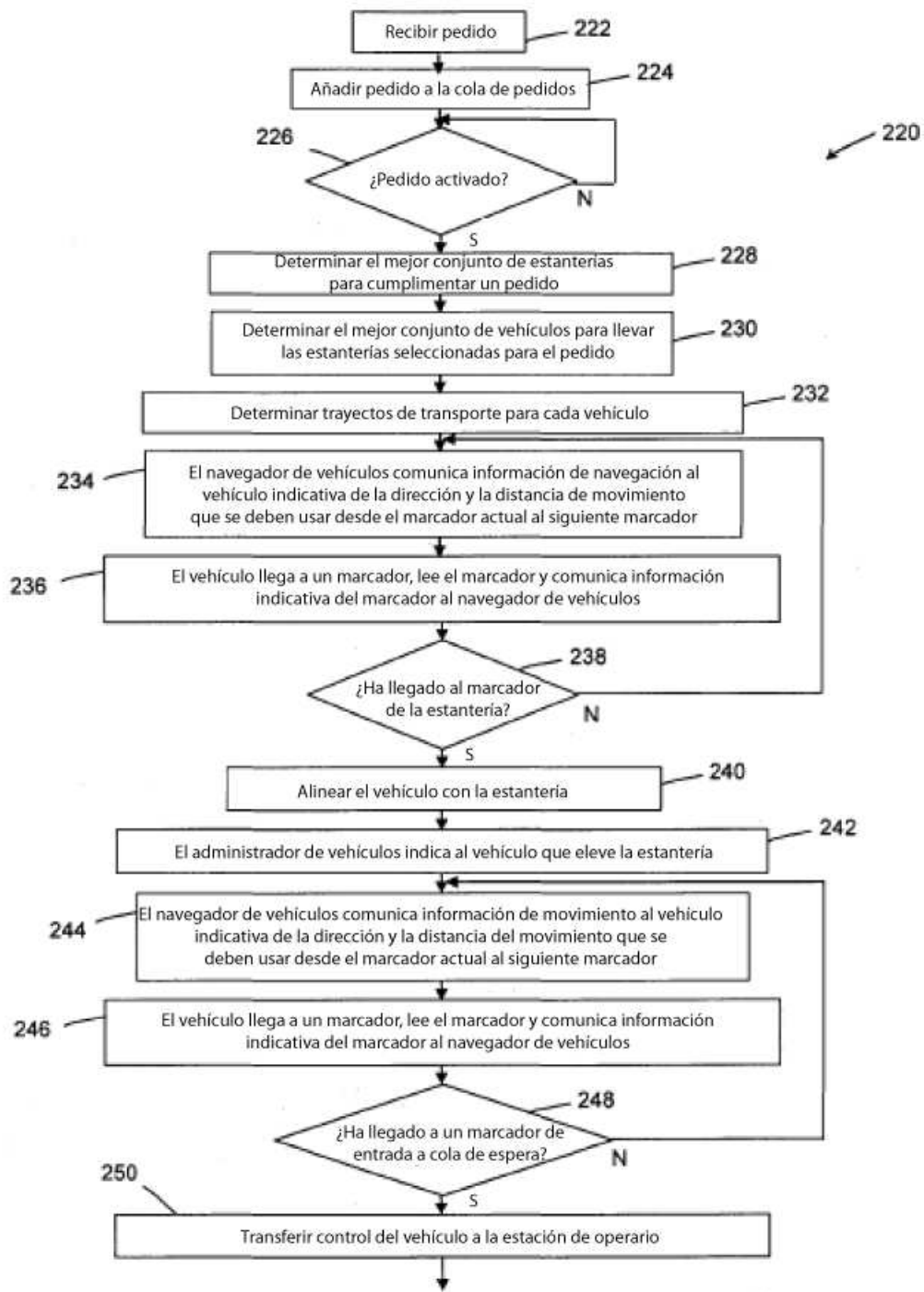


Fig. 13A

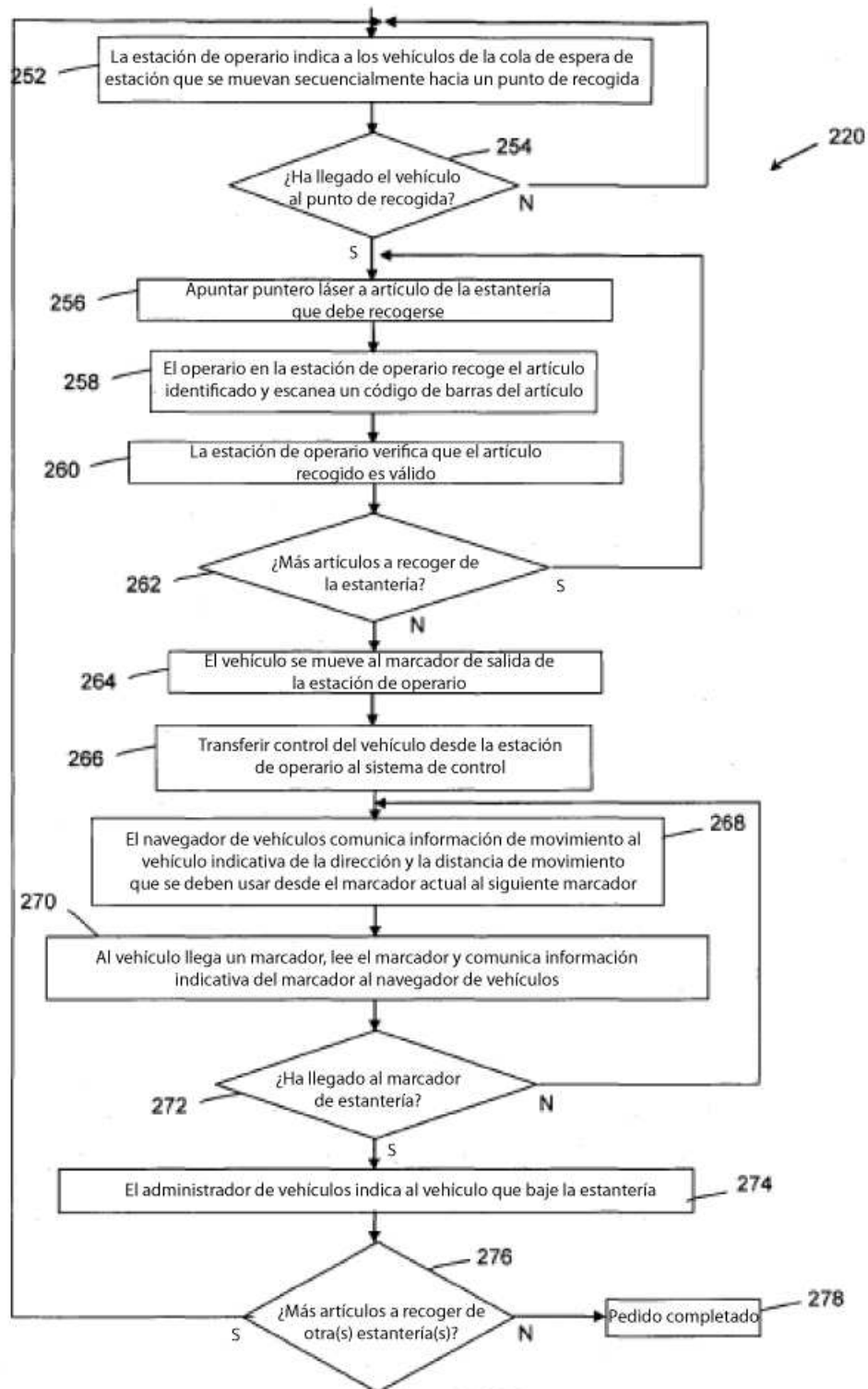


Fig. 13B

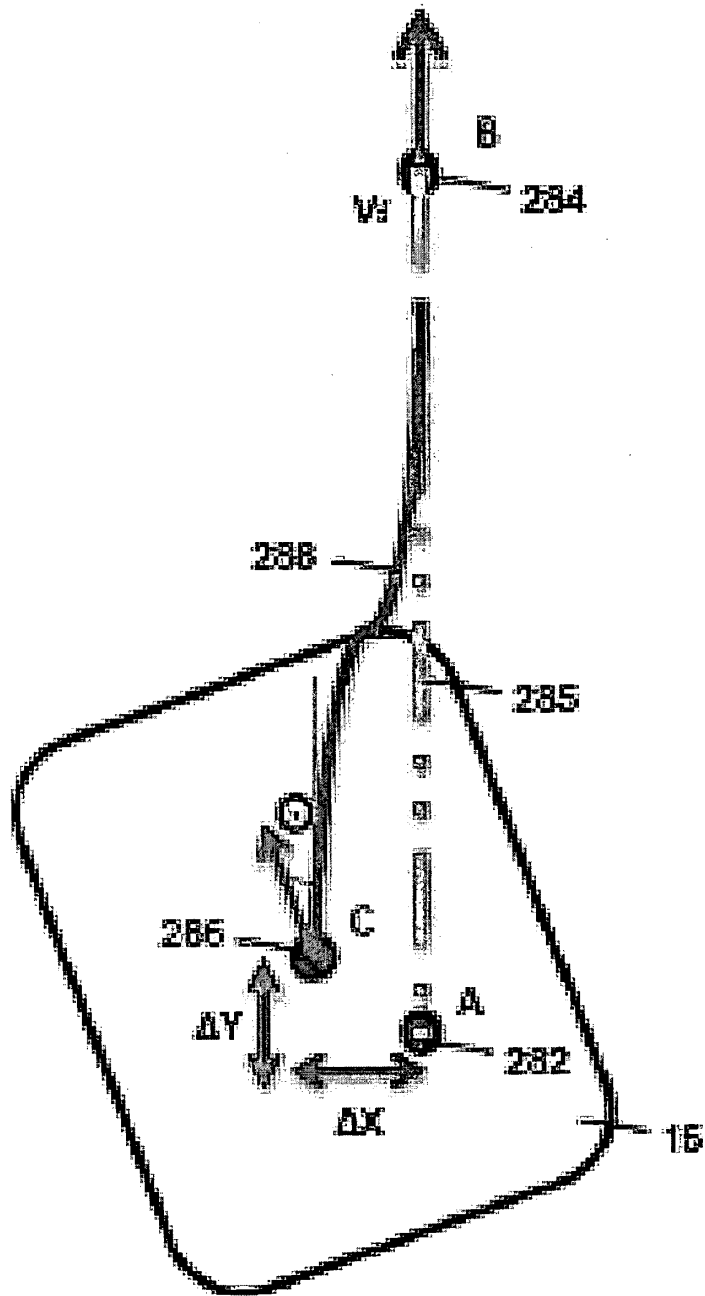


Fig. 14

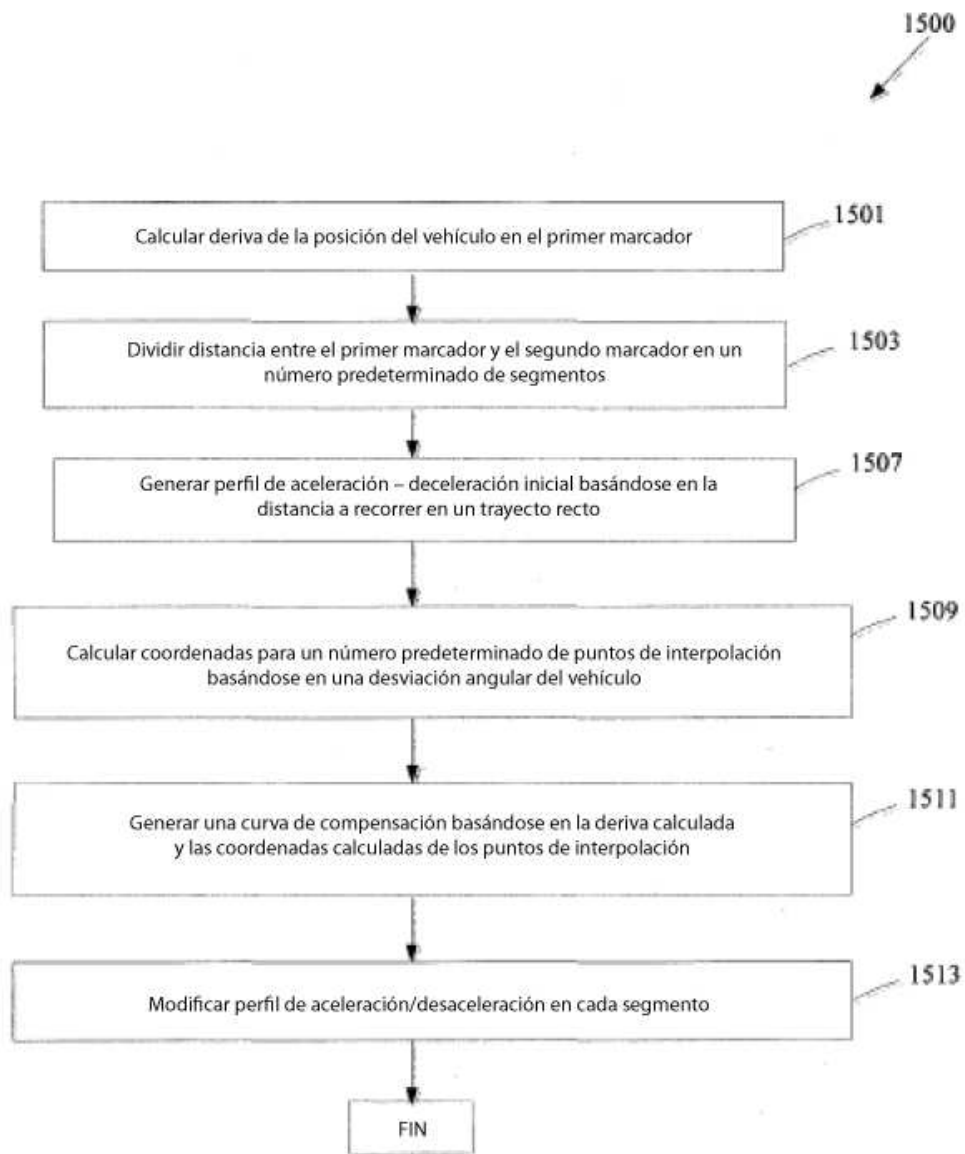


Fig. 15

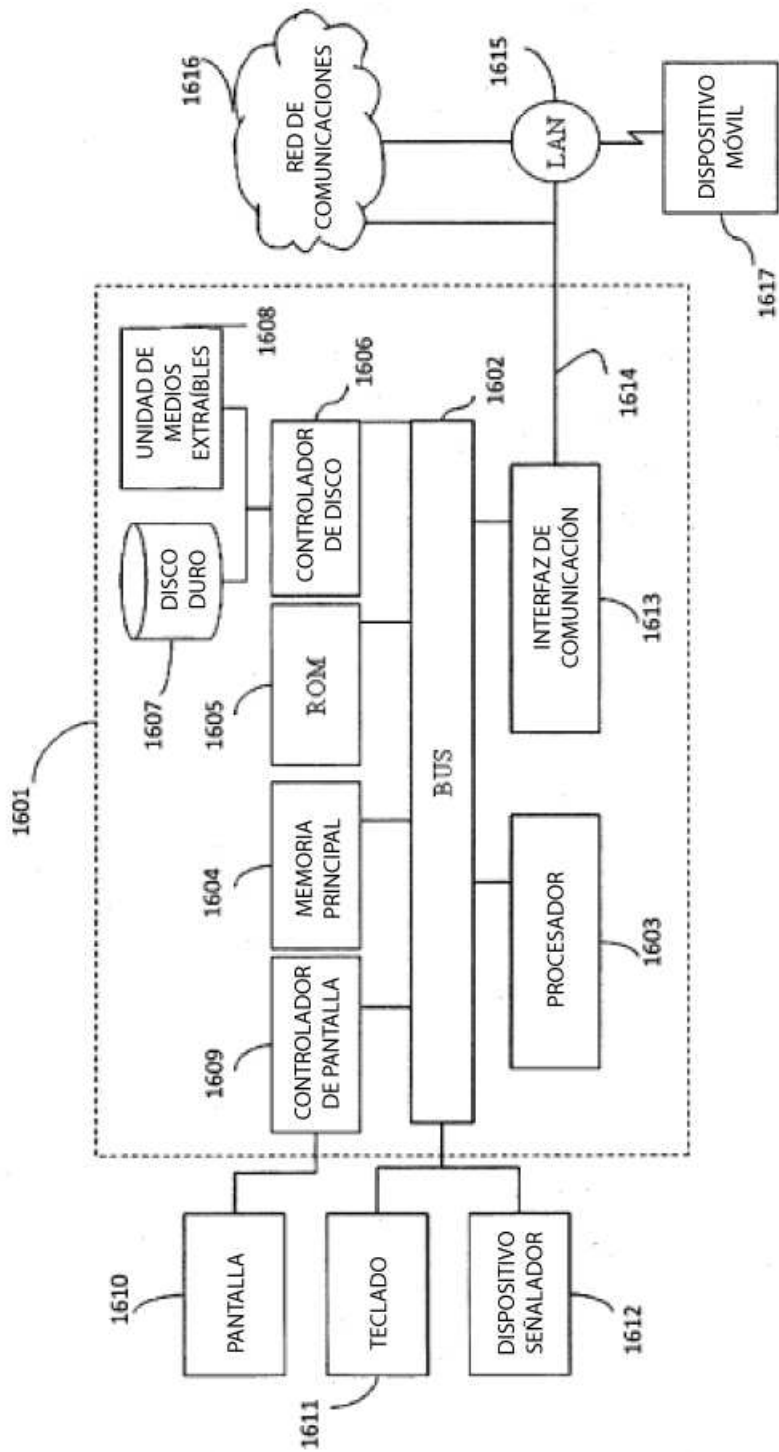


Fig. 16