

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 962 842**

51 Int. Cl.:

G06Q 10/08 (2013.01)

B65G 43/10 (2006.01)

G06Q 10/063 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.10.2020** **E 20202699 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2023** **EP 3816896**

54 Título: **Procedimiento para fusionar, en un almacén logístico, de k flujos de entrada de cargas útiles en un flujo de salida**

30 Prioridad:

30.10.2019 FR 1912231

15.11.2019 FR 1912777

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

21.03.2024

73 Titular/es:

SAVOYE (50.0%)

18 Boulevard des Gorgets

21000 Dijon, FR y

UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE COMPIÈGNE (50.0%)

72 Inventor/es:

VACHER, BLANDINE;

PIETROWICZ, STEPHANE;

JOUGLET, ANTOINE y

NACE, DRITAN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 962 842 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

Procedimiento para fusionar, en un almacén logístico, de k flujos de entrada de cargas útiles en un flujo de salida

5 1. Campo técnico

En los últimos años, la actividad intralogística se ha visto muy fuertemente impactada por un cambio drástico en el comportamiento de la sociedad de consumo y por el desarrollo de nuevas tecnologías. El constante aumento de la demanda obliga a los actores de la logística ser cada vez más reactivos y competitivos. La mejora y la optimización de las soluciones de transporte, almacenamiento y preparación de pedidos se han vuelto esenciales. La compañía SAVOYE, fabricante de equipos para la preparación de pedidos, especializada en la automatización e informatización de almacenes logísticos, está en proceso de mejora y evaluación continua de sus soluciones.

La gestión de un almacén logístico incluye el suministro, la recepción y la gestión de flujos y stocks. Mejorar el tiempo de viaje de un pedido significa muchas veces minimizar su tiempo de transporte. Se dedica 50% del tiempo de preparación de un pedido a esta operación de transporte, según el siguiente artículo: De Koster, R., Le-Duc, T., y Roodbergen, K.J., "Design and control of warehouse order picking: a literature review" (2007), European Journal of Operational Research 182(2), 481-501. Por lo tanto, se necesita interesarse en primer lugar al principal problema de los almacenes: el de optimizar los flujos transportados a fin de garantizar un porcentaje de producción más elevado posible. Nos centraremos, más particularmente, en las intersecciones de los flujos de cargas (paquetes, bandejas, contenedores, etc.). El objetivo es maximizar el caudal del flujo final (también denominado flujo de salida), agrupando varios flujos entrantes que provienen de diferentes ubicaciones.

25 2. Problemática

25 2.1 Objeto

En un almacén logístico ocurre, en efecto, que varios flujos de entrada de carga (también denominados flujos de inyección) se juntan para formar un único flujo de salida (también denominado flujo de salida). Un flujo de cargas corresponde a una lista de cargas secuenciadas que se desplazan una detrás de otra. Estos flujos pueden ser transportados mediante un transportador, similar a una cinta transportadora, que desplaza en una dirección determinada todas las cargas que se encuentra sobre ella en una sola fila. En el resto de la descripción, los transportadores que transportan los flujos entrantes se denominan pasillos y el transportador que transporta el flujo de salida se denomina colector.

Los flujos de inyección se distribuyen a lo largo del colector. La posición de las cargas que componen estos flujos de inyección es conocida e identificable. Para cada flujo de inyección, se puede elegir el instante en el que se inyecta su primera carga en el colector. Una distribución secuencial de los flujos de inyección permite que un pasillo situado aguas arriba del flujo del colector se beneficie de un mayor número de posibilidades de inyección que un pasillo situado aguas abajo. En efecto, este último sólo puede descargar sus cargas cuando hay espacio, que dejan libres los pasillos situados aguas arriba.

Para evitar un desequilibrio en la inyección de cargas entre los flujos entrantes, se desea definir de antemano el orden de las cargas una vez colocadas todas en el colector (denominada secuencia final o incluso secuencia de salida).

La idea guía es empujar el flujo del colector a la capacidad mecánica máxima del colector. Para lograrlo conviene limitar el número de espacio vacío en este último. Se propone un enfoque basado en las fechas correctas de inyección de las cargas, para constituir un flujo final que no comprende (o que comprende lo menos posible) espacios vacíos. Estas fechas de inyección se definen a fin de respetar cualquier secuencia final realizable, es decir, que respeta las órdenes FIFO (First In First Out "primero que entra primero que sale) de los flujos de inyección.

La solución propuesta y descrita a continuación, para responder a este problema, es nueva e inventiva a la vista de los modelos de problemas de planificación conocidos, en particular:

- 55 • Runway Cheng, Mitsuo Gen y Yasuhiro Tsujimura, A tutorial survey of Job Shop scheduling problems using genetic algorithms --- Parte I. Representación, Ashikaga Institute of Technology, Ashikaga 326, Japan; y
- Imran Ali Chaudhry y Abid Ali Khan, A research survey: review of flexible job shop scheduling techniques, International transactions in opération research, 2015

60 2.2 Ejemplo de aplicación

En resumen, el sistema estudiado está compuesto por flujos de inyección (flujos de entrada) transportados por pasillos (conjunto de transportadores) y un colector (otro transportador) que agrupa estos flujos de inyección en un único flujo final (flujo de salida). El control propuesto y descrito a continuación se aplica en particular, pero no exclusivamente, a un colector de tipo "transportador continuo sin acumulación" o a un colector de tipo "clasificador" ("belt tray", "tilt tray",

etc.). Este control permite respetar cualquier secuencia final realizable. Se da por lo tanto la solución que corresponde al caudal óptimo con respecto a una secuencia final determinada. Si no se desea una secuencia final, se sabe cómo obtener el caudal máximo en un colector completamente libre para agrupar estos flujos de inyección.

Sin embargo, en algunos casos, es posible que obstrucciones ya estén ocupando sitios en el colector. Por obstrucción de un paso de tiempo del colector se entiende en particular, pero no exclusivamente, una carga perturbadora que proviene de un flujo perturbador, diferente de los flujos de inyección. Una obstrucción no es necesariamente una carga perturbadora, sino que también puede ser un lugar del colector dañado, reservado, etc. En estos casos, la gestión de los flujos de inyección debe tener en cuenta tales obstrucciones.

En el caso particular en el que las cargas perturbadoras provienen de uno o más flujos perturbadores, se distinguen dos tipos de flujos perturbadores. Un flujo perturbador se denomina "experimentado" si la inyección en el colector de cargas perturbadoras que lo compone no se puede controlar por el sistema de control (estas cargas perturbadoras llegan sin tener en cuenta el entorno). Por el contrario, se dice que un flujo perturbador está "controlado" si la inyección en el colector de las cargas perturbadoras que lo compone se puede controlar mediante el sistema de control. Nuestra propuesta de control soporta estos diferentes tipos de flujos perturbadores (experimentados o controlados) y da una solución óptima que incluye la gestión de los flujos perturbadores a controlar.

Un ejemplo (ilustrativo y no limitativo) de aplicación concreta se encuentra en la solución GTP Intelis PTS (Goods To Person Intelis Picking Tray System) propuesta por la compañía SAVOYE. Es una solución global de preparación de pedido automatizada en la que un sistema automatizado de almacenamiento y de sacar del almacenamiento con lanzaderas (denominado Intelis PTS) 3 permite suministrar a cadencias muy altas estaciones de preparación (denominadas estaciones GTP) 4. El papel del sistema automatizado (Intelis PTS) es, por lo tanto, almacenar, entrar y sacar cargas, que comprenden artículos necesarios para el correcto llenado de los pedidos a nivel de las estaciones de GTP. El sistema automatizado se compone de varias filas de almacenamiento (también denominadas "pasillos PTS" o "PTS aisles" en inglés, pero que no deben confundirse con los pasillos (en el sentido de transportadores) que transportan los flujos entrantes en el contexto de la presente invención, véanse las explicaciones a continuación), permitiendo cada compuestas de lanzaderas y ascensor el vaivén de estas cargas sobre transportadores respectivamente de entrada 5₁, 5₂ y de salida 2₁, 2₂. Estos diferentes transportadores de entrada y salida están todos unidos por un colector 1 que permite alimentar las estaciones de preparación 4 como se muestra en la Figura 50 (ejemplo con tres estaciones de preparación 4₁, 4₂ y 4₃).

Para relacionar la definición de contexto anterior, los transportadores de salida 2₁, 2₂ del sistema automatizado 3 forman los transportadores (también denominados "pasillos") que transportan los flujos entrantes de cargas útiles, fusionándose estos flujos entrantes en el colector 1 en un flujo saliente de cargas útiles.

En otras palabras, el vaivén de las cargas que entran y salen del sistema automatizado 3 está gestionado mediante el colector. Se está, por lo tanto, en presencia de varios flujos de inyección de cargas (también denominados flujos de entrada en nuestra problemática) en los transportadores de salida 2₁, 2₂ del sistema automatizado 3, todos inyectados en el colector.

Además, cuando los flujos de cargas que regresan al sistema automatizado 3 (a través de los transportadores de entrada 5₁, 5₂) pasan por el mismo colector 1, se tiene un ejemplo de flujos perturbadores, denominados flujos de retorno en este caso particular. Estos flujos perturbadores son muy interesantes ya que desaparecen después del paso de todas las zonas de inyección, creando así espacios vacíos para ciertos flujos de inyección, pero no para otros. Como se detalla a continuación, una realización de la solución propuesta tiene como objetivo controlar, en la medida de lo posible, estos flujos perturbadores para llenar estos espacios vacíos en lugar de experimentados.

Las soluciones propuestas en este ejemplo de aplicación se describen más adelante aquí.

2.3 Soluciones actuales

2.3.1 Soluciones existentes

- Solución conocida A, con una secuenciación final deseada: en este caso, la inyección de las cargas en el colector sigue un orden bien definido que corresponde a la secuencia final esperada después de la fusión de las cargas. Si esta secuencia final deseada en la salida del colector está formada, por ejemplo, por las cargas que tienen los números de secuencia 1, 2, 3, etc. en adelante denominada "carga 1", "carga 2", etc.); la carga 1 se inyectará en prioridad, seguida de la carga 2 sólo si la carga 1 está aguas debajo de la carga 2 en el colector, seguida de la carga 3 sólo si la carga 2 está aguas debajo de la carga 3 en el colector, y así sucesivamente.
- Solución B conocida, sin secuenciación final deseada: cada primera carga de cada flujo de inyección se inyecta en el colector siempre que haya espacio en su zona de inyección.

El documento WO 2013/150080 describe técnicas para implementar las soluciones A y B antes mencionadas.

2.3.2 Inconvenientes relacionados a estas soluciones

- Solución conocida A: un inconveniente de la solución conocida A es que deja espacios (huecos) entre las cargas, lo que ralentiza el flujo de salida con respecto a la capacidad mecánica del colector. Un espacio vacío aparece entre dos cargas sucesivas en la secuencia final tan pronto como la carga anterior en la secuencia final pertenece a un flujo de inyección más aguas abajo que la carga siguiente. Además, la longitud de estos espacios vacíos es proporcional a la distancia de los pasillos (transportadores) para inyectar estas dos cargas sucesivas.

Varias etapas de esta solución conocida A se muestran mediante la Figura 1. En este ejemplo, se considera la secuencia final deseada 1, 2, 3, 4. Con el fin de respetar esta secuencia, no es posible inyectar directamente las cargas 1, 2, 3 y 4 al mismo tiempo en el colector. En la etapa 0, se activa la instalación. Instantáneamente, se inyectan las cargas 1 y 2 en el colector. Esta operación es posible ya que el flujo de inyección de la carga 1 está aguas abajo del flujo de inyección de la carga 2. Las cargas 1 y 2 están sobre el colector, separadas por la distancia que existe entre los pasillos (transportadores) de donde provienen. El colector avanza sin cambios hasta la etapa 1, en la que la carga 2 pasa delante de la zona de inyección del flujo que contiene la carga 3. A partir de este momento, la carga 3 se inyecta en el colector directamente detrás de la carga 2. Cabe señalar que el espacio vacío que queda entre las cargas 1 y 2 sigue siendo el mismo y nunca se llenará. En esta misma etapa 1, también se inyecta la carga 4 en el colector dejando un espacio entre ella y la carga 3. La etapa 2 muestra los espacios vacíos que deja este método de inyección conocido.

- Solución conocida B: un inconveniente de la solución conocida B es que el pasillo (el transportador) situado aguas abajo inyectará sus cargas en continuo mientras que los demás tendrán que contentarse con llenar los espacios libres restantes; otro inconveniente de la solución conocida B es que propone un control que sólo funciona, en realidad, cuando el colector (que transporta el flujo saliente) tiene una velocidad mucho mayor que la de los pasillos (transportadores) que transportan los flujos entrantes (tantas veces mayor que existen flujos entrantes a inyectar). En la solución conocida B, las velocidades de los pasillos (transportadores) deben por lo tanto ser limitados. Ahora bien, en el contexto actual, el número de flujos de inyección aumenta más rápidamente que las capacidades mecánicas del colector. Esta solución conocida B ya no es suficiente, y no controla la optimización del caudal del flujo de salida.

3. Resumen

En una primera realización particular de la invención, se propone un procedimiento para fusionar, dentro de un almacén logístico, de k flujos entrantes de cargas útiles, transportadas respectivamente por k transportadores denominados pasillos

a_i con $i \in \{1, \dots, k\}$, en un flujo de salida de cargas útiles, transportado por otro transportador denominado colector, siendo el almacén logístico tal que:

- los k pasillos son del tipo "primero en entrar, primero en salir", distribuidos a lo largo del colector y numerados de a_1 a a_k en una dirección de desplazamiento del colector, y
- Δ_i es una distancia temporal entre los pasillos a_i y a_k expresado en unidades de tiempo, correspondiendo cada una a un paso de tiempo del colector,

siendo ejecutado el procedimiento al menos una vez por un sistema de control, efectuándose una ejecución determinada en un instante T_b y comprendiendo:

- obtener un conjunto L que comprende n cargas útiles distribuidas en el instante T_b sobre los k pasillos y que deben inyectarse en el colector para formar una secuencia de salida σ , estando identificada cada una de las n cargas útiles mediante un número de secuencia único dentro de la secuencia de salida σ , conteniendo cada uno de los k pasillos un conjunto ordenado, según una dirección creciente del número de secuencia, de h_i cargas útiles que se inyectarán una por una en el colector;
- calcular una fecha t_0 en el que la primera carga útil σ_1 de la secuencia de salida σ pasa frente al pasillo a_k ;
- calcular una fecha de inyección en el colector para cada una de las n cargas útiles del conjunto L , según la siguiente fórmula: $T(u) = t_0 + \sigma(u) - 1 - \Delta_i$, con:

o $u = a_i(j) \in L$, una carga útil del conjunto L y que proviene de la j -ésima posición en el pasillo a_i , $i \in \{1, \dots, k\}$, $j \in \{1, \dots, h_i\}$,

o $\sigma(u)$ el número de secuencia de la carga útil u en la secuencia de salida σ ;

- controlar el colector y los k pasillos, para una inyección de las n cargas útiles en el colector de acuerdo con las n fechas de inyección $T(u)$, $\forall u \in L$.

5 Según una característica particular de la primera realización, Δ_i es una distancia temporal entre los pasillos a_i y a_k expresada en unidades de tiempo, correspondiendo cada una a un paso de tiempo del colector, y el procedimiento comprende además las siguientes etapas:

- 10 • para cada carga útil $u = a(j) \in L$ que proviene de un pasillo a_i , calcular las fechas de paso de la carga útil frente a los pasillos a_i a a_k , conociendo la fecha de inyección $T(u)$ de la carga útil en el colector;
- para cada pasillo a_i , $i \in \{1, \dots, k\}$, obtener un conjunto V_i que contiene cada fecha de paso de una de las cargas útiles frente al pasillo a_i ;
- 15 • para cada carga perturbadora controlar p de un flujo perturbador controlado gracias a un medio de control ubicado a lo largo del colector y antes de un pasillo $a_{g(p)}$ en la dirección de desplazamiento del colector, con $g(p) \in \{1, \dots, k\}$, siendo $a_{g(p)}$ también el primer pasillo, en el sentido de desplazamiento del colector, frente al cual pasa la carga perturbadora controlada:
 - 20 a) inicialización de t con la fecha $\delta_1 - \Delta_1$, con δ_1 que representa la posible fecha de llegada, en caso de no estar en espera, de la primera carga perturbadora controlada frente al pasillo a_k ;
 - b) cálculo de fechas $t + \Delta_1, g(p)$, $t + \Delta_1, g(p) + 1, \dots$, $t + \Delta_1, k(p)$ de paso de la carga perturbadora controlada frente a los pasillos $a_{g(p)}$ a $a_{k(p)}$, con $a_{k(p)}$ el último pasillo, en el sentido de desplazamiento del colector, frente al cual pasa la carga perturbadora controlada;
 - 25 c) si ninguna de las fechas $t + \Delta_1, g(p)$, $t + \Delta_1, g(p) + 1, \dots$, $t + \Delta_1, k(p)$ pertenece respectivamente a los conjuntos $V_{g(p)}$, $V_{g(p) + 1}, \dots$, $V_{k(p)}$, calcular una fecha de paso ficticia $start_p$ de la carga perturbadora controlada p frente al pasillo a_1 , con la siguiente fórmula: $start_p = t$;
 - 30 d) si una de las fechas $t + \Delta_1, g(p)$, $t + \Delta_1, g(p) + 1, \dots$, $t + \Delta_1, k(p)$ pertenece respectivamente a uno de los conjuntos $V_{g(p)}$, $V_{g(p) + 1}, \dots$, $V_{k(p)}$, incrementar de t una unidad, y reiterar las etapas b), c) y d) con el nuevo valor de t ;
- 35 • controlar el medio de control, para una inyección en la fecha $start_p + \Delta_1, g(p)$ de cada carga perturbadora controlada p frente al pasillo $a_{g(p)}$.

40 En una segunda realización particular de la invención, se propone un procedimiento para fusionar, dentro de un almacén logístico, de k flujos entrantes de cargas útiles, transportadas respectivamente por k transportadores denominados pasillos

a_i con $i \in \{1, \dots, k\}$, en un flujo de salida de cargas útiles, transportado por otro transportador denominado colector, siendo el almacén logístico tal que:

- 45 • los k pasillos son del tipo "primero en entrar, primero en salir", distribuidos a lo largo del colector y numerados de a_1 a a_k en una dirección de desplazamiento del colector, y
- Δ_i es una distancia temporal entre los pasillos a_i y a_k expresado en unidades de tiempo, correspondiendo cada una a un paso de tiempo del colector,

50 siendo ejecutado el procedimiento al menos una vez por un sistema de control, efectuándose una ejecución determinada en un instante T_b y comprendiendo:

- 55 • obtener un conjunto L que comprende n cargas útiles distribuidas en el instante T_b sobre los k pasillos y que deben inyectarse en el colector para formar una secuencia de salida σ , estando identificada cada una de las n cargas útiles mediante un número de secuencia único dentro de la secuencia de salida σ , conteniendo cada uno de los k pasillos un conjunto ordenado, según una dirección creciente del número de secuencia, de h_i cargas útiles que se inyectarán una por una en el colector;
- 60 • para cada pasillo a_i , $i \in \{1, \dots, k\}$, obtener un conjunto U_i de fechas no válidas para una inyección de una de las cargas útiles del pasillo a_i en el colector a causa de una carga perturbadora no controlada o de otra obstrucción de un paso de tiempo del colector;
- sin tener en cuenta los conjuntos U_i , $i \in \{1, \dots, k\}$, calcular una fecha t_0 en el que la primera carga útil σ_1 de la secuencia de salida σ pasa frente al pasillo a_k ;

- para la primera carga útil σ_1 de la secuencia de salida σ , suponiendo que la primera carga útil σ_1 proviene del pasillo a_i :

a) inicialización de t con t_0 ;

b) si ninguna de las fechas $t, t - \Delta_{k-1}, t - \Delta_{k-2}, \dots, t - \Delta_i$ pertenece respectivamente a los conjuntos $U_k, U_{k-1}, U_{k-2}, \dots, U_i$, calcular una fecha de inyección de la primera carga útil σ_1 en el colector con la siguiente fórmula:

$$T(u) = t - \Delta_i,$$

con $u = \sigma_1 = a(j)$;

c) si una de las fechas $t, t - \Delta_{k-1}, t - \Delta_{k-2}, \dots, t - \Delta_i$ pertenece respectivamente a uno de los conjuntos $U_k, U_{k-1}, U_{k-2}, \dots, U_i$, incrementar de t en una unidad y reiteración de las etapas b) y c) con el nuevo valor de t ;

- para cada carga útil siguiente σ_c de la secuencia de salida σ , $C \in \{2, \dots, n\}$, suponiendo que la siguiente carga útil σ_c proviene del pasillo a_i :

a') incremento de t de una unidad, utilizándose t para calcular la fecha de inyección de la carga útil anterior σ_{c-1} ;

b') si ninguna de las fechas $t, t - \Delta_{k-1}, t - \Delta_{k-2}, \dots, t - \Delta_i$ pertenece respectivamente a los conjuntos $U_k, U_{k-1}, U_{k-2}, \dots, U_i$, calcular una fecha de inyección de la siguiente carga útil σ_c en el colector con la siguiente fórmula:

$$T(u) = t - \Delta_i,$$

con $u = \sigma_c = a(j)$;

c') si una de las fechas $t, t - \Delta_{k-1}, t - \Delta_{k-2}, \dots, t - \Delta_i$ pertenece respectivamente a uno de los conjuntos $U_k, U_{k-1}, U_{k-2}, \dots, U_i$, incrementar de t de una unidad y reiterar las etapas b') y c') con el nuevo valor de t ;

- controlar el colector y los k pasillos, para una inyección de las n cargas útiles en el colector de acuerdo con las n fechas de inyección $T(u)$, $\forall u \in L$.

Según una característica particular de la segunda realización, la etapa de controlar el colector y los k pasillos, para una inyección de las n cargas útiles en el colector de acuerdo con las n fechas de inyección $T(u)$, $\forall u \in L$, está precedido por las siguientes etapas:

- calcular t_{min} según la siguiente fórmula:

$$t_{min} = \min\{T(u), \forall u \in L\};$$

- si $t_{min} > 0$, modificación de las n fechas de inyección según la siguiente fórmula:

$$T(u) = T(u) - t_{min}, \forall u \in L.$$

Según una característica particular de la segunda realización, $\Delta_{i,j}$ es una distancia temporal entre los pasillos a_i y a_j expresada en unidades de tiempo, correspondiendo cada una a un paso de tiempo del colector, y el procedimiento comprende además las siguientes etapas:

- para cada carga útil $u = a(j) \in L$ que proviene de un pasillo a_i , calcular las fechas de paso de la carga útil frente a los pasillos a_i a a_k , conociendo la fecha de inyección $T(u)$ de la carga útil en el colector;

- para cada pasillo a_i , $i \in \{1, \dots, k\}$, obtener un conjunto V_i que contiene por un lado cada fecha de paso de una de las cargas útiles frente al pasillo a_i y por otro lado el conjunto U_i de fechas no válidas para una inyección de una de las cargas útiles del pasillo a_i en el colector;

- para cada carga perturbadora controlar p de un flujo perturbador controlado gracias a un medio de control ubicado a lo largo del colector y antes de un pasillo $a_{g(p)}$ en la dirección de desplazamiento del colector, con $g(p) \in \{1, \dots, k\}$, siendo $a_{g(p)}$ también el primer pasillo, en el sentido de desplazamiento del colector, frente al cual pasa la carga perturbadora controlada:

a) inicialización de t con la fecha $\delta_1 - \Delta_1$, con δ_1 que representa la posible fecha de llegada, en caso de no estar en espera, de la primera carga perturbadora controlada frente al pasillo a_k ;

b) cálculo de fechas $t + \Delta_1, g(p), t + \Delta_1, g(p) + 1, \dots, t + \Delta_1, l(p)$ de paso de la carga perturbadora controlada frente a los pasillos $a_{g(p)}$ a $a_{l(p)}$, con $a_{l(p)}$ el último pasillo, en el sentido de desplazamiento del colector, frente al cual pasa la carga perturbadora controlada;

c) si ninguna de las fechas $t + \Delta_1, g(p), t + \Delta_1, g(p) + 1, \dots, t + \Delta_1, l(p)$ pertenece respectivamente a los conjuntos $V_{g(p)}, V_{g(p)+1}, \dots, V_{l(p)}$, calcular una fecha de paso ficticia $start_p$ de la carga perturbadora controlada p frente al pasillo a_1 , con la siguiente fórmula: $start_p = t$;

d) si una de las fechas $t + \Delta_1, g(p), t + \Delta_1, g(p) + 1, \dots, t + \Delta_1, l(p)$ pertenece respectivamente a uno de los conjuntos $V_{g(p)}, V_{g(p)+1}, \dots, V_{l(p)}$, incrementar de t de una unidad y reiterar las etapas b), c) y d) con el nuevo valor de t ;

5. - controlar el medio de control, para una inyección en la fecha $start_p + \Delta_1, g(p)$ de cada carga perturbadora controlada p frente al pasillo $a_{g(p)}$.

Según una característica particular de la primera o segunda realización, la fecha t_0 se calcula con la siguiente fórmula:

$$t_0 = \max_{u = a_i(j) \in L'} \{ \Delta_i + 1 - \sigma(u) \},$$

con:

- $u = a_i(j) \in L'$, una carga útil de un conjunto L' que comprende cargas útiles colocadas en la primera posición de los pasillos situados, siguiendo la dirección de desplazamiento del colector, desde el pasillo a_1 al pasillo a_n que contiene la primera carga útil σ_1 de la secuencia de salida σ .

Según una característica particular de la primera o de la segunda realización, el procedimiento se ejecuta de manera iterativa, efectuándose cada nueva ejecución en un nuevo instante Tb calculado con la siguiente fórmula:

$Tb = T(u_{last}) - \Delta_1 + \Delta_i^{last}$, con $u_{last} = a_i^{last}(j^{last})$ una última carga útil, que proviene de la $(j^{last})^{ésima}$ posición del pasillo a_i^{last} , de la secuencia de salida σ de una ejecución anterior en un instante Tb anterior.

Según una característica particular de la primera o de la segunda realización, el procedimiento se ejecuta de manera iterativa, efectuándose cada nueva ejecución en un nuevo instante Tb definido como un instante en el que no hay carga de la secuencia de salida σ de una ejecución anterior en un instante Tb anterior no se encuentra en una porción del colector que va desde el primer pasillo a_1 en el pasillo a_n que contiene la primera carga de la secuencia de salida σ de la nueva ejecución en el nuevo instante Tb .

Según una característica particular de la primera o de la segunda realización, el procedimiento se ejecuta de manera iterativa, efectuándose cada nueva ejecución en un nuevo instante Tb calculado con la siguiente fórmula:

$$Tb = \text{Max}(Tb + 1, T(u_{last}) - \Delta_1 + \Delta_i^{last}),$$

con:

- $u_{last} = a_i^{last}(j^{last})$ una última carga útil, que proviene de la $(j^{last})^{ésima}$ posición del pasillo a_i^{last} , de la secuencia de salida σ de una ejecución anterior en un instante Tb anterior, y
- $(Tb + 1)$ obtenido por un incremento de una unidad del instante Tb anterior.

En otra realización de la invención, se propone un producto de programa informático que comprende instrucciones de código de programa para implementar el procedimiento mencionado anteriormente (en cualquiera de sus diferentes realizaciones), cuando dicho programa se ejecuta en un ordenador.

En otra realización de la invención, se propone un medio de almacenamiento legible por ordenador y no transitorio, que almacena un programa informático que comprende un conjunto de instrucciones ejecutables por un ordenador para implementar el procedimiento antes mencionado (en cualquiera de sus diferentes realizaciones).

En otra realización de la invención, se propone un sistema de control (dispositivo) que comprende medios para implementar las etapas que lleva a cabo en el procedimiento tal como se ha descrito anteriormente, en una cualquiera de sus diferentes realizaciones.

4. Lista de las figuras

En la descripción siguiente, dada a título de ejemplo indicativo y no limitativo, se hace referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- [fig. 1] Método existente para insertar cargas en un orden determinado
- [fig. 2] Imagen de dos pasillos (transportadores), un colector y una carga (cartón)
- [fig. 3] Esquema de dos pasillos (transportadores), un colector y una carga (cartón)
- [fig. 4] Esquema del sistema estudiado en pasillos
- [fig. 5] Esquema del sistema con identificación de las cargas por su número de secuencia
- [fig. 6] Puntos combinados sin pérdida de generalidad
- [fig. 7] Punto de inicio y punto de inyección
- [fig. 8] División en pasos (posiciones o franjas) del colector
- [fig. 9] Secuencia de salida deseada esperada en el corte del colector
- [fig. 10] Unidad de tiempo asociada al paso del colector en relación con la duración de inyección de una carga
- [fig. 11] Distancias enteras entre flujos de inyección
- [fig. 12] Distancias no necesariamente enteras entre los flujos de inyección
- [fig. 13] Esquema del colector con puntos de inyección consecutivos en cada paso
- [fig. 14] Ejemplo de colector de 4 pasillos colocados consecutivamente en paso del colector
- [fig. 15] Diagrama de Gantt relacionado al job shop y que da los datos a calcular mediante fórmula
- [fig. 16] Ejemplo de colector de 4 pasillos colocados de cualquier forma
- [fig. 17] Diagrama de Gantt relacionado al job shop con distancias cualesquiera entre los pasillos
- [fig. 18] Ejemplo de colector y de 2 pasillos con identificadores de carga
- [fig. 19] Ejemplo de colector y de 2 pasillos con los identificadores de los números de pedido
- [fig. 20] Ejemplo de un colector y de 2 pasillos con identificadores de números de secuencia
- [fig. 21] Imagen del colector en el momento 0
- [fig. 22] Imagen del colector en el momento 1
- [fig. 23] Imagen del colector en el momento 2
- [fig. 24] Imagen del colector en el momento 3
- [fig. 25] Ejemplo de lista FIFO asociada a tres pasillos
- [fig. 26] Secuencia realizable esperada en el colector
- [fig. 27] Primera carga de flujo pegada al punto de inyección que forma parte de la lista FIFO
- [fig. 28] Primera carga de flujo no pegada al punto de inyección y que no forma parte de la lista FIFO

[fig. 29] Cargas en espera continua detrás de una primera carga que forma parte de la lista FIFO

[fig. 30] Cargas en espera continua detrás de una primera carga que no forma parte de la lista FIFO

5 [fig. 31] Ejemplo de lote (batch) de trabajo

[fig. 32] Cálculo de fechas de inyección y procesamiento del lote 1

10 [fig. 33] Procesamiento de un lote en curso

[fig. 34] Fin del procesamiento del lote 1 y formación del lote 2

[fig. 35] Fin del procesamiento del lote 2 y su aplicación

15 [fig. 36] Diagrama del algoritmo en el caso general con flujo perturbador experimentado

[fig. 37] Ejemplo de flujo perturbador: cargas grises que regresan al PT

20 [fig. 38] Ejemplo de un colector de 4 pasillos cualesquiera con flujo perturbador experimentado

[fig. 39] Diagrama de Gantt con flujo perturbador que forma espacios

[fig. 40] Diagrama del algoritmo 4

25 [fig. 41] Ejemplo de colector de 4 pasillos colocados de cualquier manera con flujo perturbador controlado

[fig. 42] Diagrama de Gantt de inyecciones que muestra los espacios a utilizar para las cargas perturbadoras.

30 [fig. 43] Diagrama de Gantt escogiendo la ubicación de cargas perturbadoras

[fig. 44] Estructura de un sistema de control según una realización particular de la invención

[fig. 45] Diagrama del algoritmo 5

35 [fig. 46] Organigrama de un procedimiento de fusión de k flujos entrantes en un flujo saliente, según una primera realización particular basada en el algoritmo 2

40 [fig. 47] Organigrama de un procedimiento de fusión de k flujos entrantes en un flujo saliente, según una segunda realización particular basada en el algoritmo 3 (ilustrado en la Figura 36)

[fig. 48] Organigrama de un procedimiento de fusión de k flujos entrantes en un flujo saliente, según una tercera realización particular basada en el algoritmo 4 (ilustrado en la Figura 40)

45 [fig. 49] Organigrama de un procedimiento de fusión de k flujos entrantes en un flujo saliente, según una cuarta realización particular basada en el algoritmo 5 (ilustrado en la Figura 45)

[fig. 50] Ejemplo de aplicación

5. Parámetros de control

50 Como ya se mencionó anteriormente, el sistema estudiado está compuesto por un sistema de drenaje (transportador denominado colector), varios otros transportadores (denominados pasillos) y cargas. Este sistema es dinámico, las cargas son transportadas por los pasillos, inyectadas en el colector y después transportadas por éste. En un primer tiempo, se considera el estado de este sistema paralizando la posición de cada carga presente en él en un instante
55 dado. Se definen los subsistemas paralizados de este sistema para poder calcular las fechas futuras de inyección de determinadas cargas. Esto corresponde a la resolución del problema estático, se estudiará en la Sección 7 cómo controlar este sistema de manera dinámica.

60 La Figura 2 es una imagen que ilustra dos pasillos (transportadores) 2₁, 2₂, un colector 1 y una carga (cartón) 6. La Figura 3 es una vista modelada de los elementos que aparecen en la imagen de la Figura 2 (mismas referencias numéricas).

5.1 Anotaciones

65 La siguiente tabla es un resumen de las anotaciones.

[Tabla 1]

k	Número de flujos de inyección (flujos entrantes) del sistema
$a_i, i \in \{1, \dots, k\}$	k pasillos (transportadores), transportando cada uno un conjunto ordenado de cargas en un instante dado
$h_i, i \in \{1, \dots, k\}$	Número de cargas presentes en el pasillo (transportador) a_i
$n = \sum_{i=1}^k h_i$	Número total de cargas a inyectar en el colector
L	Conjunto de cargas a inyectar en el colector
$u = a_i(j), i \in \{1, \dots, k\}, j \in \{1, \dots, h_i\}$	Cargar $u \in L$, que proviene de la $j^{\text{ésima}}$ posición en el pasillo a_i
σ	Secuencia de salida deseada, ordenando todas las cargas de L
$\sigma(u), u \in L$	Posición de la carga u en la secuencia de salida
σ_c	$c^{\text{ésima}}$ carga de la secuencia σ , que pertenece a L set $u = a_i(j)$ to σ_c significa el cálculo de u, i, j para la carga σ_c
$E1$	conjunto de las cargas colocadas en la primera posición de los pasillos ubicadas entre el pasillo a_1 y el pasillo que contiene la primera carga de la secuencia σ (es decir, σ_1)
$T_D(u), u \in L$	Cargar del inicio de la fecha de salida u , que coincide con el punto de partida, es decir, el instante en el que la carga debe salir de su pasillo (transportador)
$T(u), u \in L$	Fecha de inyección de la carga u en el colector, que coincide con el punto de inyección, en el que llega físicamente la carga al colector
$Pt_i, i \in \{1, \dots, k\}$	Tiempo necesario para recorrer la distancia entre el punto de partida hasta el punto de inyección de una carga de pasillo a_i
El «paso»	Unidad de tiempo que corresponde a la división del colector en pasos de tiempo (también denominados posiciones de tiempo o franjas de tiempos)
$Fecha 0$	Fecha en la que se puede empezar a inyectar las cargas en el colector (fecha materializada por el primer
	espacio libre en él)
$Fecha t_0$	Fecha a la que la primera carga en la secuencia de salida deseada pasa frente al pasillo a_k
$\Delta_i, i \in \{1, \dots, k\}$	Distancia en "pasos" que separan el pasillo a_i y el pasillo a_k
$\Delta_{i,j}, i \in \{1, \dots, k-2\}, j \in \{1, \dots, k-1\}$	Distancia en "pasos" que separan el pasillo a_i y el pasillo a_j

5.1.1 Anotaciones por pasillos del sistema de transporte

Para una configuración del sistema en un instante dado, cada pasillo comprende un conjunto ordenado de cargas. Es decir, k es el número de pasillos en nuestro sistema, cada pasillo está numerado a_1 a a_k en la dirección de desplazamiento del colector. Estos pasillos tienen respectivamente un número h_i de cargas, representado por una lista First In First Out (FIFO) que debe ser inyectada una a una en el colector.

Se da un ejemplo en el Figura 4. El sentido de desplazamiento del colector 1 es de derecha a izquierda, dirección indicada por la flecha. Cada pasillo está numerado y comprende cargas ordenadas, las cuales deben ser inyectadas una a una, de abajo hacia arriba, en el colector. En este ejemplo, se tiene por lo tanto $k = 3$ con $h_1 = 2$, contenido de $a_1 = \{id11, id12\}$, $h_2 = 3$, contenido de $a_2 = \{id21, id22, id23\}$ et $h_3 = 4$, contenido de $a_3 = \{id31, id32, id33, id34\}$.

5.1.2 Anotaciones de las cargas a inyectar.

Hay n cargas (cartones, bandejas, contenedores, etc.) en total a inyectar en el colector, que provienen de los diferentes flujos de inyección. Se anota L el conjunto de estas cargas y $u = a_i(j)$ una carga u que pertenece a L , que proviene de la $j^{\text{ésima}}$ posición en el pasillo a_i .

Además, se denomina σ la secuencia de salida en la que se deben ordenar estas cargas una vez inyectadas todas en el colector. La función $\sigma(u)$ da la posición de la carga u en esta secuencia. Cada carga puede identificarse así mediante un número de "secuencia" único, entre 1 y n , que corresponde a su posición en la secuencia de salida deseada (σ). Es de esta manera que se identificarán las cargas más adelante. Cabe señalar que en este caso, es fácil verificar si

la secuencia es realizable: basta con que cada pasillo tenga una lista ordenada de cargas identificadas por números de secuencia crecientes, no necesariamente consecutivos.

Se especifica ahora el conjunto L' , agrupando especialmente las primeras cargas previstas en la secuencia de salida final, ubicadas en la primera posición de los pasillos $a_1, a_2, \dots, a_n$ con i_1 el número del pasillo que contiene la primera carga de esta secuencia σ . Este conjunto reúne todas las cargas que pueden ser la primera carga de la secuencia a inyectar en el colector. En efecto, una carga en primera posición en un pasillo situado aguas arriba del pasillo que comprende la primera carga de la secuencia es susceptible de ser inyectado en primer lugar, encontrándose al mismo tiempo detrás de la primera carga en el flujo final del colector. Sin embargo, una carga en la primera posición en los pasillos aguas abajo del pasillo que comprende la primera carga nunca será inyectada antes de esta primera carga en el colector.

La Figura 5 muestra el esquema equivalente al de la Figura 4 tomando la secuencia realizable

$$\sigma = \{id21, id31, id22, id11, id23, id32, id33, id34, id12\}.$$

En este ejemplo, $n = 9$, por lo que cada carga tiene un número de secuencia único que permite identificarla y conocer al mismo tiempo rápidamente su posición deseada en la secuencia σ . La Figura 5 permite ver inmediatamente que la secuencia elegida es realizable, en efecto

contenido de $a_1 = \{4,9\}$, contenido de $a_2 = \{1,3, 5\}$ y contenido de $a_3 = \{2,6, 7,8\}$. Además, se tiene el conjunto particular $L_1 = \{id11, id21\} = \{4,1\}$.

5.1.3 Fechas de salida y fechas de inyección.

Como recordatorio, cada pasillo corresponde a un flujo de inyección en un instante determinado, representado como una columna FIFO pegada al colector. Sin embargo, en el almacén la carga en espera de inyección puede estar alejada del colector. Se denomina *punto de partida* el sitio en el que esta carga espera la orden de salir de su pasillo (transportador), ilustrado por un punto pegado al lado de la columna FIFO, y *punto de inyección* el espacio del colector tocado primero por la carga en curso de inyección real sobre éste, ilustrado por un punto pegado al colector en el Figura 6.

En los esquemas del sistema de pasillos, estos dos puntos se combinan y se representan en negro en el Figura 7. En realidad, estos puntos son frecuentemente diferentes y se asocia la duración necesaria a una carga del flujo i pasar de un punto a otro P_{ti} (véase la Figura 6). La fecha de salida T_D de la carga cuando debe salir de su pasillo (transportador) está relacionado a su fecha T de inyección en el colector (coincidiendo con el punto de inyección) mediante la siguiente fórmula sencilla: $T_D = T - P_{ti}$. Así, sin perder generalidad posteriormente, se presentará únicamente el cálculo de las fechas de inyección.

5.2 Estructura de dato

5.2.1 División del sistema de drenaje (colector): unidad de tiempo (paso de tiempo)

El sistema de drenaje (o colector) será considerado como un sistema con pasos de tiempo (como un clasificador), también denominado franjas o posiciones.

La figura 8 ilustra la división en pasos de tiempo (posiciones o franjas) del colector.

Así, el objetivo de obtener un caudal máximo con un flujo de salida ordenado equivale a llenar los pasos del colector como se muestra en la Figura 9.

Se considera una *unidad de tiempo* que corresponde a este paso de tiempo que subdivide el colector, según su velocidad de desplazamiento. Una unidad de tiempo, denominada "paso de tiempo", corresponde a la duración de tiempo necesaria para que un punto del colector se desplace exactamente de la distancia física de una posición. La distancia definida para esta posición corresponde al tamaño de una carga, más una distancia de seguridad. Esta distancia de seguridad debe ajustarse según las necesidades del oficio y para respetar la siguiente condición (ilustrada en la Figura 10):

La unidad de tiempo debe ser necesariamente mayor que el tiempo que tarda una carga en inyectarse en el colector desde el momento en el que parte de la carga toca el colector hasta el momento en el que toda la carga se coloca correctamente en el colector (es decir en el flujo de éste).

5.2.2 Distancia del sistema de inyección

Como se ilustra en el Figura 11, se define Δ_i que corresponde al número de pasos temporales del colector (sistema de drenaje) entre el pasillo a_i y el último pasillo a_k , como se muestra en las siguientes figuras, con $k = 3$. Como se muestra en la Figura 12, este número puede no ser un número entero. $\Delta_k = 0$.

- 5 La distancia temporal entre dos pasillos a_i y a_j se anota $\Delta_{i,j}$, siendo el segundo índice el pasillo con respecto al cual se ubica.

5.2.3 Modelo Proceso de Empleo asociado

- 10 La tabla a continuación es un recapitulativo de las anotaciones del modelo Proceso de Empleo.

[Tabla 2]

$\{J_u, u \in \{1, \dots, n\}\}$	Conjunto de n empleos (tareas) asociados con un modelo en Proceso de Empleo. La u^{a} carga de la secuencia σ se anota $\sigma_u = a_i(j)$, ocupa la $j^{\text{ésima}}$ plaza del pasillo a_i y está asociada al empleo J_u
$\{M_1, \dots, M_k\}$	Conjunto de k máquinas del modelo en Proceso de Empleo. El pasillo a_i está asociado a la máquina M_i .
$\{o_{u,i}, o_{u,i+1}, \dots, o_{u,k}\} u \in \{1, \dots, n\}, \sigma_u = a_i(j)$	Lista de $k - i$ operaciones consecutivas asociadas con empleo J_u , sabiendo que la operación $o_{u,i}$ debe efectuarse en la máquina M_i .

- 15 Para cada secuencia de salida σ , se modeliza el sistema en un modelo Proceso de Empleo con tareas unitarias, en n empleos y k máquinas. Cada carga de la secuencia σ_u (u^{a} carga de esta secuencia) está asociado con un empleo J_u y cada pasillo a_i está asociado con una máquina M_i . Cada empleo J_u asociado con una carga contenida en el pasillo a_i debe seguir una lista ordenada de $k - i + 1$ unidad de operaciones $\{o_{u,i}, o_{u,i+1}, \dots, o_{u,k}\}$. Una operación anotada $o_{u,i}$, es una tarea unitaria del empleo J_u a efectuar específicamente en la máquina M_i . Un empleo sólo se puede asignar a una máquina a la vez y una máquina sólo puede realizar una operación a la vez.

Se busca planificar estos empleos en las máquinas respetando el orden dado por su respectiva lista de operaciones. El objetivo es planificarlos a fin de minimizar la duración total de ejecución de todos estos empleos.

- 25 6. Determinación de la fecha de inyección de cada carga, para un colector que procesa únicamente los flujos de inyección

Se considera en esta parte un colector que procesa únicamente los flujos de inyección. El colector está completamente vacío y listo para recuperar los flujos de inyección. Se controla sólo la fusión de estos flujos de inyección para inyectar correctamente sus cargas con el fin de tener un flujo final fluido, continuo y que corresponde a la secuencia de salida deseada.

6.1 Solución para pasillos consecutivamente bien distribuidas

- 35 Para simplificar las cosas, se supone que los flujos de inyección están repartidos de manera consecutiva en el colector, de modo que se necesita un intervalo de tiempo para que una carga en el colector pasa de una zona de inyección a la siguiente, como se muestra en la Figura 13. Este caso simplificado corresponde a $\Delta_{i,i+1} = 1$, para todos

$$i \in \{1, \dots, k-1\}.$$

- 40 6.1.1 Modelización del sistema de programación de talleres de Proceso de Empleo.

En este caso particular, se explicará la modelización del sistema en el problema de programación de talleres de Proceso de Empleo.

- 45 Cada una de las n cargas está asociada con un empleo $J_u, u \in \{1, \dots, n\}$, numeración de acuerdo con el número de secuencia de la carga. Así, si σ_u corresponde a la u^{a} carga en la secuencia σ , entonces su empleo asociado es J_u . Las operaciones de estos empleos deben ser procesadas por un conjunto de k máquinas $\{M_1, \dots, M_k\}$. Una operación sólo se puede asignar a una máquina a la vez. Cada máquina está asociada a un pasillo (es decir, un flujo de inyección), que sólo puede realizar una operación a la vez. Se recuerda que estos pasillos están numerados $\{a_1, \dots, a_k\}$, desde aguas arriba hacia aguas abajo (es decir, siguiendo la dirección de transporte del colector).

- 55 Así, una carga σ_u inyectada en el colector desde el pasillo de entrada a_i pasará frente a cada pasillo a_j con j en $\{i, i+1, \dots, k\}$. Este mecanismo está representado por el hecho de que cada empleo asociado con una carga del pasillo a_i se compone de $k - i + 1$ unidad de operaciones $\{o_{u,i}, o_{u,i+1}, \dots, o_{u,k}\}$ para ser procesado consecutivamente sin esperas. Cada operación debe planificarse en una máquina específica. Así, si la operación $o_{u,i}$ (procesado por la máquina M_i)

Empieza en el instante t , la operación $o_{u, \{i+1\}}$ (procesado por la máquina $M_{\{i+1\}}$) empieza en el instante $t+1$, etc., y finalmente la operación $o_{u, k}$ (procesado por la máquina M_k) empieza en el instante $t+k-i$.

Si el instante de inicio de la primera operación $o_{u, i}$ de este empleo corresponde a la fecha de inyección en el colector, los instantes de inicio de las siguientes operaciones (es decir, $\{o_{u, \{i+1\}}, \dots, o_{u, k}\}$) representan los instantes en los que la carga se encuentra frente a los siguientes pasillos.

Cabe señalar que cada tarea se compone de al menos una operación en la última máquina M_k (ya que cada carga pasa al menos por el último pasillo a_k). La secuencia de operaciones planificadas en la máquina M_k corresponde exactamente al orden en el que las cargas pasarán frente al último pasillo y su fecha de salida corresponde al instante en el que estas cargas pasarán frente a este último pasillo de inyección. Por eso, si la carga u está frente a la carga v en la secuencia de salida dada, la última operación de u debe comenzar antes de la última operación de v sobre M_k .

El objetivo de no tener espacio en el colector equivale a no tener tiempos de inactividad entre los procesamientos de la máquina M_k .

6.1.2 Principio del algoritmo que permite alcanzar las fechas de inyección.

El problema de planificación propuesto anteriormente se puede resolver mediante el siguiente algoritmo.

Para empezar, se supone que la primera carga de la secuencia proviene del pasillo a_i , las operaciones $\{o_{1, i}, o_{1, \{i+1\}}, \dots, o_{1, k}\}$ asociadas con este empleo comienza en los instantes $t, t+1, \dots, t+k-i$.

Después, se planificarán primero las operaciones de empleo que corresponden a la siguiente carga de la secuencia ejecutando la operación a procesar en la máquina M_k . Esta operación $o_{u, k}$ se planificará justo en el instante t (sin tiempo de inactividad) de la operación anterior programada en M_k . Suponiendo que esta operación comienza en el instante t , la operación en la máquina $M_{\{k-1\}}$ (si existe) se planifica en el instante $t-1$, y así sucesivamente, hasta que todas las operaciones estén programadas.

Este procedimiento se aplica de manera iterativa en cada uno de los siguientes empleos en la secuencia dada.

Las fechas reales de inyección en el colector se deducen directamente a partir del inicio de la primera operación de cada empleo. La unidad de tiempo utilizada es la definida anteriormente ("el paso de tiempo" del colector).

6.1.3 Cálculo de fechas de inyección por fórmula.

Ahora que se ha descrito cómo funcionó el algoritmo para resolver el problema de programación, se puede deducir la fórmula que permite calcular las fechas de inyección.

Las anotaciones utilizadas en la fórmula siguiente son las de la tabla resumen analizada anteriormente.

Se fija el origen del tiempo en la fecha de inyección, lo más pronto posible, de la o las primeras cargas inyectadas en el colector. En nuestro sistema, el sitio libre que recibirá esta carga se sitúa por lo tanto justo delante del pasillo de ésta en el instante 0. Así, se calcula la fecha.

$$t_0 = \max \{k+1-i-\sigma(u)\}$$

donde $u = a(j) \in L$, $1 \leq i \leq k$, $1 \leq j \leq h_i$ que corresponde a la fecha más temprana en la que la primera carga de la secuencia pasa por el pasillo a_k .

Prueba: Bien 0 es la fecha en la que comienza la inyección de cargas. Bien t_0 es la fecha en la que la primera carga de la secuencia (es decir, σ_1) pasa frente al pasillo a_k . Se observa que la primera carga inyectada en el colector es necesariamente una carga en la cabecera del pasillo, en un pasillo situado entre el pasillo a_1 y el de σ_1 , incluido. Es decir $L' \subset L$ este subconjunto de carga.

Por lo tanto, para cualquier carga $u = a(j) \in L'$, se sabe que si fue inyectado en la fecha x , ésta pasaría frente al pasillo a_k en la fecha $x+k-i$. Se tiene $x \geq 0$ ya que no se puede inyectar carga antes de la fecha 0. Ahora bien, por definición de t_0 , la carga u pasará frente al pasillo a_k en la fecha

$$t_0 + \sigma(u) - 1 = x + k - i. \text{ Es decir } t_0 + \sigma(u) - 1 - k + i = x \geq 0.$$

Se deduce que para cualquier

$u = a_i(j) \in L'$, $t_0 \geq k + 1 - i - \sigma(u)$. Se busca la fecha más temprana que permite verificar todas estas limitaciones, por lo tanto:

$$t_0 = \max_{u = a_i(j) \in L'} \{k + 1 - i - \sigma(u)\}$$

El algoritmo 1 a continuación proporciona las fechas de inyección $T(u)$, es decir las fechas de entrada de cada carga u en el colector. La unidad de tiempo utilizada es el "paso de tiempo" definido anteriormente. El algoritmo 1 proporciona la fórmula para calcular estas fechas de inyección en el caso de que los flujos se inyectan en cada ubicación consecutiva en el colector (véase la Figura 14).

Algoritmo 1: Cálculo de las fechas de inyección sin flujo perturbador en un caso particular

Require: $\sigma, k, L', a_i(j), h_i, \forall i \in \{1, \dots, k\}, \forall j \in \{1, \dots, h_i\}$

$$t_0 = \max_{u = a_i(j) \in L'} \{k + 1 - i - \sigma(u)\}$$

for all $i \in \{1, \dots, k\}$ **do**

for all $j \in \{1, \dots, h_i\}$ **do**

set $u = a_i(j)$

$$T(u) = t_0 + \sigma(u) - 1 - (k - i)$$

end for

end for

return $T(u), \forall u \in L$

6.1.4 Ejemplo

En programación, el diagrama de Gantt es una herramienta muy útil para visualizar en el tiempo las operaciones que componen un empleo. Esta herramienta permitirá representar gráficamente el avance del trabajo de cada máquina y mostrar visualmente la solución aportada al problema. Además, se podrá ver el vínculo entre los resultados obtenidos por el algoritmo que permite alcanzar las fechas de inyección y la fórmula asociada.

Es decir la configuración del sistema de la siguiente manera (véase la Figura 14): $k = 4$ pasillos que comprenden dos o tres cargas. Cada carga se identifica mediante un número de secuencia único gracias a la secuencia de salida $\sigma = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)$. Esta es una secuencia realizable.

En este caso simplificado, se puede representar la solución del Proceso de Empleo en un diagrama de Gantt de modo que cada línea corresponde a una máquina. El hecho de que cada carga pase por las máquinas consecutivamente está representado por el hecho de que cada número de secuencia de carga aparece en casillas consecutivas de izquierda a derecha en la tabla (véase la Figura 15). Además, la primera aparición de cada carga indica su fecha de inyección dada por la fórmula fijando la escala de tiempo al instante 0 definido anteriormente. Como recordatorio, la fecha 0 corresponde al instante de la primera inyección de carga posible. Se puede colocar incluso la fecha t_0 según su definición y volver a encontrarla mediante cálculo. Como recordatorio, t_0 es la fecha en la que la primera carga de la secuencia (σ_1) pasa frente al pasillo $k = 4$, es decir, el número 1 cuando la operación del empleo 1 la realiza la máquina M_4 .

Se encuentra la secuencia deseada, sin espacios vacíos, en la máquina M_4 y la fecha de inyección de cada carga se da mediante la lectura de la casilla de primera aparición (de izquierda a derecha) del número de secuencia que da la identificación de esta carga.

6.2 Solución para pasillos con una distribución cualesquiera

Ahora que se ha visto el caso simplificado, se considera el caso general del colector que trata únicamente los flujos de inyección. Los flujos ya no se inyectan por lo tanto consecutivamente en cada paso de tiempo del colector, sino que se distribuyen de cualquier manera. Se conocen las distancias entre pasillos. Este es la duración de recorrido que existe entre el punto de inyección del pasillo a_i y el último pasillo a_k que nos interesa especialmente, se anotará $\Delta_i = \Delta_{i,k}$ (como ya se ha definido anteriormente).

6.2.1 Cálculo de fechas de inyección por fórmula.

El algoritmo 2 siguiente toma en cuenta esta noción de distancia temporal cualquiera entre pasillos y responde así al caso general del colector dedicado a flujos de inyección.

- 5 Se considera de nuevo la fecha 0 como siendo la fecha de la primera inyección posible. Esta vez, una carga u del pasillo i inyectada a la fecha x llega frente al pasillo a_k a la fecha $x + \Delta_i$. Así, se obtiene la fecha más temprana a la que la primera carga de la secuencia pasa por el pasillo a_k mediante la fórmula

$$t_0 = \max_{u = a_i(j) \in L'} \{ \Delta_i + 1 - \sigma(u) \} .$$

Algoritmo 2: Cálculo de las fechas de inyección sin flujo perturbador en un caso general

Require: $\sigma, k, L', a_i(j), \Delta_i, h_i, \forall i \in \{1, \dots, k\}, \forall j \in \{1, \dots, h_i\}$

$$t_0 = \max_{u = a_i(j) \in L'} \{ \Delta_i + 1 - \sigma(u) \}$$

for all $i \in \{1, \dots, k\}$ **do**

for all $j \in \{1, \dots, h_i\}$ **do**

set $u = a_i(j)$

$T(u) = t_0 + \sigma(u) - 1 - \Delta_i$

end for

end for

return $T(u), \forall u \in L$

10

La figura 46 presenta un organigrama de un procedimiento para fusionar k flujos entrantes en un flujo saliente, según una primera realización particular basada en el algoritmo 2. El procedimiento es ejecutado al menos una vez por el sistema de control. Una ejecución determinada se lleva a cabo en un instante T_b y comprende las siguientes etapas:

15

- obtener (etapa 461) un conjunto L que comprende n cargas útiles distribuidas en el instante T_b sobre los k pasillos y que deben inyectarse en el colector para formar una secuencia de salida σ , estando identificada cada una de las n cargas útiles mediante un número de secuencia único dentro de la secuencia de salida σ , conteniendo cada uno de los k pasillos un conjunto ordenado, según una dirección creciente del número de secuencia, de h_i cargas útiles que se inyectarán una por una en el colector;

20

- calcular (etapa 462) una fecha t_0 en el que la primera carga útil σ_1 de la secuencia de salida σ pasa frente al pasillo a_k ;

25

- calcular (etapa 463) una fecha de inyección en el colector para cada una de las n cargas útiles del conjunto L , según la siguiente fórmula:

$$T(u) = t_0 + \sigma(u) - 1 - \Delta_i,$$

30

con:

- o $u = a_i(j) \in L$, una carga útil del conjunto L y que proviene de la j ésima posición en el pasillo a_i , $i \in \{1, \dots, k\}$, $j \in \{1, \dots, h_i\}$,

35

- o $\sigma(u)$ el número de secuencia de la carga útil u en la secuencia de salida σ ;

- controlar (etapa 464) el colector y los k pasillos, para una inyección de las n cargas útiles en el colector de acuerdo con las n fechas de inyección $T(u)$, $\forall u \in L$.

40

6.2.2 Ejemplo

Se toma un ejemplo similar al del párrafo 6.1.4, esta vez excluyendo los pasillos.

45

Por lo tanto la configuración del sistema es de la siguiente manera (véase la Figura 16): $k = 4$ pasillos que comprenden dos o tres cargas. Cada carga se identifica mediante un número de secuencia único en función de la secuencia de salida.

$\sigma = (1,2, 3,4, 5,6, 7,8, 9)$. Esta es una secuencia realizable. Se conoce la distancia de cada pasillo con respecto al último:

$$\Delta_1 = 12, \Delta_2 = 7, \Delta_3 = 4 \text{ y } \Delta_4 = 0.$$

Se da en la Figura 17 la representación de la solución en forma de diagrama de Gantt. En esta ocasión, es necesario espaciar dos máquinas consecutivas de tantas líneas como "pasos temporales" haya entre los dos pasillos consecutivos correspondientes. Por eso la solución se da en una tabla con 13 ($= \Delta_1 + 1$) líneas. Por cálculo, se tiene

$$t_0 = \max_{u \in \{1,2\}} \{ \Delta_i + 1 - \sigma(u) \} = \max(7, 11) = 11$$

, que se encuentra por definición en el instante 11 en el gráfico.

Se da aquí un ejemplo con distancias enteras entre pasillos para facilitar la comprensión, pero sería posible tomar valores no enteros en número de "pasos temporales".

6.3 Descripción de una realización particular

6.3.1 Lista de elementos a agrupar

Cada flujo de inyección (flujo entrante) está representado por un pasillo que contiene una lista de cargas en orden FIFO. El número de pasillos puede variar de 2 a k , y la lista de pasillos i contiene h_i cargas (pudiendo ser h_i nulo). Existe, en total, n cargas para fusionar en el colector. Se toma por ejemplo (véase la Figura 18):

$$k = 2, \quad h_1 = h_2 = 5 \text{ y } n = 10.$$

Además, para quedarse en el caso general, se tomarán las resoluciones del caso general con $\Delta_1 = 1$ et $\Delta_2 = 0$.

6.3.2 Construcción de una secuencia predeterminada

Cuando la secuencia final de cargas sobre el colector no es importante, basta con definir de cualquier manera una secuencia realizable ordenando las cargas.

Se pueden concebir diferentes formas de definir una secuencia de salida "predeterminada":

- Salida alternativamente de una carga de cada pasillo,

$$\sigma = (id_5, id_{10}, id_4, id_9, id_3, id_8, \dots, id_6)$$

- Sacar las cargas según su llegada en los flujos de inyección,
- Tomar la primera carga de cada pasillo extraída aleatoriamente,
- Etc.

6.3.3 Una secuencia dada por un cálculo de minimización del desorden.

La Figura 19 ilustra un ejemplo de una secuencia ($\sigma' = (8,4, 5,2, 7,6, 1,9, 3,10)$) que resulta de un cálculo de minimización del desorden. Los números indicados no son números de secuencia dentro de la secuencia final, sino números de pedido con respecto a los encargos a preparar.

Es posible tomar esta secuencia σ' como la secuencia de salida dada para el algoritmo que calcula las fechas de inyección. Esta secuencia es necesariamente realizable y minimiza el desorden. Se obtiene un caudal máximo con el mínimo desorden en el flujo de salida del colector.

Como siempre es posible asignar un número de secuencia único del 1 al n a todas las cargas, que corresponde a su posición en la secuencia final σ , se mostrarán las cargas con estos números de secuencia para identificarlas y caracterizarlas completamente (véase la Figura 20). Las Figuras 19 y 20 son equivalentes. La secuencia de salida $\sigma = (1,2, 3,4, 5,6, 7,8, 9,10)$ permite ver claramente el orden creciente de las cargas en cada flujo de inyección (prueba de la viabilidad de la secuencia).

Se mantiene esta configuración para continuar con el ejemplo.

6.3.4 Construcción de t_0

En nuestro ejemplo, L' reúne las cargas numerados 1 y 5.

5 se busca el máximo entre $\{\Delta_2 + 1 - \sigma(1), \Delta_1 + 1 - \sigma(5)\}$, se obtiene $t_0 = 0$.

6.3.5 Cálculo de fechas de inyección (por fórmula)

$$\begin{aligned}
 10 \quad T(1) &= t_0 + \sigma(1) - 1 - \Delta_2 = 0 \\
 T(2) &= t_0 + \sigma(2) - 1 - \Delta_2 = 1 \\
 T(3) &= t_0 + \sigma(3) - 1 - \Delta_2 = 2 \\
 15 \quad T(4) &= t_0 + \sigma(4) - 1 - \Delta_2 = 3 \\
 T(5) &= t_0 + \sigma(5) - 1 - \Delta_1 = 3 \\
 20 \quad T(6) &= t_0 + \sigma(6) - 1 - \Delta_1 = 4 \\
 T(7) &= t_0 + \sigma(7) - 1 - \Delta_1 = 5 \\
 T(8) &= t_0 + \sigma(8) - 1 - \Delta_1 = 6 \\
 25 \quad T(9) &= t_0 + \sigma(9) - 1 - \Delta_1 = 7 \\
 T(10) &= t_0 + \sigma(10) - 1 - \Delta_2 = 9
 \end{aligned}$$

6.3.6 Explicación del resultado en imágenes.

30 Las fechas de inyección $T(u)$ se dan en la unidad de tiempo (es decir, el paso de tiempo del colector), esto equivale visualmente a ver al colector desplazarse de un paso en cada unidad de tiempo. Si se visualiza una imagen del sistema en cada unidad de tiempo, cada carga u aparecerá por primera vez en el colector en la fecha $T(u)$ (su fecha de inyección).

35 La configuración del colector en el instante 0 (véase la Figura 21) corresponde a la primera inyección real de una carga, aquí la carga 1 (ya que $t_1 = 0$), a pesar de que no será siempre el caso. Cuidado, en efecto, la primera carga de la secuencia no es necesariamente la primera carga que se inyecta en el colector.

40 La carga 2 debe inyectarse en el instante 1, lo que significa que está en el colector después del desplazamiento de un paso del colector, como se muestra en la Figura 22.

La carga 3 se inyecta en el instante 2, como se muestra en la Figura 23.

45 Las cargas 4 y 5 se inyectan en la fecha 3, como se muestra en la Figura 24.

Y así sucesivamente.

7. Desarrollo de los lotes

50 El cálculo de las fechas de inyección se lleva a cabo sobre un estado dado del sistema. El sistema evoluciona en el tiempo, por lo tanto una primera posibilidad consiste en rehacer este cálculo cada vez que llega una nueva carga al sistema ya que aún no tiene definida su fecha de inyección. Sin embargo, en lugar de lanzar también regularmente el algoritmo de cálculo, lo que no resulta ventajoso por diversos motivos (en particular, el consumo de recursos de cálculo), es preferible proceder por lotes. Tal funcionamiento dinámico por lotes se explica en esta sección.

7.1 Lote de trabajo

60 Se busca un flujo (flujo de salida) continuo y óptimo en el colector durante toda la jornada laboral. Se acaba de ver cómo definir una fecha de inyección óptima (a fin de conseguir el objetivo) sobre las cargas presentes en los pasillos en un instante determinado, fijado. Es necesario realizar ahora este objetivo para todas las cargas que llegan a través

de los flujos de inyección, en cualquier instante. Se propone denominar al algoritmo para calcular las fechas de inyección en el instante necesario para obtener un llenado fluido y continuo del colector.

Para ello, en esta sección, se define cómo llenar las listas FIFO de cada pasillo para la configuración del sistema en un instante fijado. Después, se define qué es un lote para acabar explicando la sucesión del procesamiento de dos lotes sin dejar espacios vacíos en el colector.

7.1.1 Llenar las listas FIFO de los pasillos

En cada pasillo, existe una lista de cargas con un número de secuencia único para cada carga. Estos números de secuencia de cargas son necesariamente crecientes por pasillo, pero no necesariamente consecutivos (debido a la definición de la secuencia realizable que se dará).

La Figura 25 ilustra un ejemplo de listas FIFO asociadas con tres pasillos.

La Figura 26 ilustra la secuencia final realizable, que se espera en el colector.

Como recordatorio, cada pasillo corresponde a un flujo de inyección, representado como una columna FIFO pegada al colector, con su punto de inyección definido por un punto negro en los esquemas.

La lista FIFO de cargas que se toman en cuenta en un pasillo para una configuración fijada del sistema ordena las cargas en espera en el punto de inyección de este pasillo respetando las siguientes condiciones:

- Las cargas que se toman en cuenta durante el análisis están en espera en el punto de inyección (representado por un punto negro en las siguientes figuras) (Figura 27: primera carga del flujo pegada en el punto de inyección y por lo tanto que forma parte de la lista FIFO; Figura 28: primera carga del flujo no pegada en el punto de inyección y por lo tanto que no forma parte de la lista FIFO);
- Las cargas que se toman en cuenta durante el análisis están en espera "continua" detrás de una primera carga que forma parte de la lista FIFO (Figura 29: segunda carga en espera continua detrás de una primera carga que forma parte de la lista FIFO; Figura 30: carga en espera continua detrás de una primera carga que no forma parte de la lista FIFO).

7.1.2 Definición de lotes

Un lote (batch) de empleo corresponde a todas las cargas de las listas FIFO de todos los pasillos (este es el conjunto L de n cargas). Todas estas cargas corresponden a la foto estática de nuestro sistema en un instante dado, respetando las reglas del párrafo anterior. Las cargas presentes en el sistema en ese instante, sin respetar las reglas de llenado de las listas FIFO, serán asignadas más tarde a otro lote.

Una vez asignadas todas las cargas del lote, se lleva a cabo el cálculo de las fechas de inyección de este lote. La inyección de estas cargas se lleva a cabo de forma gradual a medida que avanza el tiempo, respetando las fechas de inyección calculadas previamente. El sistema evoluciona con el tiempo, sin usar de nuevo al algoritmo de cálculo de la fecha de inyección, aunque nuevas cargas son elegibles para las reglas de llenado de las listas FIFO o incluso aparecen nuevas cargas en el sistema.

Todas estas fechas de inyección están calculadas para colocar con éxito cada carga de lote en su lugar reservado en el transportador, respetando el orden de la secuencia final deseada y minimizando los espacios vacíos. Se denomina p el último lugar reservado para la última carga de este lote dado por el orden de la secuencia. Después de este lugar p , el colector es libre. Es en el momento en el que este último lugar (que quizás está vacío) p pasa frente al primer flujo de inyección (primer pasillo) que se definirá un nuevo lote.

El siguiente lote se construirá de la misma manera, pero sobre la nueva foto estática del sistema en este instante fijado (con, como primera ubicación libre, el paso del colector adjunto a este último lugar p).

Cabe señalar, en una implementación particular, que si se define un nuevo lote antes de que el lote anterior se ejecute totalmente, las últimas cargas de la secuencia de salida del lote anterior se pueden considerar para el nuevo lote (siguiente lote). En este caso, si una carga en la posición i en la secuencia de salida se vuelve a colocar en el siguiente lote, entonces todas las cargas de posición superior a i también). Sin embargo, existe interés en reanudar las cargas sólo si la secuencia final deseada ha cambiado. En este caso, el último lugar p considerado será el lugar de la última carga no ocupada en el lote siguiente. Para cargas repetidas, las fechas de inyección ya definidas en el lote anterior quedarán obsoletas y sustituidas por las fechas de inyección calculadas para el lote siguiente.

En el ejemplo ilustrado en la Figura 31, el primer lote estará compuesto por las cargas: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. El siguiente lote podría ser: xx, yy o 9, xx, yy, ..., o incluso 7, 8, 9, xx, yy, etc. (pero no 8, xx, yy, ni 7, 9, xx, yy).

7.2 PROCESAMIENTO DINÁMICO DE LOTES

El procesamiento de cada lote se lleva a cabo de manera continua y en serie (lote1, lote2, etc.). El procesamiento de un lote es un cálculo estático de todas las fechas de inyección de las cargas que componen ese lote. La conexión y construcción de estos lotes permite dar una solución global al problema de fusión del flujo de entrada con un flujo de salida, en los almacenes, que es un problema dinámico.

7.2.1 Cálculo de fechas de inyección para un primer lote

La Figura 32 ilustra un ejemplo de un primer lote para una secuencia de salida $\sigma = (1.2, 3.4, 5.6, 7.8, 9.10)$, con las cargas 2, 6, 7 y 8 (para las cuales se anotan las fechas de inyección Tiempo 4, Tiempo 8, Tiempo 9 y Tiempo 10 respectivamente) en el pasillo a_3 , las cargas 1, 3 y 5 (para las cuales se anotan las fechas de inyección Tiempo 0, Tiempo 2 y Tiempo 4 respectivamente) en el pasillo a_2 , y las cargas 4 y 9 (para las cuales se anotan las fechas de inyección Tiempo 0 y Tiempo 5 respectivamente) en el pasillo a_1 .

7.2.2 Inyección durante el tiempo del lote

Mientras que el paso de tiempo del colector que espera el número de secuencia más alto (aquí el nº 9, rodeado por un círculo en las Figuras 32 y 33) no haya llegado delante del pasillo de inyección más aguas arriba (es decir el pasillo a_1), no se lleva a cabo ningún procesamiento del siguiente lote. El procesamiento de las cargas del primer lote continúa a medida que pasa el tiempo, inyectando estas cargas a la fecha de inyección previamente calculada como se muestra en la parte superior e inferior del Figura 33.

7.2.3 Formación del siguiente lote y cálculo estático de sus futuras fechas de inyección.

Cuando el último paso marcado de la última carga de la primera secuencia del primer lote llega frente al pasillo a_1 , esta es la señal para construir el siguiente lote. Este lote está formado por todas las cargas válidas de cada lista FIFO de cada pasillo siguiendo las reglas explicadas anteriormente.

La Figura 34 ilustra la formación del siguiente lote, compuesto por seis nuevas cargas que aparecen en los pasillos y numeradas de 1 a 6 (números de secuencia de la nueva secuencia de salida deseada para el nuevo lote).

El algoritmo de cálculo de fechas de inyección estática se aplica a este nuevo lote considerando la parte libre del colector (a la derecha del lugar reservado para la carga número 9 del lote anterior). Las fechas de inyección se calculan en base a una escala temporal cuyo origen corresponde a la primera inyección de una carga del nuevo lote.

La configuración del sistema estático, tomada en el "Tiempo 5", como se muestra en la Figura 34, se proporciona (como datos de entrada) al algoritmo. Esta configuración se define de la siguiente manera: $k = 3$ pasillos que comprenden seis nuevas cargas (que pertenecen al nuevo lote). Cada nueva carga se identifica mediante un número de secuencia único en función de la nueva secuencia de salida de este nuevo lote: $\sigma = (1,2, 3,4, 5,6)$. Esta es una secuencia realizable. Se conocen las distancias de tiempo con respecto al último pasillo:

$$\Delta_1 = 6, \Delta_2 = 3 \text{ y } \Delta_3 = 0.$$

La fecha 0 se fija mediante la inyección simultánea de las dos nuevas cargas numeradas 1 y 4 (en los pasillos a_2 y a_1 respectivamente). A partir de este origen de tiempo, el algoritmo da una fecha de inyección $T(u)$ para cada uno de las seis nuevas cargas u de este nuevo lote.

$$L' = \{1,4\} \text{ y } t_0 = \max \{ \Delta_1 + 1 - \sigma(4), \Delta_2 + 1 - \sigma(1) \} = \max \{ 3,3 \} = 3$$

$$T(1) = t_0 + \sigma(1) - 1 - \Delta_2 = 0$$

$$T(2) = t_0 + \sigma(2) - 1 - \Delta_2 = 1$$

$$T(3) = t_0 + \sigma(3) - 1 - \Delta_3 = 5$$

$$T(4) = t_0 + \sigma(4) - 1 - \Delta_1 = 0$$

$$T(5) = t_0 + \sigma(5) - 1 - \Delta_2 = 4$$

$$T(6) = t_0 + \sigma(6) - 1 - \Delta_1 = 2$$

7.2.4 Relación entre las fechas de inyección de un lote y el tiempo real que transcurre

Cada carga de cada lote se ve asignada de una fecha de inyección en función de un origen de tiempo muy preciso relativo al sistema estático. Estas fechas de inyección deben colocarse en el instante adecuado en la configuración dinámica para que sean coherentes con la solución dinámica.

Una escala de tiempo común entre todos los lotes permite vincular las inyecciones de todas las cargas en el sistema dinámico. Su unidad de tiempo es el "paso de tiempo" del colector, como se definió anteriormente. De denomina "Tiempo" el tiempo que transcurre en esta escala de tiempo común, representando el Tiempo 0 la fecha de inicio de operaciones en el sistema.

Las fechas de inyección proporcionadas por el algoritmo deben ubicarse correctamente en esta escala de tiempo común. Para ello, conviene encontrar la correspondencia temporal, en el sistema dinámico, de la situación descrita en la fecha 0 del lote. Es decir, es necesario hacer corresponder la fecha 0 del lote con el Tiempo de la escala común que permite realmente la primera inyección de la carga de este lote. Entonces será necesario desplazar todas las fechas de inyección de este lote exactamente a este tiempo.

Para ello, se necesita conocer el Tiempo (también anotado "Tb") en el que se lanzó el uso del algoritmo y la o las (o al menos una de las) primeras cargas del lote que se inyectarán lo más temprano en el colector, se denomina σ . La fecha 0 del lote corresponde a la acción de inyección de esta carga $\sigma = a(j)$, y se efectúa realmente por el sistema dinámico exactamente $\sigma(\sigma) + \Delta_1$, paso de tiempo después del uso.

Volviendo a nuestro ejemplo, se debe de sumar a cada inyección la fecha calculada por el algoritmo para el nuevo lote (para todos $u \in L$, $T(u)$, la fecha actual (fecha de uso del algoritmo, aquí el Tiempo 5 (es decir, $Tb=5$) más la posición de la primera carga inyectada del nuevo lote en la nueva secuencia (aquí, es la carga 1, por lo que se debe sumar $\sigma(1) = 1$) más la distancia entre el pasillo a_1 y el que contiene esta primera carga inyectada (aquí $\Delta_{1,2} = 3$). Teniendo en cuenta que la carga 4 del nuevo lote también se inyecta primero en el colector (al mismo tiempo que la carga 1 del nuevo lote), se podría haberla elegido y sumado $\sigma(4) + \Delta_{1,1} = 4$; esto equivale a sumar

$$\sigma(1) + \Delta_{1,2} = 1 + 3 = 4 .$$

Para la aplicación dinámica, se lleva a cabo una transformación lineal de los tiempos de inyección de la siguiente manera:

$$T(1) + 5 + 4 = 0 + 5 + 4 = 9$$

$$T(2) + 5 + 4 = 1 + 5 + 4 = 10$$

$$T(3) + 5 + 4 = 5 + 5 + 4 = 14$$

$$T(4) + 5 + 4 = 0 + 5 + 4 = 9$$

$$T(5) + 5 + 4 = 4 + 5 + 4 = 13$$

$$T(6) + 5 + 4 = 2 + 5 + 4 = 11$$

En este caso, la fecha más temprana de la primera carga de la nueva secuencia que pasa frente a a_k será exactamente $Tb + \sigma(u^*) + \Delta_1 - \Delta_r + t_0$, con $u^* = a_r(1)$ la primera carga de la nueva secuencia que se inyectará en el colector (no siendo necesariamente la primera carga de la nueva secuencia). Ahora bien, se sabe que t_0 es un max alcanzado exactamente por esta carga u^* , es decir

$$t_0 = \max_{u = a_i(j) \in L'} \{ \Delta_i + 1 - \sigma(u) \} = \Delta_{i^*} + 1 - \sigma(u^*)$$

. Así, se sabe que la primera carga de la nueva secuencia pasará frente a a_k a $Tb + \sigma(u^*) + \Delta_1 - \Delta_r + t_0 = Tb + \sigma(u^*) + \Delta_1 - \Delta_r + \Delta_r + 1 - \sigma(u^*) = Tb + 1 + \Delta_1$, en la escala de tiempo común.

Una forma equivalente de dar los tiempos de inyección en la escala de tiempo común es, por definición, dar el algoritmo $t_0 = Tb + 1 + \Delta_1$ en el caso de que nos demos cuenta del sistema exactamente en un instante $Tb = T(u_{last}) - \Delta_1 + \Delta_{last}$, con $u_{last} = a_{last}(j_{last})$ última carga de la secuencia del instante anterior.

En el ejemplo anterior, el instante $Tb = 5$ coincide exactamente con la condición, por lo que se podría haber usado el algoritmo con $t_0 = Tb + 1 + \Delta_1 = 5 + 1 + 6 = 12$ (en lugar de 3) y se habría tenido directamente los tiempos de inyección en la escala de tiempo común.

5 Al final, nuestro sistema se puede representar como se muestra en la Figura 35. En la escala de tiempo común:

- las fechas de inyección de las cargas 6, 7 y 8 del lote anterior se anotan Tiempo 8, Tiempo 9 y Tiempo 10 respectivamente; y
- las fechas de inyección de las cargas 1, 2, 3, 4, 5 y 6 del nuevo lote se anotan Tiempo 9, Tiempo 10, Tiempo 14, Tiempo 9, Tiempo 13 y Tiempo 11 respectivamente.

8. Determinación de las fechas de inyección de cargas, para un colector que procesa uno o más flujos perturbadores

15 Se supone que existe ahora al menos un flujo perturbador (de cargas perturbadoras) ya presente en el colector. Estas cargas perturbadoras no forman parte de ninguno de los flujos de inyección (flujos entrantes), por lo tanto no están ordenadas en la secuencia de salida deseada de los flujos de inyección. Estas cargas perturbadoras perturban la introducción de las cargas contenidas en los flujos de inyección ya que ocupan sitios en el colector. Se deben tomar en cuenta estas obstrucciones que bloquean la inyección de cargas útiles de vez en cuando. Además, si estas cargas perturbadoras desaparecen del colector entre los pasillos de inyección, pueden crear espacios vacíos en el flujo de salida del colector. Nuestro objetivo es siempre respetar una secuencia de salida maximizando el caudal del colector y minimizando así estos espacios vacíos.

25 Para lograr este objetivo, se usan listas de fechas no válidas para usar con la modelización del Procedimiento de Empleo visto anteriormente.

La siguiente tabla proporciona nuevas anotaciones necesarias para la continuación (resumen de anotaciones para flujos perturbadores).

30 La siguiente tabla proporciona nuevas anotaciones para flujos perturbadores.

[Tablas 3]

F	Flujo perturbador
n'	Número total de cargas perturbadoras
$l(p)$ o $l_p, p \in F$	Número del último pasillo frente al cual pasa la carga perturbadora p
$g(p)$ o $g_p, p \in F$	Número del primer pasillo frente al cual pasa la carga perturbadora p
$U_i, i \in \{1, \dots, k\}$	Lista de fechas prohibidas para la inyección de carga útil por el pasillo a_i
σ'	Lista ordenada de cargas perturbadoras
σ'_p	la p -ésima carga perturbadora del flujo perturbador
$\sigma'(u, v)$	Duración que separa la carga perturbadora u de la carga perturbadora v en el flujo perturbador, en número de "pasos", en un instante dado.
t_r	Fecha de llegada de la primera carga perturbadora del flujo perturbador frente al pasillo a_1 , en el caso particular de que esta carga pase realmente frente a este pasillo (enlace con δ_p)
δ_p	Distancia entre carga perturbadora p con respecto al último pasillo a_k en la fecha 0
$start_p$	Fecha a la que se inyecta la carga perturbadora p "ficticiamente" frente al pasillo a_1 . (ficticiamente si $g_p > 1$ ya que, en este caso, la carga p no pasará frente al pasillo a_1)

35 8.1 Modelización del sistema con un flujo perturbador experimentado

Las cargas perturbadoras del flujo perturbador bloquean la inyección de una carga útil en el colector cuando pasan frente a los pasillos de inyección. Por lo tanto, es necesario calcular las fechas no válidas para una inyección de una carga útil para cada pasillo. Se busca ahora calcular las nuevas fechas de inyección de las cargas útiles teniendo en cuenta el flujo perturbador experimentado (sobre el cual, por definición, se supone que no se tiene ningún control). Cabe señalar que pueden quedar espacios libres en el flujo de salida, sin embargo, se busca la minimización óptima de estos espacios desocupados.

8.1.1 Creación de la lista de fechas no válidas

Se puede tener en cuenta un flujo perturbador experimentado, que comprende las cargas perturbadoras que permanecen en el colector, pasando así frente a todos los pasillos y que forman parte del flujo final del colector (mezclado con las cargas útiles de los flujos de inyección). También se puede tener en cuenta un flujo perturbador experimentado, que comprende cargas perturbadoras presentes en el colector pero que desaparecen entre los pasillos de inyección, creando así ubicaciones libres delante de determinados pasillos, pero no de todos. También se puede tener en cuenta el caso de una mezcla de este tipo de flujos perturbadores experimentados, así como de cargas perturbadoras que llegan y salen entre los pasillos. Todo es posible, incluso se puede tener en cuenta una obstrucción cualquiera sobre uno o más pasos del colector (no siendo una obstrucción necesariamente una carga perturbadora, sino que también puede ser un lugar del colector dañado, reservado, etc.).

En todos los casos, la idea es tener en cuenta las cargas perturbadoras y/u otras obstrucciones, para calcular las fechas no válidas para una inyección de carga útil en el pasillo. Las fechas no válidas se obtienen calculando los instantes de pasos de cada obstrucción (es decir de cada carga perturbadora del flujo perturbador u otra obstrucción) frente a este pasillo de inyección. Se anota U_i el conjunto de fechas no válidas en el que el pasillo a_i no puede inyectar una carga útil debido a cargas perturbadoras y/u obstrucciones cualesquiera de pasos de tiempos del colector.

8.1.2 Idea de solución para pasillos consecutivamente bien distribuidos

Este problema de programación del Procedimiento de Empleo, con una lista de fechas no válidas para cada máquina, se puede solucionar siguiendo casi las mismas etapas que en el párrafo 6.2.1.

Este es el planteamiento en el caso particular de pasillos bien distribuidos según el paso de transportador:

Para empezar, se supone que la primera carga de la secuencia proviene del pasillo a_i , las operaciones $\{\sigma_{1,i}, \sigma_{1,i+1}, \dots, \sigma_{1,k}\}$ asociado con este empleo comienza en las fechas $t, t+1, \dots, t+k-i$ de una fecha t que permite tener las fechas $t, t+1, \dots, t+k-i$ respectivamente en cada máquina $\{M_i, M_{i+1}, \dots, M_k\}$ libre (es decir, sin obstrucciones).

Después, se planificarán primero las operaciones de empleo que corresponden a la siguiente carga de la secuencia ejecutando la operación a procesar en la máquina M_k . Esta operación $O_{u,k}$ se planificará justo en el instante t (sin tiempo de inactividad) de la operación anterior programada en M_k . Suponiendo que esta operación comienza en un nuevo instante t (diferente del tiempo t definido anteriormente para los cálculos relacionados a la primera carga), la operación en la máquina M_{k-1} (si existe) se planifica en el instante $t-1$, y así sucesivamente, hasta que todas las operaciones estén programadas. Si una operación no se puede llevar a cabo en estas fechas indicadas debido a una obstrucción, se reinicia la planificación del empleo (completo) desplazando el instante t de ejecución de la operación a procesar en la máquina M_k de una unidad de tiempo (es decir, una ubicación, un paso o una franja).

Este procedimiento se aplica de manera iterativa en cada uno de los siguientes empleos en la secuencia dada.

Las fechas reales de inyección de las cargas útiles en el colector se deducen directamente a partir del inicio de la primera operación de cada empleo. La unidad de tiempo utilizada es la definida anteriormente.

CUIDADO: este procedimiento no siempre da un flujo sin espacios vacíos. El flujo perturbador y/o las obstrucciones son experimentados, por lo tanto se maximiza el caudal sin garantía de máximo.

8.1.3 Idea de la solución con un flujo perturbador experimentado en el caso general

Con base en el párrafo anterior, este es el enfoque seguido en el caso general para calcular las fechas reales de inyección durante la fusión de varios flujos, que comprende flujos entrantes (flujo de inyección) y (al menos) un flujo perturbador experimentado.

Se considera que se puede comenzar a planificar los empleos a partir del instante 0. No olvidemos que se necesita seguir un orden particular en la ejecución de las operaciones de la máquina M_k minimizando al mismo tiempo los tiempos de inactividad de esta máquina.

Para empezar, se denomina t_0 (≥ 0) la fecha más temprana a la que el empleo asociado con la primera carga de la secuencia puede asignarse a la máquina M_k , si no hay ningún flujo perturbador. Se planifican las cargas en el orden dado por la secuencia deseada sin tener en cuenta el flujo perturbador, y después se modifica la fecha de inyección siguiendo este orden. En efecto, se señala que la planificación de una carga σ_c impacta únicamente las cargas $\sigma_{c'}$ tal que $c' > c$.

Para el empleo asociado con una carga u , se planifica primero su operación para ser procesada en la máquina M_k . Esta operación $O_{u,k}$ se planificará a t_0 si es la carga σ_1 , en caso contrario, justo después (sin tiempo de inactividad) de la operación anterior programada en M_k . Suponiendo que esta operación en M_k comienza en el instante t , la operación

en la máquina $M_{\{k-1\}}$ (si existe) se planifica en el instante $t - \Delta_{k-1}$. Después, la operación en la máquina $M_{\{k-2\}}$ (si existe) se planifica en el instante $t - \Delta_{k-2}$, y así sucesivamente, hasta que todas las operaciones estén programadas. Si una operación no se puede llevar a cabo en estas fechas indicadas debido a una obstrucción, se reinicia la planificación del empleo (completo) desplazando el instante t de ejecución de la operación a procesar en la máquina M_k de una unidad de tiempo (es decir, una ubicación, un paso o una franja).

Este procedimiento se aplica de manera iterativa en cada uno de los siguientes empleos en la secuencia dada.

Se necesita desplazar, si es necesario, la fecha 0 y la fecha t_0 para que coincidan con su definición. El desplazamiento de la fecha 0, que debe corresponder a la primera posible inyección de carga en el colector, repercute en el conjunto de las planificaciones (fechas de inyección) que a su vez serán desplazados.

Las fechas reales de inyección de las cargas útiles en el colector se deducen directamente a partir del inicio de la primera operación de cada empleo. La unidad de tiempo utilizada es la definida anteriormente.

CUIDADO: la presencia de flujo perturbador no siempre permite un flujo sin espacio vacío en el colector. Con este método, se maximiza el caudal del colector, sin garantía de máximo.

8.1.4 Algoritmo en el caso general

El algoritmo 3 a continuación calcula las fechas de inyección de las cargas útiles teniendo en cuenta el flujo perturbador materializado por las fechas de prohibición de inyección por pasillo.

La fecha 0 corresponde a la primera carga inyectada en el colector, como más temprano. La fecha t_0 es siempre la fecha en la que la primera carga de la secuencia pasa frente al pasillo a_k . La fórmula general para $i = 1 \dots k$:

$t_0 = \max, \{\Delta_i + 1 - \sigma(u)\}$ sigue siendo válido si no hay $u = a_i(j) \in L, j \leq h_i$ conflicto con el flujo perturbador durante la inyección de la primera carga de la secuencia.

El algoritmo 3 da la fecha de inyección de cada carga teniendo en cuenta el flujo perturbador y corrigiendo la fecha t_0 si es necesario. El flujo perturbador se tiene en cuenta mediante el cálculo previo de los conjuntos $U_i, i = 1 \dots k$ dando las fechas de paso de cada carga perturbadora de este flujo perturbador frente al pasillo a_i . Por lo tanto, estas fechas son fechas de inyección prohibidas (también denominadas fechas no válidas para la inyección de carga útil).

En este algoritmo se usa la anotación simplificada « $u = \sigma_c = a_i(j) \in L$ » para definir una carga u que corresponde a la $c^{\text{ésima}}$ carga de secuencia σ , también definido por su posición j en el pasillo a_i .

Algoritmo 3: Cálculo de las fechas de inyección con flujos perturbadores sufridos

Require: $\sigma, \Delta_i, U_i, i \in \{1, \dots, k\}$ // Dar los U_i , cálculo a llevar a cabo caso a caso

$t_0 = \max_{u = a_i(j) \in L} \{\Delta_i + 1 - \sigma(u)\}$ // Cálculo teórico de t_0

```

last = t0 // Fecha teórica del paso de  $\sigma_1$  frente al pasillo  $a_k$ 
for c = 1 to n do
    set u = ai(j) =  $\sigma_c$ 
do { // Planificación de la carga  $\sigma_c$  evitando cualquier obstrucción
    check = true
    for all z = k à z = i, z - - do
        if (last -  $\Delta_z \in U_z$ ) then check = false;
    end for
    if (check = false) then {
        last = last + 1 ;
        if (c = 1) then t0 = t0 + 1; // t0 se modifica si existe perturbación
    } end if
} while (check = false) ;
T(u) = last -  $\Delta_i$  // Fecha final de inyección para la carga
 $\sigma_c$ 
last = last + 1 // Fecha teórica de paso de  $\sigma_{c+1}$ 
frente al pasillo  $a_k$ 
end for
// Desplazamiento eventual de la fecha 0
set tmin to min{ T(u),  $\forall u \in L$  }
if (tmin ≠ 0) then
    t0 = t0 - tmin
for u ∈ L do
    T(u) = T(u) - tmin
end for
end
return t0, T(u) ,  $\forall u \in L$ 

```

La figura 36 es un diagrama del algoritmo 3 anterior.

- 5 La Figura 47 presente un organigrama de un procedimiento de fusión de k flujos entrantes en un flujo saliente, según una segunda realización particular basada en el algoritmo 3 (ilustrado en la Figura 36). El procedimiento es ejecutado al menos una vez por el sistema de control. Una ejecución determinada se lleva a cabo en un instante Tb y comprende las siguientes etapas:
- 10 obtener (471) un conjunto L que comprende n cargas útiles distribuidas en el instante Tb sobre los k pasillos y que deben inyectarse en el colector para formar una secuencia de salida σ , estando identificada cada una de las n cargas útiles mediante un número de secuencia único dentro de la secuencia de salida σ , conteniendo cada uno de los k pasillos un conjunto ordenado, según una dirección creciente del número de secuencia, de h_i cargas útiles que se inyectarán una por una en el colector;

15

- para cada pasillo a_i , $i \in \{1, \dots, k\}$, obtener (etapa 472) un conjunto U_i de fechas no válidas para una inyección de una de las cargas útiles del pasillo a_i en el colector a causa de una carga perturbadora no controlada o de otra obstrucción de un paso de tiempo del colector;
- sin tener en cuenta los conjuntos U_i , $i \in \{1, \dots, k\}$, calcular (etapa 473) una fecha t_0 en el que la primera carga útil σ_1 de la secuencia de salida σ pasa frente al pasillo a_k ;
- para la primera carga útil σ_1 de la secuencia de salida σ , suponiendo que la primera carga útil σ_1 proviene del pasillo a_i (etapa 474):

a) inicialización de t con t_0 ;

b) si ninguna de las fechas t , $t - \Delta_{k-1}$, $t - \Delta_{k-2}, \dots$, $t - \Delta_i$ no pertenece respectivamente a los conjuntos U_k , U_{k-1} , $U_{k-2}, \dots$, U_i , cálculo de una fecha de inyección de la primera carga útil σ_1 en el colector con la siguiente fórmula:

$$T(u) = t - \Delta_i,$$

con $u = \sigma_1 = a(j)$;

c) si una de las fechas t , $t - \Delta_{k-1}$, $t - \Delta_{k-2}, \dots$, $t - \Delta_i$ pertenece respectivamente a uno de los conjuntos U_k , U_{k-1} , $U_{k-2}, \dots$, U_i , incrementar de t de una unidad y reiteración de las etapas b) y c) con el nuevo valor de t ;

- para cada carga útil siguiente σ_c de la secuencia de salida σ , $c \in \{2, \dots, n\}$, suponiendo que la siguiente carga útil σ_c proviene del pasillo a_i (etapa 475):

a') incremento de t de una unidad, utilizándose t para calcular la fecha de inyección de la carga útil anterior σ_{c-1} ;

b') si ninguna de las fechas t , $t - \Delta_{k-1}$, $t - \Delta_{k-2}, \dots$, $t - \Delta_i$ pertenece respectivamente a los conjuntos U_k , U_{k-1} , $U_{k-2}, \dots$, U_i , calcular una fecha de inyección de la siguiente carga útil σ_c en el colector con la siguiente fórmula:

$$T(u) = t - \Delta_i,$$

con $u = \sigma_c = a_i(j)$;

c') si una de las fechas t , $t - \Delta_{k-1}$, $t - \Delta_{k-2}, \dots$, $t - \Delta_i$ pertenece respectivamente a uno de los conjuntos U_k , U_{k-1} , $U_{k-2}, \dots$, U_i , incrementar de t de una unidad y reiterar las etapas b') y c') con el nuevo valor de t ;

- calcular (476) t_{min} según la siguiente fórmula:

$$t_{min} = \min\{T(u), \forall u \in L\};$$

- si $t_{min} > 0$, modificación (477) de las n fechas de inyección según la siguiente fórmula: $T(u) = T(u) - t_{min}$, $\forall u \in L$;

- controlar (etapa 478) el colector y los k pasillos, para una inyección de las n cargas útiles en el colector de acuerdo con las n fechas de inyección $T(u)$, $\forall u \in L$.

8.1.5 Descripción de una realización particular

Se habla ahora de un flujo perturbador experimentado ya presente en el colector, no tenido en cuenta por la secuencia deseada al final ya que todas las cargas perturbadoras desaparecerán antes del último pasillo de inyección. Éste es el caso, por ejemplo, cuando se coloca en el contexto de la Figura 50 (sistema automatizado GTP Intelis PTS) con la gestión de la inyección en el colector de las cargas útiles que provienen del sistema automatizado (PTS), pero también de la devolución de las cargas que llegan en este colector para regresar al sistema automatizado P(TS) (véase el párrafo 2.2 en el contexto de esta posible aplicación).

La figura 37 ilustra esta configuración, con cargas perturbadoras (marcadas con una cruz) del flujo de retorno (que constituyen el flujo perturbador experimentado) que regresan al sistema automatizado (PTS).

Según esta configuración, se puede realizar dos observaciones:

- ninguna carga perturbadora del flujo de retorno (y por lo tanto del flujo perturbador) pasará frente al último pasillo; y
- las cargas perturbadoras que salen del colector (hacia el sistema automatizado (PTS)) antes del pasillo a_1 no suponen ningún problema y, por lo tanto, no serán estudiados. Todas las cargas restantes pasarán necesariamente frente al pasillo a_1 .

8.1.5.1 Cálculo de listas de fechas no válidas inducidas por el flujo de cargas perturbadoras

Bien un flujo T de n' cargas perturbadoras ya presentes en el colector y que deben salir del colector entre los pasillos de inyección. Este flujo perturbador, denominado flujo de retorno, corresponde a las cargas que deben regresar al stock en el sistema automatizado (PTS). Estas cargas perturbadoras deben pasar, en efecto, frente a uno o varios pasillos de inyección. Para cada carga perturbadora P de este flujo de retorno (flujo perturbador), se anota g_p (respectivamente l_p) el número del primer (respectivamente último) pasillo frente al cual pasa la carga perturbadora p . Veremos dos métodos que permiten calcular las fechas de inyección no válidas (U_i), inducidas por el flujo de retorno en función de datos conocidos.

En esta realización particular, $g_p = 1$ y $l_p < k$, para cualquier carga p del flujo de retorno específico del sistema automatizado (PTS). Sin embargo, se dará la solución general con la anotación g_p y l_p .

- Es decir, en el caso específico antes mencionado de un flujo de retorno, se conoce la fecha de llegada (anotada t_r) de la primera carga perturbadora el flujo de retorno (flujo perturbador) delante del pasillo número a_1 (o también máquina M_1). También se conocen en qué orden se distribuyen las cargas perturbadoras de este flujo de retorno en el colector (denominados a esta secuencia σ') y el tiempo que separa cada carga perturbadora de otra carga perturbadora de este flujo perturbador. Es decir σ'_p da la $p^{\text{ésima}}$ carga perturbadora del flujo de retorno y $\sigma'(u, v)$ da la duración que separa la carga perturbadora u de la carga perturbadora v en el flujo perturbador en número de "pasos".

Entonces, los instantes $t_r, t_r + \sigma'(\sigma'_1, \sigma'_2), \dots, t_r + \sigma'(\sigma'_1, \sigma'_n)$ están sobrecargados para la máquina M_1 y forman U_1 .

- Para la máquina $M_i, i = 2, \dots, k$, las fechas sobrecargadas son las

$$U_i = \{ t_r + \sigma'(\sigma'_1, \sigma'_j) + \Delta_{i,1} \text{ si } l(\sigma'_j) \geq i, \forall j = 1, \dots, n' \}.$$

- Otra manera de verlo sería copiar las fechas "sobrecargadas" (o no válidas) U_i de la máquina M_i de las cargas perturbadoras u que tienen $l(u) \geq 1 + 1$ y añadir a todos estos instantes $\Delta_{i,1+1}$ para obtener la lista de fechas sobrecargadas U_{i+1} para la máquina M_{i+1} .

- Es decir, en un marco más general, se conoce la distancia de cada carga perturbadora p con respecto al último pasillo a_k en la fecha O que se anotaran δ_p . Con estos datos, se calculan los U_i como sigue:

For all $i \in \{1, \dots, k\}$ do $U_i = \emptyset$;

For all $p \in F$ do

For all $i \in \{g_p, \dots, l_p\}$ do

$$U_i = U_i \cup \{\delta_p - \Delta_i\};$$

end for

end for

return $U_i, \forall i = 1 \dots k$

8.1.5.2 Ejemplos

Se vuelve a la configuración del ejemplo del párrafo 6.2.2.

Es decir $k = 4$ pasillos que comprenden dos o tres cargas útiles. Cada carga útil se identifica mediante un número de secuencia único en función de la secuencia de salida $\sigma = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)$. Esta es una secuencia realizable. Se conocen las distancias de cada pasillo con respecto al último:

$$\Delta_1 = 12, \Delta_2 = 7, \Delta_3 = 4 \text{ y } \Delta_4 = 0.$$

Como se ilustra en la figura 38, se supone que esta vez hay tres pasos de tiempos del colector obstruidos por cargas perturbadoras A, B y C. Se sabe que estas cargas perturbadoras pasan frente a ciertos pasillos y después desaparecen del colector. Las cargas A y B pasan frente a los pasillos a_1 y a_2 . Finalmente, la carga C pasa frente a todos los pasillos a_1 , a_2 y a_3 . Así, se tiene $l_A = 2$, $l_B = 2$ y $l_C = 3$, así que $g_A = g_B = g_C = 1$.

Se muestra un estado del sistema en la fecha 0, cuando la primera carga útil del lote se inyectará en el primer espacio libre del colector. En el esquema, una posición del colector desocupada está vacía, las cruces indican las posiciones tomadas por las cargas útiles del lote anterior y las letras las cargas perturbadoras del flujo perturbador. La posición del flujo perturbador en la fecha 0 permite deducir la siguiente información: $\delta_A = 13$, $\delta_B = 14$ y $\delta_C = 18$.

La carga perturbadora B obliga a la carga útil 4 a desplazarse en el tiempo de una posición y dejará un espacio vacío en el flujo final del colector. Después, la carga perturbadora C obliga a la carga útil 7 a desplazarse de una posición más, dejando un espacio vacío más adelante en el flujo final del colector.

La figura 39 es un diagrama de Gantt que ilustra la solución propuesta en este caso. Se puede ver que si el flujo perturbador fuera controlado (y no experimentado), el primer espacio vacío podría ser llenado por el pasillo a_3 o a_4 y el segundo espacio vacío únicamente por el pasillo a_4 . Así, se evitarán espacios vacíos y se aumentaría el caudal del caudal final (flujo de salida) del colector.

8.2 MODELIZACIÓN DEL SISTEMA CON UN FLUJO PERTURBADOR CONTROLADO

Se ha visto que cuando el flujo perturbador estaba experimentado, provocaba espacios vacíos en el flujo final del colector. Por lo tanto, existe un interés en controlar el flujo perturbador para evitar estos espacios vacíos. De esta forma, se podrá priorizar las cargas de los flujos de inyección sobre las cargas de los flujos perturbadores y conseguir hacer pasar las cargas perturbadoras en los espacios libres que deja la inyección de los diferentes pasillos.

8.2.1 Formulación del problema

Se supone ahora que se puede controlar el flujo perturbador. Esto equivale a controlar la inyección de las cargas perturbadoras de este flujo perturbador, y se debe decidir de la fecha (anotada $start_p$) a la que la carga perturbadora p se inyecta frente al pasillo a_1 de manera a no perturbar el flujo de salida (flujo de salida formado por la fusión de los flujos de inyección), es decir no creando espacios vacíos en el flujo de salida.

8.2.2 Idea del algoritmo de solución

En primer lugar, se calcularán las fechas de inyección de las cargas útiles que provienen de los pasillos, como si no hubiera flujo perturbador (véase la Sección 6). Son estas fechas de inyección las que darán las fechas no disponibles (U_i) para una carga perturbadora que pasa frente a un pasillo (a_i). Después, se calcularán, teniendo en cuenta la lista de fechas no válidas, la inyección de las cargas del flujo perturbador. Para ello, se planificarán en el orden de llegada de las cargas perturbadoras, cada una frente a los pasillos lo más pronto posible, es decir, tan pronto como todas estas fechas de paso en las respectivas máquinas caigan en fechas libres.

8.2.3 Algoritmo general

El algoritmo 4 que se detalla a continuación proporciona las fechas de inyección de las cargas útiles, así como el control del flujo perturbador. Las cargas a inyectar constituyen el flujo final del colector. Su inyección se decide sin tener en cuenta el flujo perturbador. Después, se determina cuándo dejar pasar las cargas del flujo perturbador, esta vez considerando que las cargas útiles inyectadas desempeñan el mismo papel que el flujo experimentado en el algoritmo 3 anterior. Así, se pueden usar la misma técnica que antes, con el cálculo de conjuntos V_i , $i = 1 \dots k$ dando las fechas de paso de cada carga útil del flujo inyectado frente al pasillo a_i . Estas fechas son, por lo tanto, fechas prohibidas de inyección para las cargas perturbadoras.

Se recuerda que

$$\sigma_{p, p'}$$

da la distancia que separa las cargas perturbadoras p y p' en la fecha 0 y t_r da la fecha, sin espera, de llegada de la 1ª carga del flujo perturbador frente al pasillo número a_1 .

En este algoritmo se usa la anotación simplificada « $u = \sigma_c = a_i (j) \in L$ » para definir una carga u que corresponde a la $c^{ésima}$ carga de secuencia σ , también definido por su posición j en el pasillo a_i .

Algoritmo 4: Cálculo de las fechas de inyección de las cargas de los flujos perturbadores controlados

```

Require:  $\sigma, \Delta_i, \Delta_{1i}, i \in \{1, \dots, k\}$ 
 $t_0 = \max_{u = a_i(j) \in L} \{\Delta_i + 1 - \sigma(u)\}$  // Cálculo teórico de  $t_0$ 
for all  $i \in \{1, \dots, k\}$  do
    for all  $j \in \{1, \dots, h_i\}$  do
        set  $u = a_i(j)$ 
         $T(u) = t_0 + \sigma(u) - 1 - \Delta_i$ 
        for all  $z \in \{1, \dots, k\}$  do
             $V_z = V_z \cup \{T(u) + \Delta_i - \Delta_z\}$ 
        end for
    end for
end for
set  $t = \delta_1 - \Delta_1$  // Llegada de la primera carga perturbadora frente a  $\alpha_1$ 
for all  $p = 1$  to  $f$  do // Carga identificada por su sitio en  $\sigma_f$ 
do {
     $check = true$ 
    for  $i = g_p$  to  $l_p$  do
        if  $(t + \Delta_1 - \Delta_i \in V_i)$  then  $check = false; t++;$  break;
    end for
} while  $(check = false)$  ;
     $start_p = t$ 
     $t = \text{Max}(t + 1, \delta_{p+1} - \Delta_1)$  // Espera posible de la llegada de  $p+1$ 
end for
return  $T(u), start_p, \forall u \in L, \forall p \in F$ 

```

5 La figura 40 es un diagrama del algoritmo 4 anterior.

La Figura 48 presente un organigrama de un procedimiento de fusión de k flujos entrantes en un flujo saliente, según una tercera realización particular basada en el algoritmo 4 (ilustrado en la Figura 40). El procedimiento es ejecutado al menos una vez por el sistema de control. Una ejecución determinada se lleva a cabo en un instante T_b y comprende las siguientes etapas:

- para cada carga útil $u = a_i(j) \in L$ que proviene de un pasillo a_i , calcular (etapa 481) las fechas de paso de la carga útil frente a los pasillos a_i a a_k , conociendo la fecha de inyección $T(u)$ de la carga útil en el colector;
- para cada pasillo $a_i, i \in \{1, \dots, k\}$, obtener (etapa 482) un conjunto V_i que contiene cada fecha de paso de una de las cargas útiles frente al pasillo a_i ;
- para cada carga perturbadora controlar p de un flujo perturbador controlado gracias a un medio de control ubicado a lo largo del colector y antes de un pasillo $a_{g(p)}$ en la dirección de desplazamiento del colector, con $g(p) \in \{1, \dots, k\}$, siendo $a_{g(p)}$ también el primer pasillo, en el sentido de desplazamiento del colector, frente al cual pasa la carga perturbadora controlada (etapa 483):

a) inicialización de t con la fecha $\delta_1 - \Delta_1$, con δ_1 que representa la posible fecha de llegada, en caso de no estar en espera, de la primera carga perturbadora controlada frente al pasillo a_k ;

b) cálculo de fechas $t + \Delta_1, g(p), t + \Delta_1, g(p) + 1, \dots, t + \Delta_1, l(p)$ de paso de la carga perturbadora controlada frente a los pasillos $a_{g(p)}$ a $a_{l(p)}$, con $a_{l(p)}$ el último pasillo, en el sentido de desplazamiento del colector, frente al cual pasa la carga perturbadora controlada;

c) si ninguna de las fechas $t + \Delta_1, g(p), t + \Delta_1, g(p) + 1, \dots, t + \Delta_1, l(p)$ pertenece respectivamente a los conjuntos $V_{g(p)}, V_{g(p)+1}, \dots, V_{l(p)}$, calcular una fecha de paso ficticia $start_p$ de la carga perturbadora controlada p frente al pasillo a_1 , con la siguiente fórmula: $start_p = t$;

d) si una de las fechas $t + \Delta_1, g(p), t + \Delta_1, g(p) + 1, \dots, t + \Delta_1, l(p)$ pertenece respectivamente a uno de los conjuntos $V_{g(p)}, V_{g(p)+1}, \dots, V_{l(p)}$, incremento de t de una unidad y reiteración de las etapas b), c) y d) con el nuevo valor de t ;

- controlar (etapa 484) el medio de control, para una inyección en la fecha $start_p + \Delta_1, g(p)$ de cada carga perturbadora controlada p frente al pasillo $a_{g(p)}$.

8.2.4 Descripción de una realización particular

Se toma el ejemplo común a todos los casos anteriores para poder comparar las soluciones finales.

Es decir $k = 4$ pasillos que comprenden dos o tres cargas. Cada carga se identifica mediante un número de secuencia único gracias a la secuencia de salida $\sigma = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)$. Esta es una secuencia realizable. Se conocen las distancias de cada pasillo con respecto al último:

$\Delta_1 = 12, \Delta_2 = 7, \Delta_3 = 4$ y $\Delta_4 = 0$. El flujo perturbador se compone de cargas A, B, C tales que $l_A = 2, l_B = 2,$

$$l_C = 3, \quad g_A = g_B = g_C = 1, \quad \delta_A = 13, \quad \delta_B = 14$$

y

$$\delta_C = 18.$$

Esta vez, el flujo perturbador es controlable. Se puede ver en la Figura 41 el punto de control de este flujo perturbador, materializado por un rectángulo vertical justo antes del pasillo a_1 .

La Figura 42 ilustra, en forma de diagrama de Gantt, la solución sin tener en cuenta el flujo perturbador ("solución de inyección pura").

La solución al algoritmo que tiene en cuenta el flujo perturbador consiste en deslizar las cargas perturbadoras en las casillas grises que la solución de inyección pura dejó vacías. Se permite que la carga A pase tan pronto como llega al punto de control del flujo perturbador mientras que la carga B se retiene por una unidad de tiempo. Esta espera permite que la carga perturbadora B pase en los espacios libres de las inyecciones, justo antes de que se inyecte la carga 5. Lo mismo ocurre con la carga C y la carga 8 de la secuencia.

La Figura 43 ilustra, en forma de diagrama de Gantt, la solución propuesta para controlar el flujo perturbador (es decir, eligiendo la ubicación de las cargas perturbadoras). Las cargas B y C ya no forman espacios vacíos en el flujo final del colector. Se intercalaron en lugares estratégicos a fin de que el espacio vacío que deja en un primer tiempo se llene mediante una inyección de carga temporal compatible. Gracias al control del flujo perturbador, se muestra que los espacios vacíos en el colector eran evitables.

8.3 Modelización del sistema con un flujo perturbador experimentado y un flujo perturbador controlado

En el caso de que existe al menos un flujo perturbador experimentado y al menos un flujo perturbador controlado, se procede de la siguiente manera.

Se hace una diferencia entre las cargas perturbadoras experimentadas y las controladas de la siguiente manera:

- Es decir, S el conjunto de s cargas perturbadoras experimentadas ha dejado, de manera obligatoria, pasar sin control en la zona de inyección de los pasillos del colector, estando cada una identificada por un número de secuencia único que corresponde a su posición en el orden de llegada, (anotada σ'_s).

Se diseña mediante δ'_p la distancia de cada carga perturbadora $p \in S$ con respecto al último pasillo a_k en la fecha Tb y por

g'_p

5

y l'_p respectivamente, el número del primer y último pasillo frente al cual debe pasar la carga perturbadora.

Finalmente, los conjuntos $U_i, i = 1 \dots k$, dan las fechas de no disponibilidad de paso frente al pasillo a_i para las cargas útiles.

10

- Es decir, F el conjunto de las f cargas perturbadoras que se dejan pasar bajo control en la zona de inyección de los pasillos colectores, siendo cada una identificada por un número de secuencia único que corresponde a su posición en el orden de llegada (anotada σ_i).

15

Se diseña mediante δ_p la distancia de cada carga perturbadora $p \in F$ con respecto al último pasillo a_k en la fecha Tb y por g_p y l_p respectivamente, el número del primer y último pasillo frente al cual debe pasar la carga perturbadora p .

Finalmente, los conjuntos $V_i, i = 1 \dots k$, dan las fechas de no disponibilidades de paso frente al pasillo a_i para estas cargas perturbadoras controladas.

20

El algoritmo 5 que se detalla a continuación proporciona las fechas de inyección de las cargas útiles, así como el control del flujo perturbador, teniendo en cuenta el flujo perturbador experimentado.

Algoritmo 5: Cálculo de las fechas de inyección de las cargas útiles y de las cargas del flujo perturbador controlado, teniendo en cuenta el flujo perturbador sufrido

Requiere: $F, S, \sigma, \Delta_i, \Delta_{1i}, a_i(j), \forall i \in \{1, \dots, k\}, \forall j \in \{1, \dots, h_i\}$

$t_0 = \max_{u = a_i(j) \in L'} \{ \Delta_i + 1 - \sigma(u) \}$ // Cálculo teórico de t_0

// Cálculo de U_i :

for all $p = 1$ **to** s **do**

for all $i \in \{g'_p, \dots, l'_p\}$ **do**

25

```


$$U_i = U_i \cup \{ \delta'_p - \Delta_i \} // \text{Carga } p \text{ frente a } a_i$$

end for
end for
// Calcular  $T(u)$ 
 $last = t_0 // \text{Fecha teórica del paso de } \sigma_1 \text{ frente al pasillo } a_k$ 
for  $u = 1$  to  $n$  do
     $set\ u = a_i(j)$ 
do { // Planificación de la  $u^o$  carga de  $\sigma$ 
     $check = true$ 
    for all  $z = k$  a  $z = i$ ,  $z - -$  do
        if  $(last - \Delta_z \in U_z)$  then  $check = false$ ;
    end for
    if  $(check = false)$  then {
         $last = last + 1$ ;
        if  $(u = 1)$  then  $t_0 = t_0 + 1$ ;
    } end if
} while  $(check = false)$  ;
     $T(u) = last - \Delta_i // \text{Fecha final de inyección para la}$ 
    carga  $u$ 
     $last = last + 1 // \text{Sitio siguiente delante de } a_k$ 
end for
//Desplazamiento eventual de la fecha 0
 $set\ t_{min}$  to  $\min\{ T(u), \forall u \in L \}$ 
if  $(t_{min} \neq 0)$  then
     $t_0 = t_0 - t_{min}$ 
for  $u \in L$  do
         $T(u) = T(u) - t_{min}$ 
    end for
endif
// Calcular  $V_z$ :
for  $u = 1$  to  $n$  do
     $set\ u = a_i(j)$ 
    for all  $z \in \{i, \dots, k\}$  do
         $V_z = V_z \cup \{ T(u) + \Delta_i - \Delta_z \}$ 
    end for
end for

```

```

for all  $z \in \{1, \dots, k\}$  do
     $V_z = V_z \cup U_z$ 
end for
// calcular  $start_p$ :
set  $t = \delta_1 - \Delta_1$  // Llegada de la primera carga perturbadora frente a  $a_1$ 
for all  $p = 1$  to  $f$  do // Carga identificada por su lugar en  $\sigma_f$ 
do {
     $check = true$ 
    for  $i = g_p$  to  $l_p$  do
        if  $(t + \Delta_1 - \Delta_i \in V_i)$  then  $check = false; t + +; break;$ 
    end for
} while  $(check = false)$  ;
 $start_p = t$ 
 $t = Max(t + 1, \delta_{p+1} - \Delta_1)$  // Posible espera de la llegada de  $p+1$ 
end for
return  $t_0, T(u), \forall u \in L, start_p, \forall p \in F$ 

```

La figura 45 es un diagrama del algoritmo 5 anterior.

La Figura 49 presente un organigrama de un procedimiento de fusión de k flujos entrantes en un flujo saliente, según una cuarta realización particular basada en el algoritmo 5 (ilustrado en la Figura 45). El procedimiento es ejecutado al menos una vez por el sistema de control. Una ejecución determinada se lleva a cabo en un instante T_b y comprende las siguientes etapas:

- para cada carga útil $u = a_i(j) \in L$ que proviene de un pasillo a_i , calcular (etapa 491) las fechas de paso de la carga útil frente a los pasillos a_i a a_k , conociendo la fecha de inyección $T(u)$ de la carga útil en el colector;
- para cada pasillo $a_i, i \in \{1, \dots, k\}$, obtener (etapa 492) un conjunto V_i que contiene por un lado cada fecha de paso de una de las cargas útiles frente al pasillo a_i y por otro lado el conjunto U_i de fechas no válidas para una inyección de una de las cargas útiles del pasillo a_i en el colector;
- para cada carga perturbadora controlar p de un flujo perturbador controlado gracias a un medio de control ubicado a lo largo del colector y antes de un pasillo $a_{g(p)}$ en la dirección de desplazamiento del colector, con $g(p) \in \{1, \dots, k\}$, siendo $a_{g(p)}$ también el primer pasillo, en el sentido de desplazamiento del colector, frente al cual pasa la carga perturbadora controlada (etapa 493):
 - a) inicialización de t con la fecha $\delta_1 - \Delta_1$, con δ_1 que representa la posible fecha de llegada, en caso de no estar en espera, de la primera carga perturbadora controlada frente al pasillo a_k ;
 - b) cálculo de fechas $t + \Delta_1, g(p), t + \Delta_1, g(p) + 1, \dots, t + \Delta_1, l(p)$ de paso de la carga perturbadora controlada frente a los pasillos $a_{g(p)}$ a $a_{l(p)}$, con $a_{l(p)}$ el último pasillo, en el sentido de desplazamiento del colector, frente al cual pasa la carga perturbadora controlada;
 - c) si ninguna de las fechas $t + \Delta_1, g(p), t + \Delta_1, g(p) + 1, \dots, t + \Delta_1, l(p)$ pertenece respectivamente a los conjuntos $V_{g(p)}, V_{g(p)+1}, \dots, V_{l(p)}$, calcular una fecha de paso ficticia $start_p$ la carga perturbadora controlada p frente al pasillo a_1 , con la siguiente fórmula: $start_p = t$;

d) si una de las fechas $t + \Delta_{1, g(p)}$, $t + \Delta_{1, g(p) + 1}$, ..., $t + \Delta_{1, l(p)}$ pertenece respectivamente a uno de los conjuntos $V_{g(p)}$, $V_{g(p) + 1}$, ..., $V_{l(p)}$, incrementar de t una unidad, y reiterar las etapas b), c) y d) con el nuevo valor de t ;

- 5 • controlar (etapa 494) el medio de control, para una inyección en la fecha $start_p + \Delta_{1, g(p)}$ de cada carga perturbadora controlada p frente al pasillo $a_{g(p)}$. **9. CONCLUSIÓN**

Como la duración de trayecto es fundamental para tener un mayor porcentaje de producción posible, saber agrupar varios flujos entrantes en un colector es muy importante en el campo de la logística. Utilizar el conjunto de las capacidades mecánicas de cada sistema y por lo tanto maximizar el caudal de tal colector es crucial para no perder tiempo en la preparación de pedidos, por ejemplo.

Se ha alcanzado el caudal óptimo inyectando las cargas lo antes posible de manera sincronizada. En concreto, se ha alcanzado las capacidades máximas del colector cuando está dedicado a los flujos de inyección. Además de la modelización y la resolución matemático, se ha extraído una fórmula que permite calcular directamente las fechas de inyección de cada carga. Estos resultados se dan para respetar una secuencia final de salida de carga una vez que éstas están todas en el colector, esto permite combinar la optimización de una velocidad y de una clasificación.

También se ha tratado la gestión de varios tipos de flujos en el colector, denominando flujo perturbador a un flujo diferente de los flujos de inyección. Se sabe calcular las fechas de inyección mediante un algoritmo que tiene en cuenta este flujo perturbador cuando se experimenta. Sin embargo, el caudal es óptimo sin garantía de máximo. En efecto, tal flujo perturbador experimentado no permite compensar el espacio dejado por una carga perturbadora que habría dejado el colector entre los pasillos de inyección.

También se ha propuesto una solución en la que se controla el flujo perturbador. Se ha dado otro algoritmo para hacer pasar el flujo perturbador controlado, de manera de priorizar el caudal máximo del colector una vez pasado en todos los pasillos de inyección. El control de este flujo perturbador controlado permite un caudal máximo de los flujos de inyección una vez en el colector cuando todas las cargas del flujo perturbador controlado desaparecen antes del último pasillo de inyección. De lo contrario, las cargas perturbadoras restantes se incluyen en el flujo final del colector y se insertan en la secuencia sin espacios.

También se ha proporcionado un algoritmo para gestionar al mismo tiempo al menos un flujo experimentado (obstrucciones que no son necesariamente cargas perturbadoras) y al menos un flujo controlado (cargas perturbadoras).

10. Ejemplo de sistema de control

La solución propuesta es un procedimiento para fusionar, dentro de un almacén logístico, k flujos entrantes de cargas útiles, transportadas respectivamente por k transportadores denominados pasillos a_i con $i \in \{1, \dots, k\}$ en un flujo de salida de cargas útiles, transportadas por otro transportador denominado colector.

El procedimiento de fusión se lleva a cabo mediante un sistema de control. Se trata, por ejemplo, de un sistema informático de gestión central (también denominado SGE, por "Sistema de Gestión de Almacén", o WCS, por "Warehouse Control System" en inglés).

la **Figura 44** presenta la estructura del sistema de control 90 según una realización particular de la invención. Este sistema de control comprende una memoria de acceso aleatorio 92 (por ejemplo una memoria RAM), una unidad de procesamiento 91, equipada por ejemplo con un procesador, y controlada por un programa informático 930 almacenado en una memoria de sólo lectura 93 (por ejemplo una memoria ROM o disco duro).

En la inicialización, las instrucciones de código del programa informático se cargan, por ejemplo, en la memoria de acceso aleatorio 92 antes de ser ejecutadas por el procesador de la unidad de procesamiento 91, para implementar el procedimiento de fusión de la invención (según una cualquiera de las diferentes realizaciones descritas anteriormente). La unidad de procesamiento 91 recibe como entrada informaciones 94 relativas a los flujos de entrada. El procesador de la unidad de procesamiento 91 procesa la información 94 y genera como salida instrucciones o controles 95 que permiten controlar (pilotar) diferentes elementos comprendidos en el sistema, en particular los pasillos, el colector, los medios de control, etc.

Esta Figura 44 ilustra sólo una forma particular, entre varias posibles, de llevar a cabo la técnica de la invención, en una cualquiera de sus realizaciones. En efecto, el sistema de control se lleva a cabo indiferentemente en una máquina de cálculo reprogramable (por ejemplo, un ordenador PC, un procesador DSP, un microcontrolador, etc.) que ejecuta un programa que comprende una secuencia de instrucciones, o bien en una máquina de cálculo dedicada (por ejemplo, una conjunto de puertas lógicas como una FPGA o un ASIC, o cualquier otro módulo de hardware).

En el caso en el que el sistema de control se realiza con una máquina de cálculo reprogramable, el programa que corresponde (es decir la secuencia de instrucciones) se puede almacenar en un medio de almacenamiento amovible

(como por ejemplo un disquete, un CD-ROM o un DVD-ROM) o no, siendo este medio de almacenamiento parcial o totalmente legible por un ordenador o un procesador.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para fusionar, dentro de un almacén logístico, k flujos entrantes de cargas útiles, transportadas respectivamente por k transportadores denominados pasillos a_i con $i \in \{1, \dots, k\}$, en un flujo de salida de cargas útiles, transportadas por otro transportador denominado colector.

siendo el almacén logístico tal que:

- los k pasillos son del tipo "primero en entrar, primero en salir", distribuidos a lo largo del colector y numerados de a_1 a a_k en una dirección de desplazamiento del colector, y
 Δ_i es una distancia temporal entre los pasillos a_i y a_k expresado en unidades de tiempo, correspondiendo cada una a un paso de tiempo del colector,

siendo ejecutado el procedimiento al menos una vez por un sistema de control, efectuándose una ejecución determinada en un instante T_b y comprendiendo:

obtener (461) un conjunto L que comprende n cargas útiles distribuidas en el instante T_b sobre los k pasillos y que deben inyectarse en el colector para formar una secuencia de salida σ , estando identificada cada una de las n cargas útiles mediante un número de secuencia único dentro de la secuencia de salida σ , conteniendo cada uno de los k pasillos un conjunto ordenado, según una dirección creciente del número de secuencia, de h_i cargas útiles que se inyectarán una por una en el colector;

Caracterizándose el procedimiento por que comprende las siguientes etapas:

- calcular (462) una fecha t_0 en el que la primera carga útil σ_1 de la secuencia de salida σ pasa frente al pasillo a_k ;
 - calcular (463) una fecha de inyección en el colector para cada una de las n cargas útiles del conjunto L, según la siguiente fórmula: $T(u) = t_0 + \sigma(u) - 1 - \Delta_i$, con:

* $u = a_i(j) \in L$, una carga útil del conjunto L y que proviene de la j -ésima posición en el pasillo a_i , $i \in \{1, \dots, k\}$, $j \in \{1, \dots, h_i\}$,

* $\sigma(u)$ el número de secuencia de la carga útil u en la secuencia de salida σ ;

- controlar (464) el colector y los k pasillos, para una inyección de las n cargas útiles en el colector de acuerdo con las n fechas de inyección $T(u)$, $\forall u \in L$.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que $\Delta_{i,i}$ es una distancia temporal entre los pasillos a_i y a_i expresada en unidades de tiempo, correspondiendo cada una a un paso de tiempo del colector, comprendiendo el procedimiento además las siguientes etapas:

- para cada carga útil $u = a_i(j) \in L$ que proviene de un pasillo a_i , calcular (481) las fechas de paso de la carga útil frente a los pasillos a_i a a_k , conociendo la fecha de inyección $T(u)$ de la carga útil en el colector;

- para cada pasillo a_i , $i \in \{1, \dots, k\}$, obtener (482) un conjunto V_i que contiene cada fecha de paso de una de las cargas útiles frente al pasillo a_i ;

- para cada carga perturbadora controlar p de un flujo perturbador controlado gracias a un medio de control ubicado a lo largo del colector y antes de un pasillo $a_{g(p)}$ en la dirección de desplazamiento del colector, con $g(p) \in \{1, \dots, k\}$, siendo $a_{g(p)}$ también el primer pasillo, en el sentido de desplazamiento del colector, frente al cual pasa la carga perturbadora controlada (483):

a) inicialización de t con la fecha $\delta_1 - \Delta_1$, con δ_1 que representa la posible fecha de llegada, en caso de no estar en espera, de la primera carga perturbadora controlada frente al pasillo a_k ;

b) calcular las fechas $t + \Delta_{1,g(p)}$, $t + \Delta_{1,g(p)+1}, \dots$, $t + \Delta_{1,l(p)}$ de paso de la carga perturbadora controlada frente a los pasillos $a_{g(p)}$ a $a_{l(p)}$, con $a_{l(p)}$ el último pasillo, en la dirección de desplazamiento del colector, frente al cual pasa la carga perturbadora monitorizada;

c) si ninguna de las fechas $t + \Delta_{1,g(p)}$, $t + \Delta_{1,g(p)+1}, \dots$, $t + \Delta_{1,l(p)}$ pertenece respectivamente a los conjuntos $V_{g(p)}$, $V_{g(p)+1}, \dots$, $V_{l(p)}$, calcular una fecha de paso ficticia $start_p$ de la carga perturbadora controlada p frente al pasillo a_1 , con la siguiente fórmula:

$start_p = t$;

d) si una de las fechas $t + \Delta_{1,g(p)}$, $t + \Delta_{1,g(p)+1}, \dots$, $t + \Delta_{1,l(p)}$ pertenece respectivamente a uno de los conjuntos $V_{g(p)}$, $V_{g(p)+1}, \dots$, $V_{l(p)}$, incrementar de t de una unidad y reiterar las etapas b), c) y d) con el nuevo valor de t ;

- controlar (484) el medio de control, para una inyección en la fecha $start_p + \Delta_{1,g(p)}$ de cada carga perturbadora controlada p frente al pasillo $a_{g(p)}$.

3. Procedimiento para fusionar, dentro de un almacén logístico, k flujos entrantes de cargas útiles, transportadas respectivamente por k transportadores denominados pasillos a_i con $i \in \{1, \dots, k\}$, en un flujo de salida de cargas útiles, transportadas por otro transportador denominado colector.

siendo el almacén logístico tal que:

- los k pasillos son del tipo "primero en entrar, primero en salir", distribuidos a lo largo del colector y numerados de a_1 a a_k en una dirección de desplazamiento del colector, y
- Δ_i es una distancia temporal entre los pasillos a_i y a_k expresado en unidades de tiempo, correspondiendo cada una a un paso de tiempo del colector,

siendo ejecutado el procedimiento al menos una vez por un sistema de control, efectuándose una ejecución determinada en un instante T_b y comprendiendo:

obtener (471) un conjunto L que comprende n cargas útiles distribuidas en el instante T_b sobre los k pasillos y que deben inyectarse en el colector para formar una secuencia de salida σ , estando identificada cada una de las n cargas útiles mediante un número de secuencia único dentro de la secuencia de salida σ , conteniendo cada uno de los k pasillos un conjunto ordenado, según una dirección creciente del número de secuencia, de h_i cargas útiles que se inyectarán una por una en el colector;

Caracterizándose el procedimiento por que comprende las siguientes etapas:

- para cada pasillo a_i , $i \in \{1, \dots, k\}$, obtener (472) un conjunto U_i de fechas no válidas para una inyección de una de las cargas útiles del pasillo a_i en el colector a causa de una carga perturbadora no controlada o de otra obstrucción de un paso de tiempo del colector;
- sin tener en cuenta los conjuntos U_i , $i \in \{1, \dots, k\}$, calcular (473) una fecha t_0 en el que la primera carga útil σ_1 de la secuencia de salida σ pasa frente al pasillo a_k ;
- para la primera carga útil σ_1 de la secuencia de salida σ , suponiendo que la primera carga útil σ_1 proviene del pasillo a_i (474):

- a) inicialización de t con t_0 ;
- b) si ninguna de las fechas t , $t - \Delta_{k-1}$, $t - \Delta_{k-2}, \dots$, $t - \Delta_i$ pertenece respectivamente a los conjuntos U_k , U_{k-1} , $U_{k-2}, \dots$, U_i , calcular una fecha de inyección de la primera carga útil σ_1 en el colector con la siguiente fórmula: $T(u) = t - \Delta_i$, con $u = \sigma_1 = a(i)$;
- c) si una de las fechas t , $t - \Delta_{k-1}$, $t - \Delta_{k-2}, \dots$, $t - \Delta_i$ pertenece respectivamente a uno de los conjuntos U_k , U_{k-1} , $U_{k-2}, \dots$, U_i , incrementar de t de una unidad y reiterar las etapas b) y c) con el nuevo valor de t ;

- para cada carga útil siguiente σ_c de la secuencia de salida σ , $c \in \{2, \dots, n\}$, suponiendo que la siguiente carga útil σ_c proviene del pasillo a_i (475):

- a') incremento de t de una unidad, utilizándose t para calcular la fecha de inyección de la carga útil anterior σ_{c-1} ;
- b') si ninguna de las fechas t , $t - \Delta_{k-1}$, $t - \Delta_{k-2}, \dots$, $t - \Delta_i$ pertenece respectivamente a los conjuntos U_k , U_{k-1} , $U_{k-2}, \dots$, U_i , calcular una fecha de inyección de la siguiente carga útil σ_c en el colector con la siguiente fórmula: $T(u) = t - \Delta_i$, con $u = \sigma_c = a(j)$;
- c') si una de las fechas t , $t - \Delta_{k-1}$, $t - \Delta_{k-2}, \dots$, $t - \Delta_i$ pertenece respectivamente a uno de los conjuntos U_k , U_{k-1} , $U_{k-2}, \dots$, U_i , incrementar de t de una unidad y reiterar las etapas b') y c') con el nuevo valor de t ;

- controlar (478) el colector y los k pasillos, para una inyección de las n cargas útiles en el colector de acuerdo con las n fechas de inyección $T(u)$, $\forall u \in L$.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que la etapa de controlar (478) el colector y los k pasillos, para una inyección de las n cargas útiles en el colector de acuerdo con las n fechas de inyección $T(u)$, $\forall u \in L$, está precedido por las siguientes etapas:

- calcular (476) t_{min} según la siguiente fórmula: $t_{min} = \min\{T(u), \forall u \in L\}$;
- si $t_{min} > 0$, modificar (477) de las n fechas de inyección según la siguiente fórmula:

$$T(u) = T(u) - t_{min}, \forall u \in L.$$

5. Procedimiento según la reivindicación 3 o 4, en el que $\Delta_{i,i}$ es una distancia temporal entre los pasillos a_i y a_i expresada en unidades de tiempo, correspondiendo cada una a un paso de tiempo del colector, comprendiendo el procedimiento además las siguientes etapas:

- para cada carga útil $u = a(j) \in L$ que proviene de un pasillo a_i , calcular (491) las fechas de paso de la carga útil frente a los pasillos a_1 a a_k , conociendo la fecha de inyección $T(u)$ de la carga útil en el colector;
- para cada pasillo a_i , $i \in \{1, \dots, k\}$, obtener (492) un conjunto V_i que contiene por un lado cada fecha de paso de una de las cargas útiles frente al pasillo a_i y por otro lado el conjunto U_i de fechas no válidas para una inyección de una de las cargas útiles del pasillo a_i en el colector;
- para cada carga perturbadora controlar p de un flujo perturbador controlado gracias a un medio de control ubicado a lo largo del colector y antes de un pasillo $a_{g(p)}$ en la dirección de desplazamiento del colector, con $g(p) \in \{1, \dots, k\}$, siendo

$a_{g(p)}$ también el primer pasillo, en el sentido de desplazamiento del colector, frente al cual pasa la carga perturbadora controlada (493):

- 5 a) inicialización de t con la fecha $\delta_1 - \Delta_1$, con δ_1 que representa la posible fecha de llegada, en caso de no estar en espera, de la primera carga perturbadora controlada frente al pasillo a_k ;
- b) calcular las fechas $t + \Delta_{1,g(p)}$, $t + \Delta_{1,g(p)+1}, \dots, t + \Delta_{1,l(p)}$ de paso de la carga perturbadora controlada frente a los pasillos $a_{g(p)}$ a $a_{l(p)}$, con $a_{l(p)}$ el último pasillo, en la dirección de desplazamiento del colector, frente al cual pasa la carga perturbadora monitorizada;
- 10 c) si ninguna de las fechas $t + \Delta_{1,g(p)}$, $t + \Delta_{1,g(p)+1}, \dots, t + \Delta_{1,l(p)}$ pertenece respectivamente a los conjuntos $V_{g(p)}$, $V_{g(p)+1}, \dots, V_{l(p)}$, calcular una fecha de paso ficticia $start_p$ de la carga perturbadora controlada p frente al pasillo a_1 , con la siguiente fórmula: $start_p = t$;
- d) si una de las fechas $t + \Delta_{1,g(p)}$, $t + \Delta_{1,g(p)+1}, \dots, t + \Delta_{1,l(p)}$ pertenece respectivamente a uno de los conjuntos $V_{g(p)}$, $V_{g(p)+1}, \dots, V_{l(p)}$, incrementar de t de una unidad y reiterar las etapas b), c) y d) con el nuevo valor de t ;
- 15 - controlar (494) el medio de control, para una inyección en la fecha $start_p + \Delta_{1,g(p)}$ de cada carga perturbadora controlada p frente al pasillo $a_{g(p)}$.

6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la fecha t_0 se calcula con la siguiente fórmula:

$$t_0 = \max_{u=a_i(j) \in L'} \{\Delta_i + 1 - \sigma(u)\},$$

con:

- 25 - $u = a_i(j) \in L'$, una carga útil de un conjunto L' que comprende cargas útiles colocadas en la primera posición de los pasillos situados, siguiendo la dirección de desplazamiento del colector, desde el pasillo a_n al pasillo a_1 que contiene la primera carga útil σ_1 de la secuencia de salida σ .

- 30 7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que se ejecuta de manera iterativa, efectuándose cada nueva ejecución en un nuevo tiempo T_b calculado con la siguiente fórmula: $T_b = T(u_{last}) - \Delta_1 + \Delta_{last}$, con $u_{last} = a_{ilast}(j^{last})$ una última carga útil, que proviene de la $(j^{last})^{ésima}$ posición del pasillo a_{ilast} , de la secuencia de salida σ de una ejecución anterior en un instante T_b anterior.

- 35 8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que se ejecuta de manera iterativa, efectuándose cada nueva ejecución en un nuevo instante T_b definido como un instante en el que no hay carga de la secuencia de salida σ de una ejecución anterior en un instante T_b anterior no se encuentra en una porción del colector que va desde el primer pasillo a_1 en el pasillo a_n que contiene la primera carga de la secuencia de salida σ de la nueva ejecución en el nuevo instante T_b .

- 40 9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que se ejecuta de manera iterativa, efectuándose cada nueva ejecución en un nuevo tiempo T_b calculado con la siguiente fórmula: $T_b = \text{Max}(T_b + 1, T(u_{last}) - \Delta_1 + \Delta_{last})$, con:

- 45 - $u_{last} = a_{ilast}(j^{last})$ una última carga útil, que proviene de la $(j^{last})^{ésima}$ posición del pasillo a_{ilast} , de la secuencia de salida σ de una ejecución anterior en un instante T_b anterior, y
- $(T_b + 1)$ obtenido por un incremento de una unidad del instante T_b anterior.

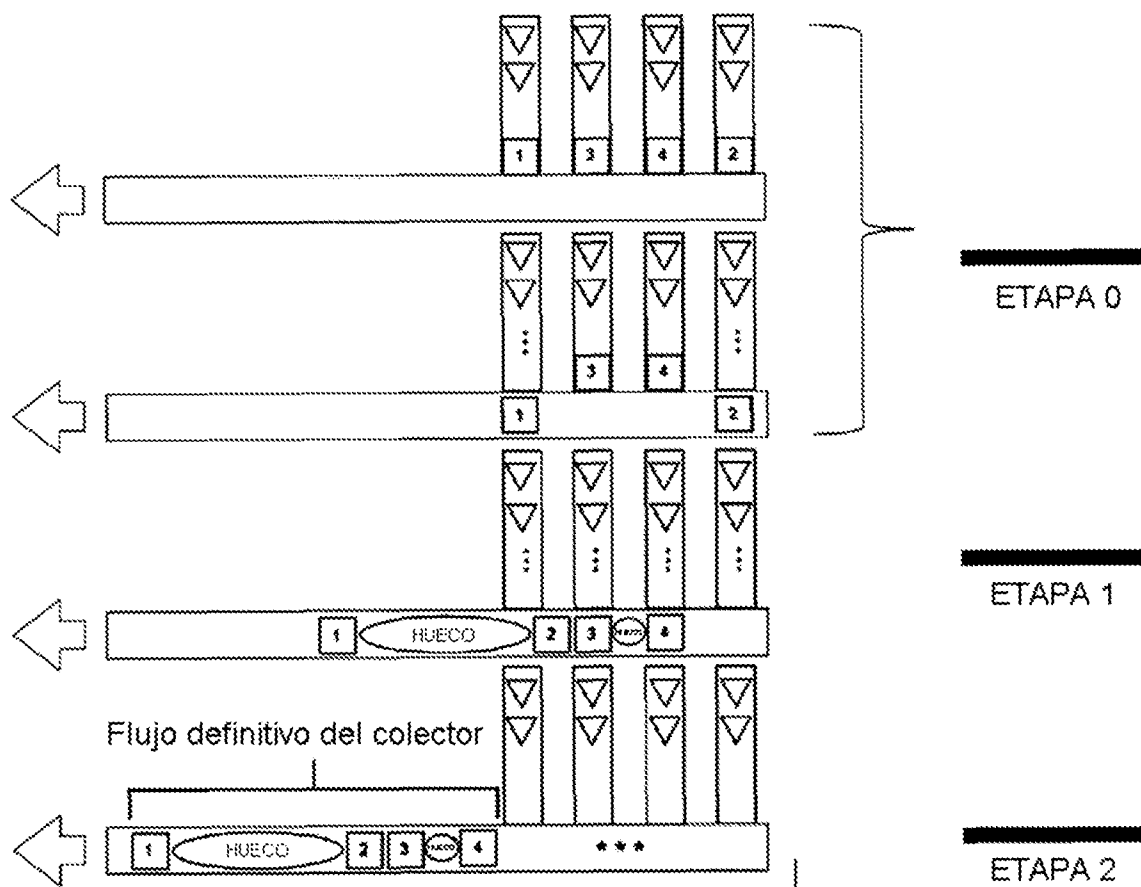


Fig. 1

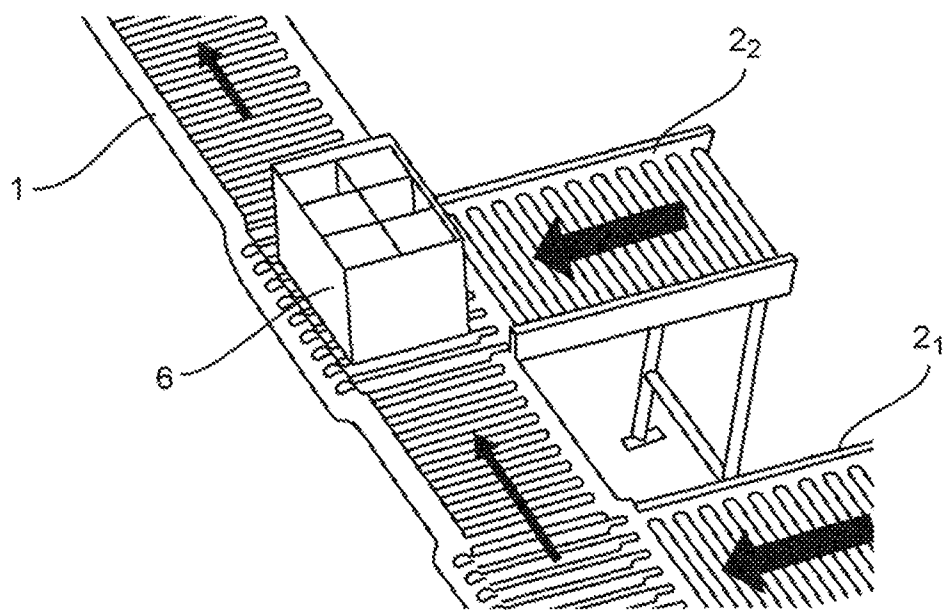


Fig. 2

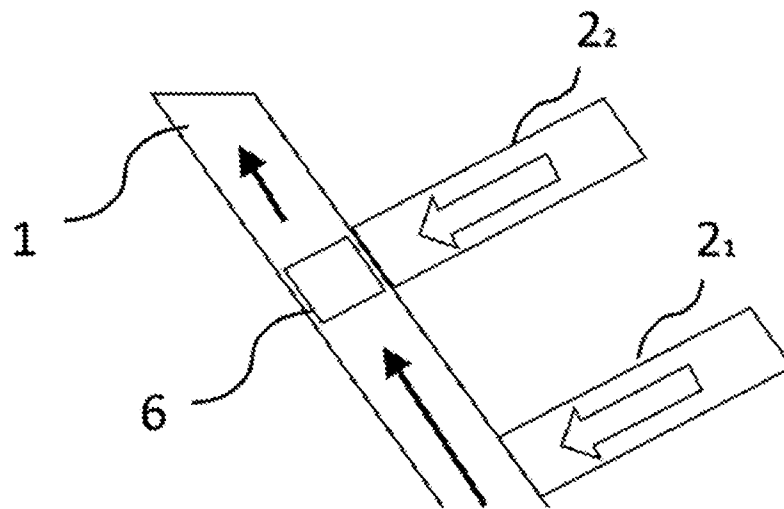


Fig. 3

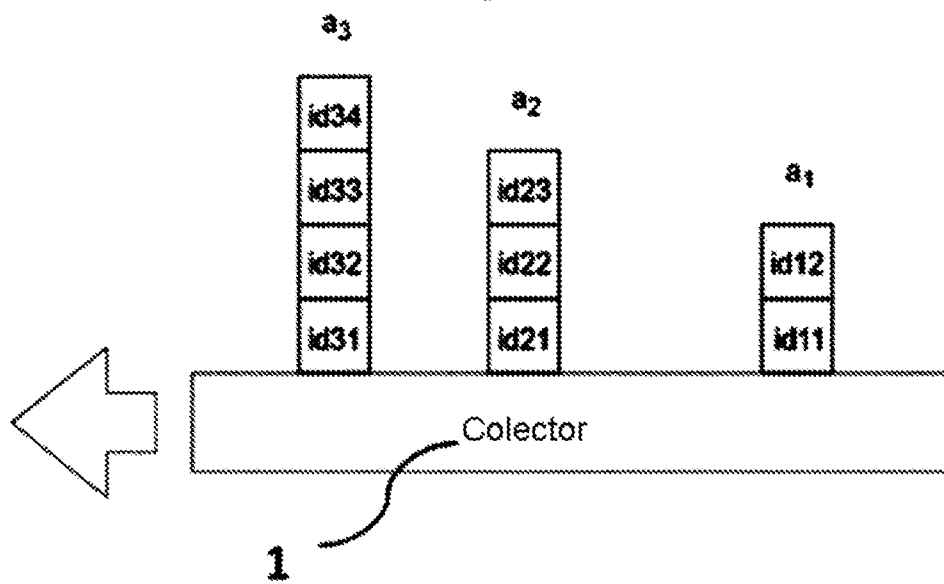


Fig. 4

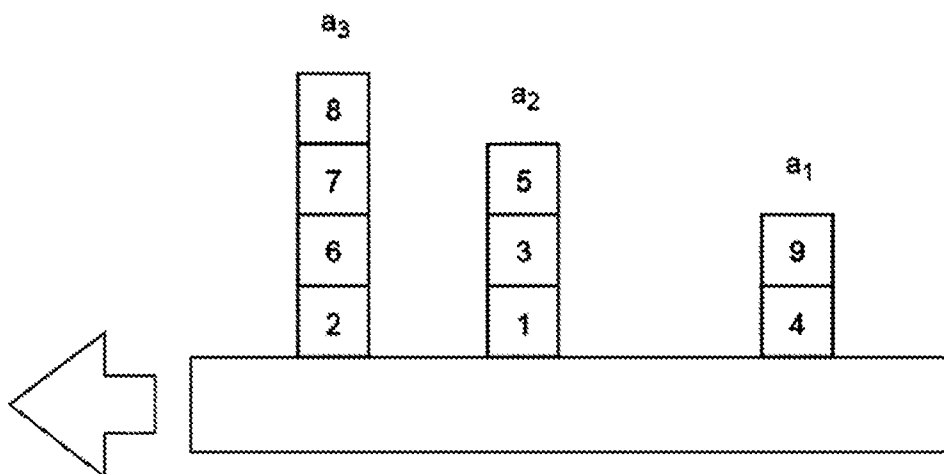


Fig. 5

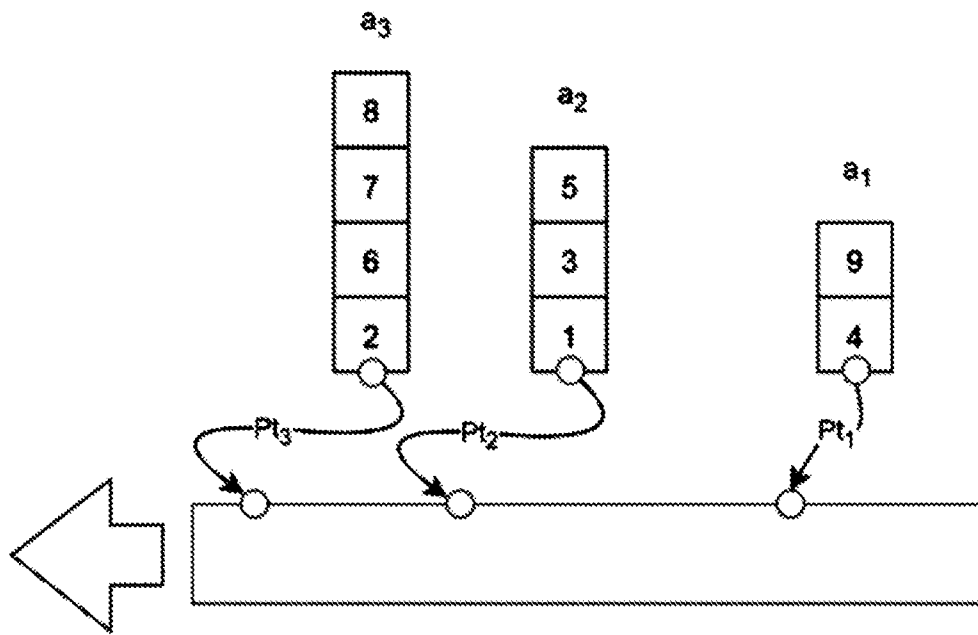


Fig. 6

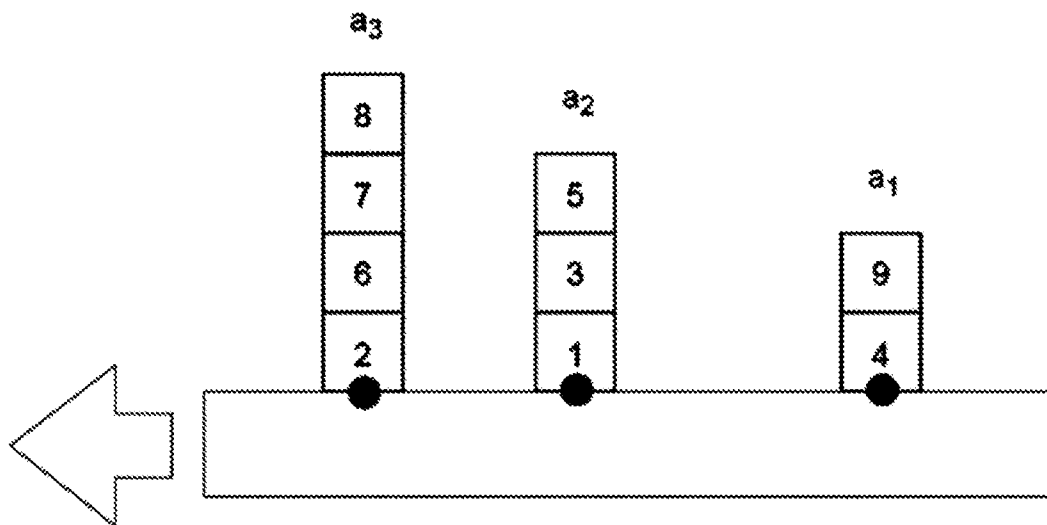


Fig. 7

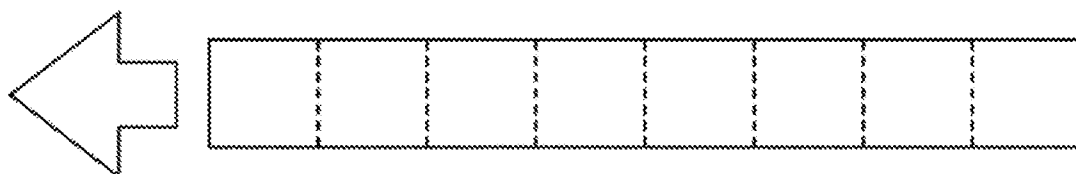


Fig. 8

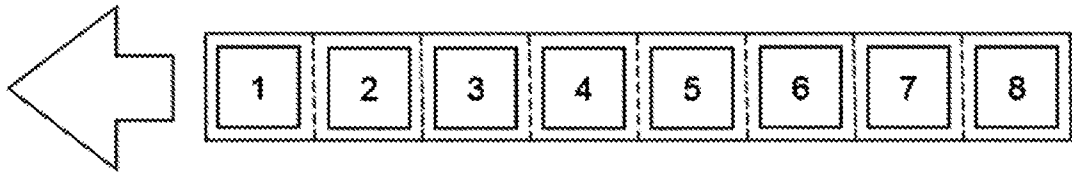


Fig. 9

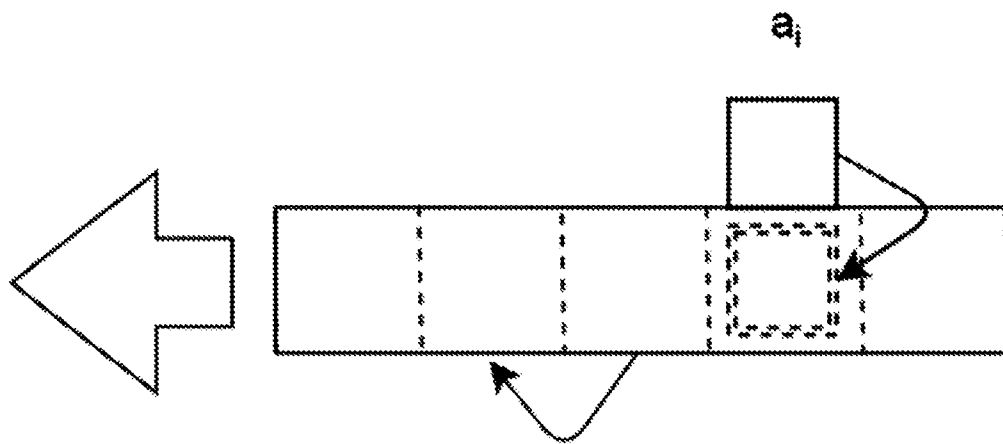


Fig. 10

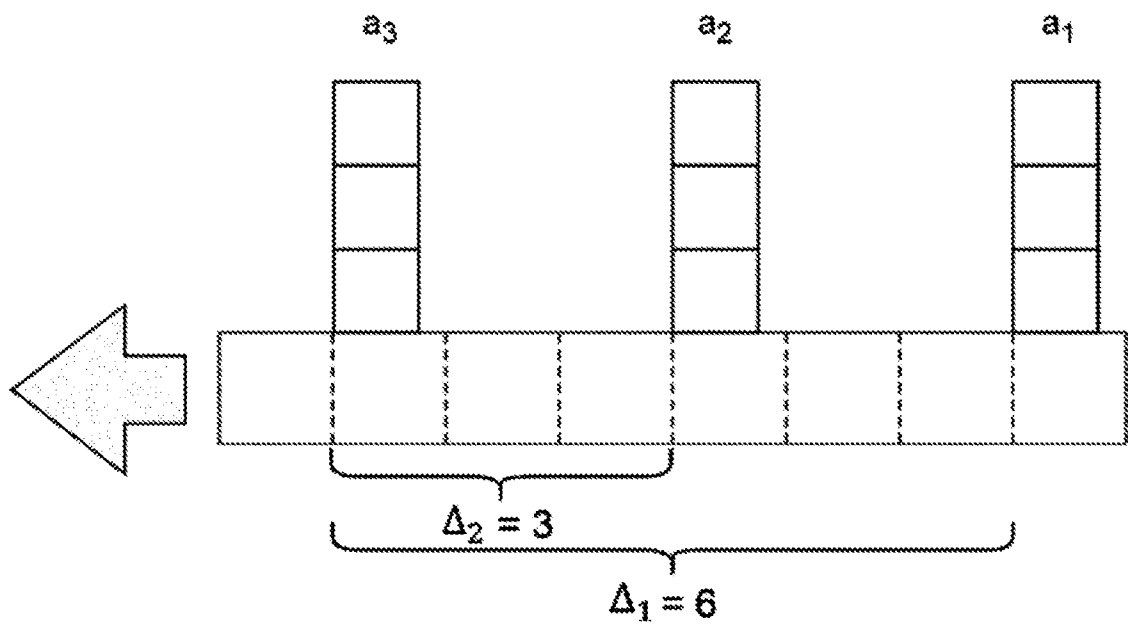


Fig. 11

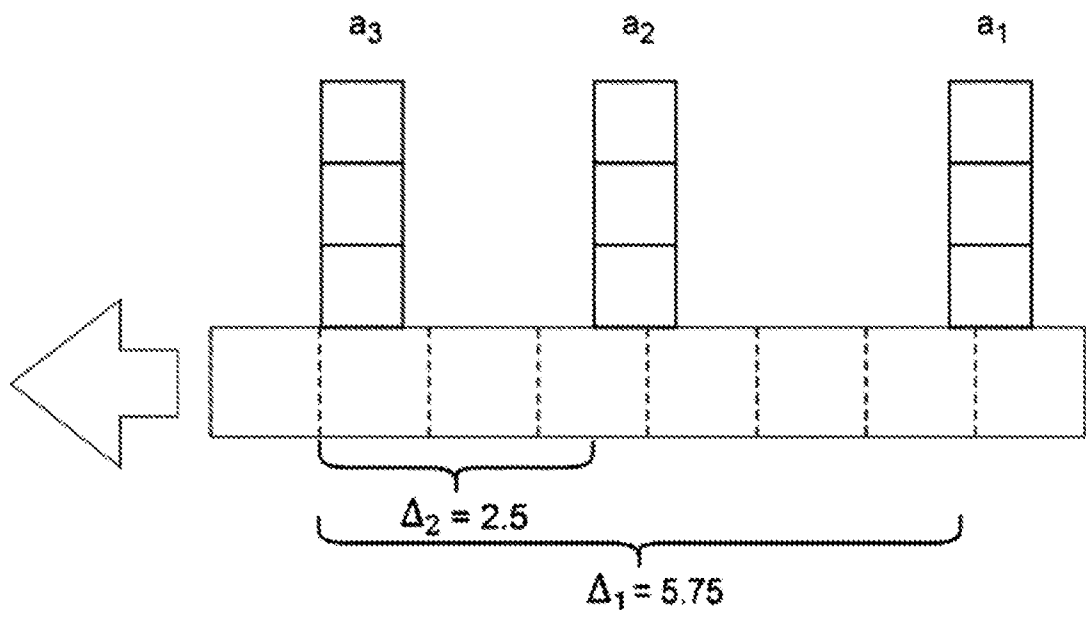


Fig. 12

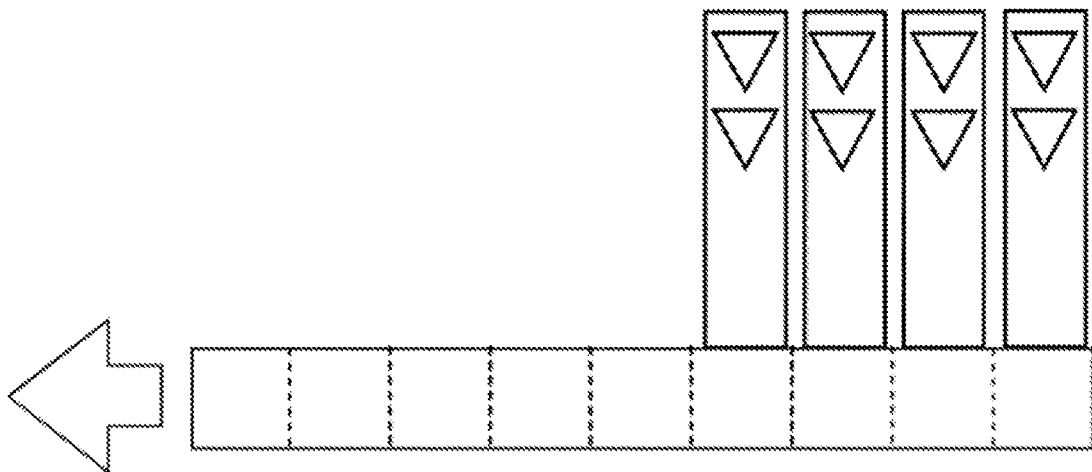


Fig. 13

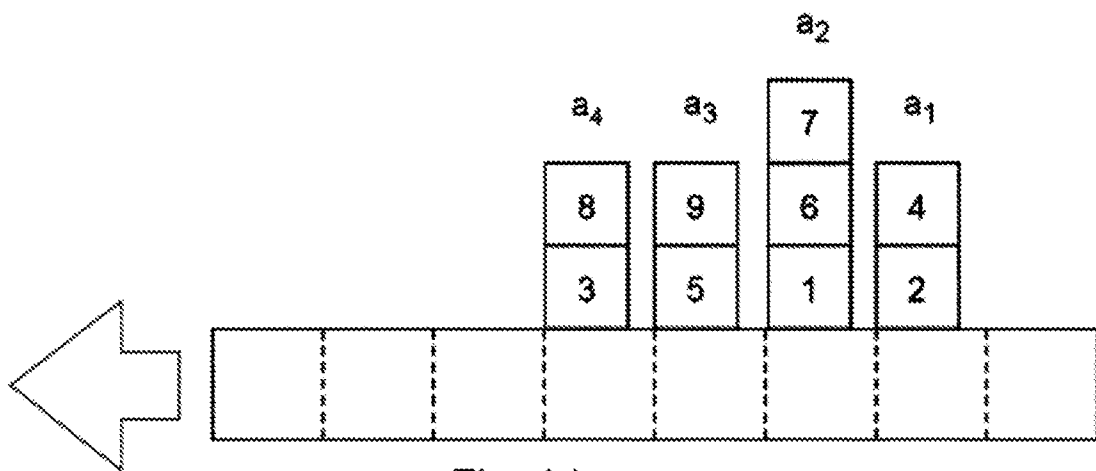
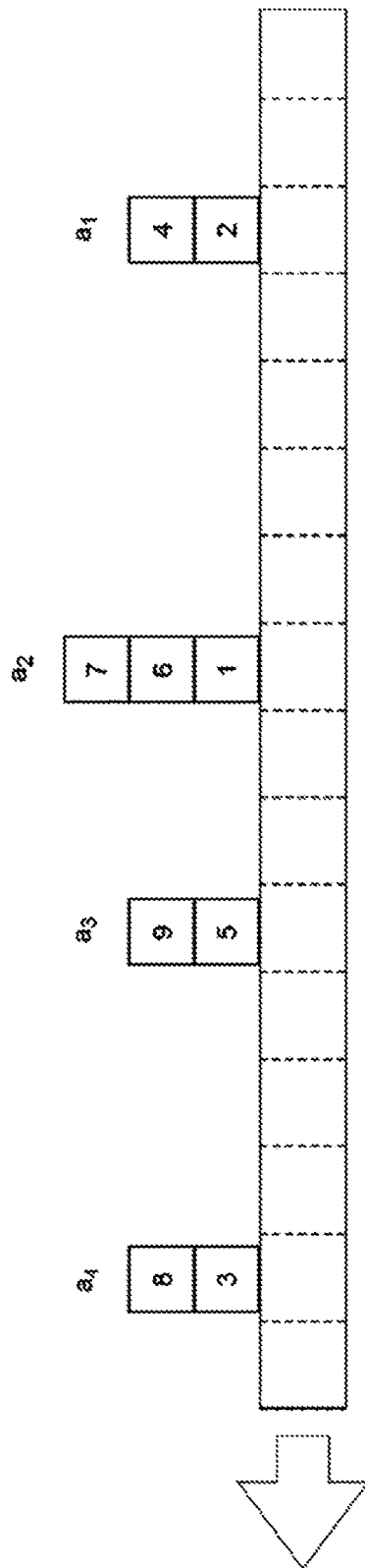


Fig. 14



1973

[illegible]

Fig. 17

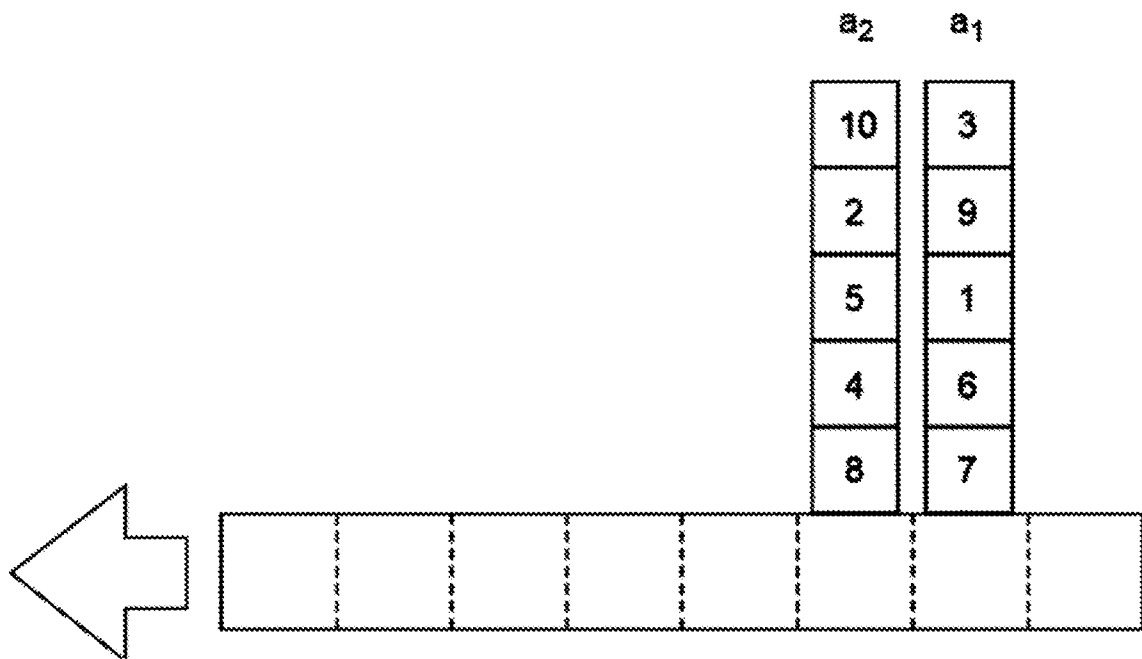


Fig. 19

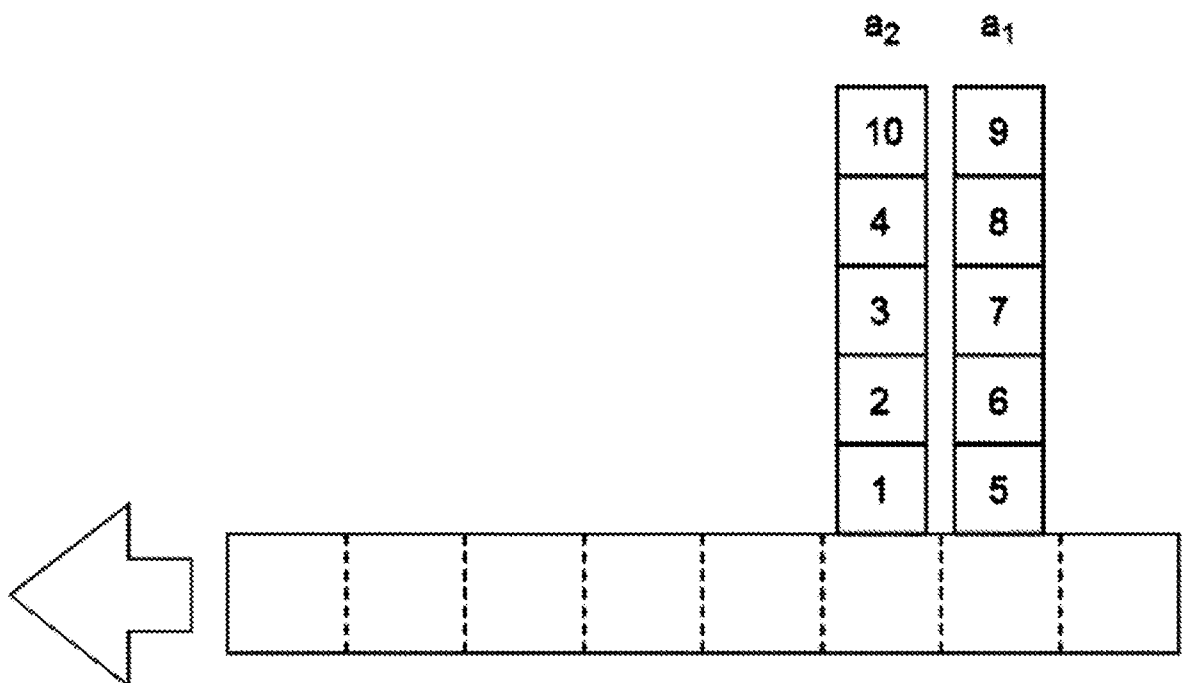


Fig. 20

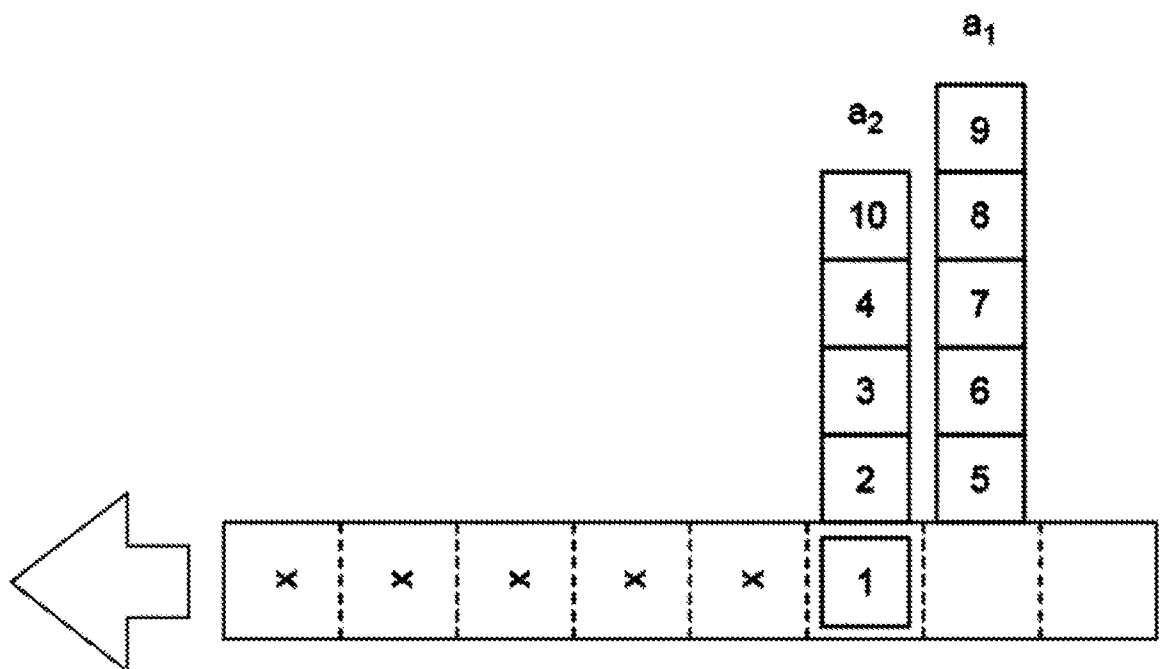


Fig. 21

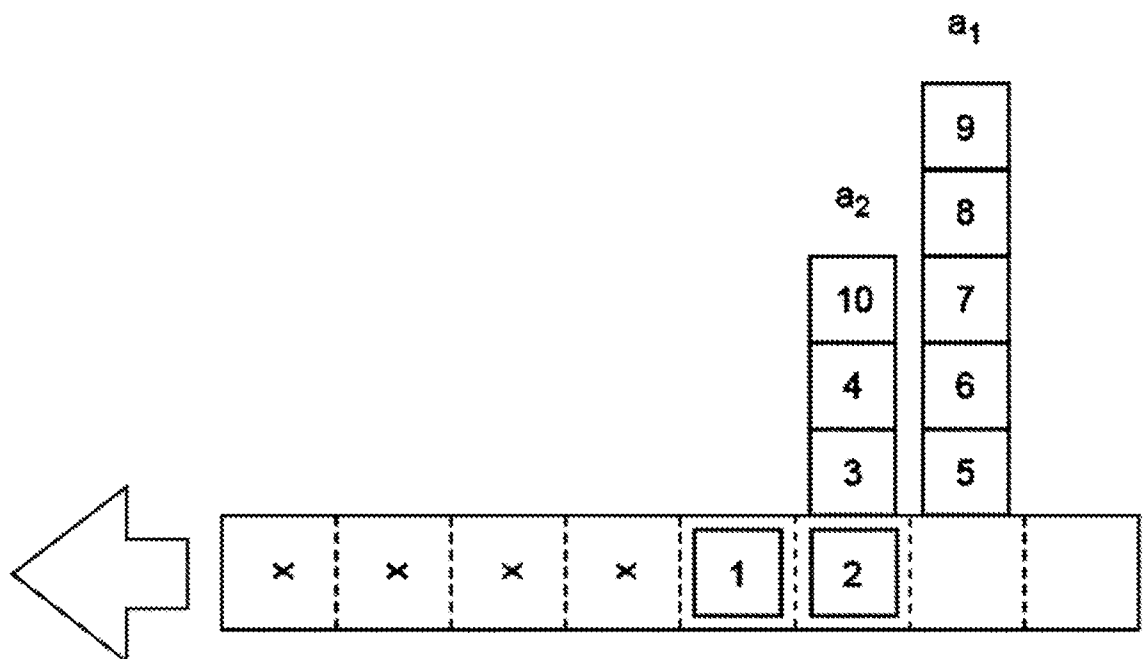


Fig. 22

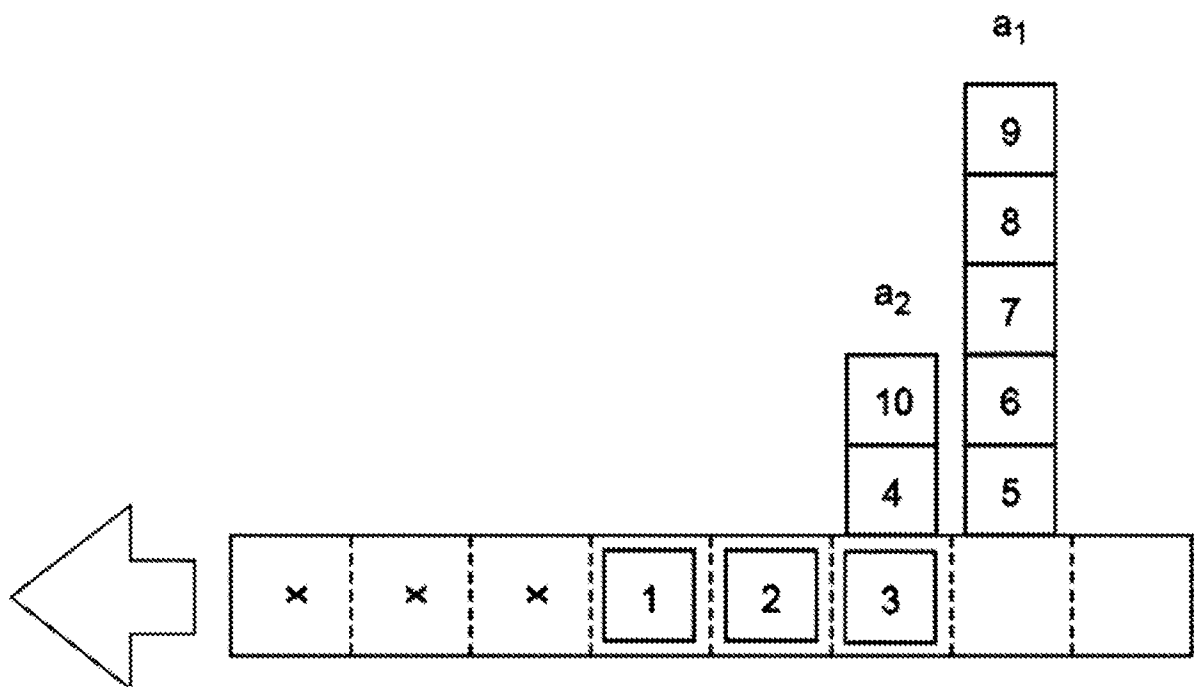


Fig. 23

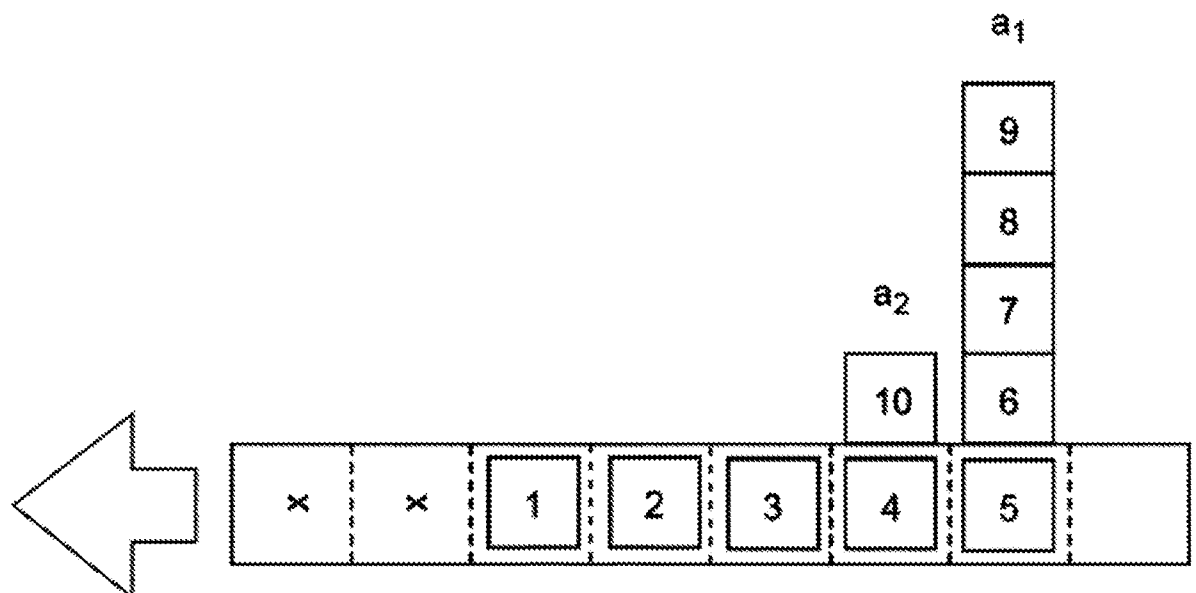


Fig. 24

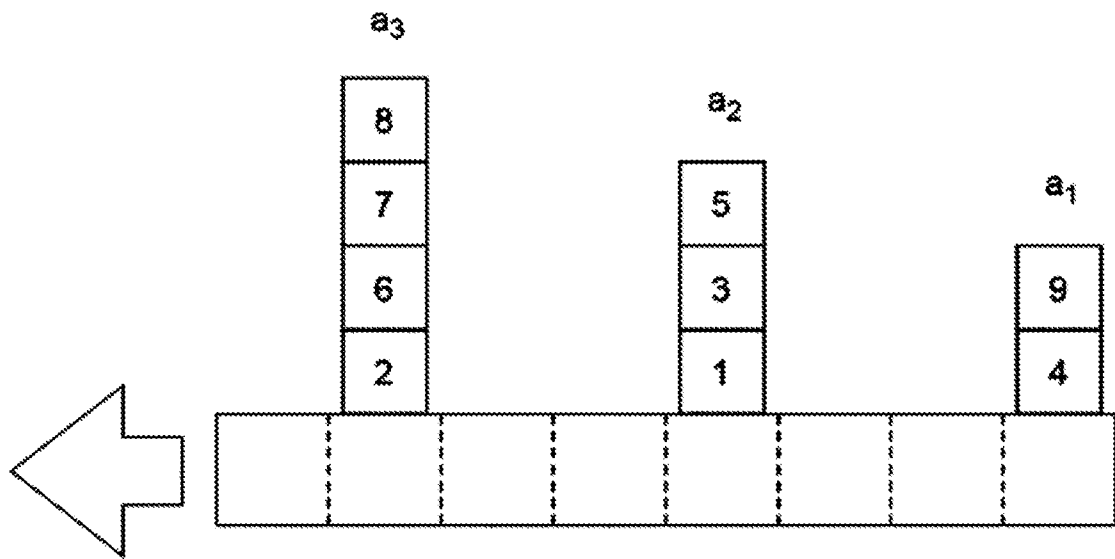


Fig. 25

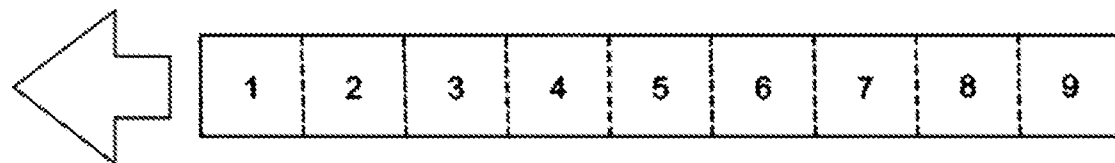


Fig. 26

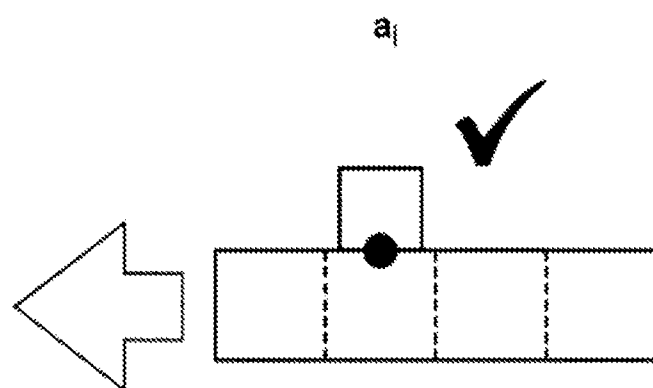


Fig. 27

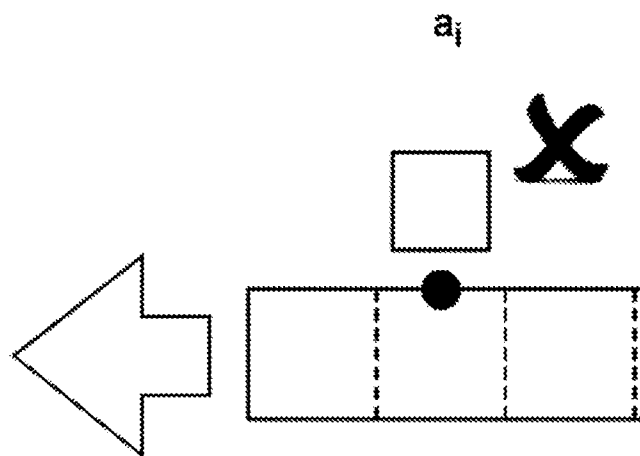


Fig. 28

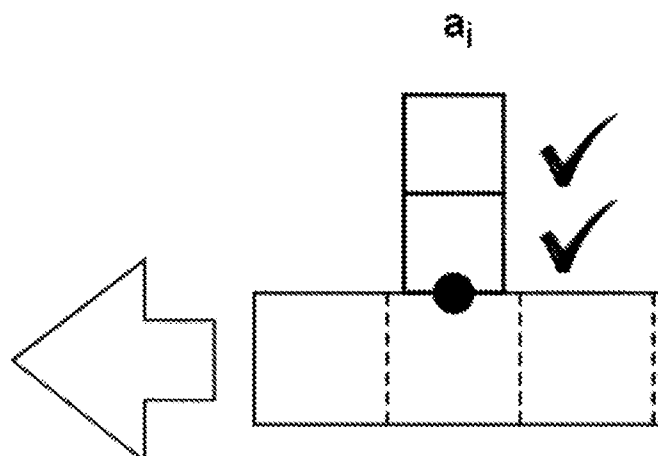


Fig. 29

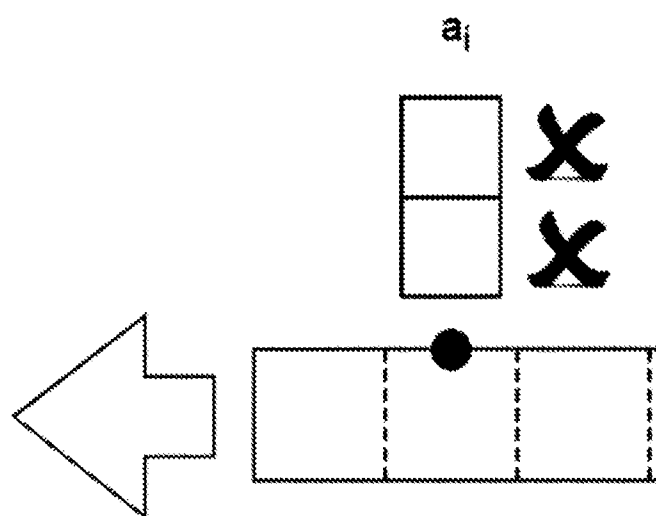
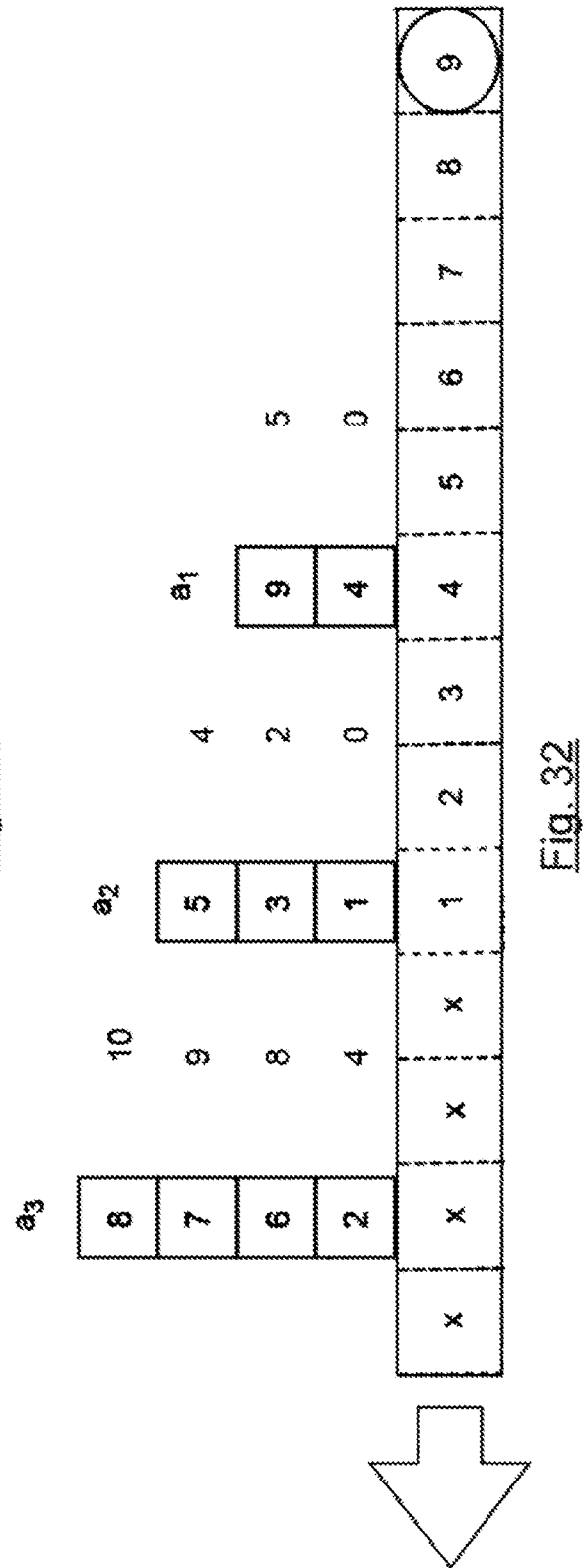
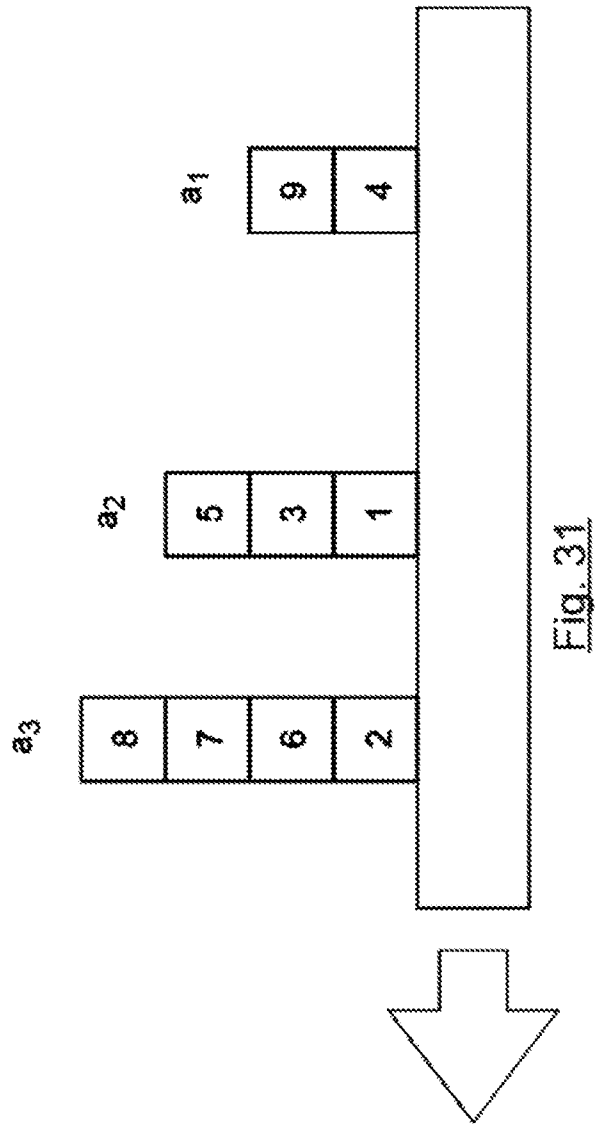


Fig. 30



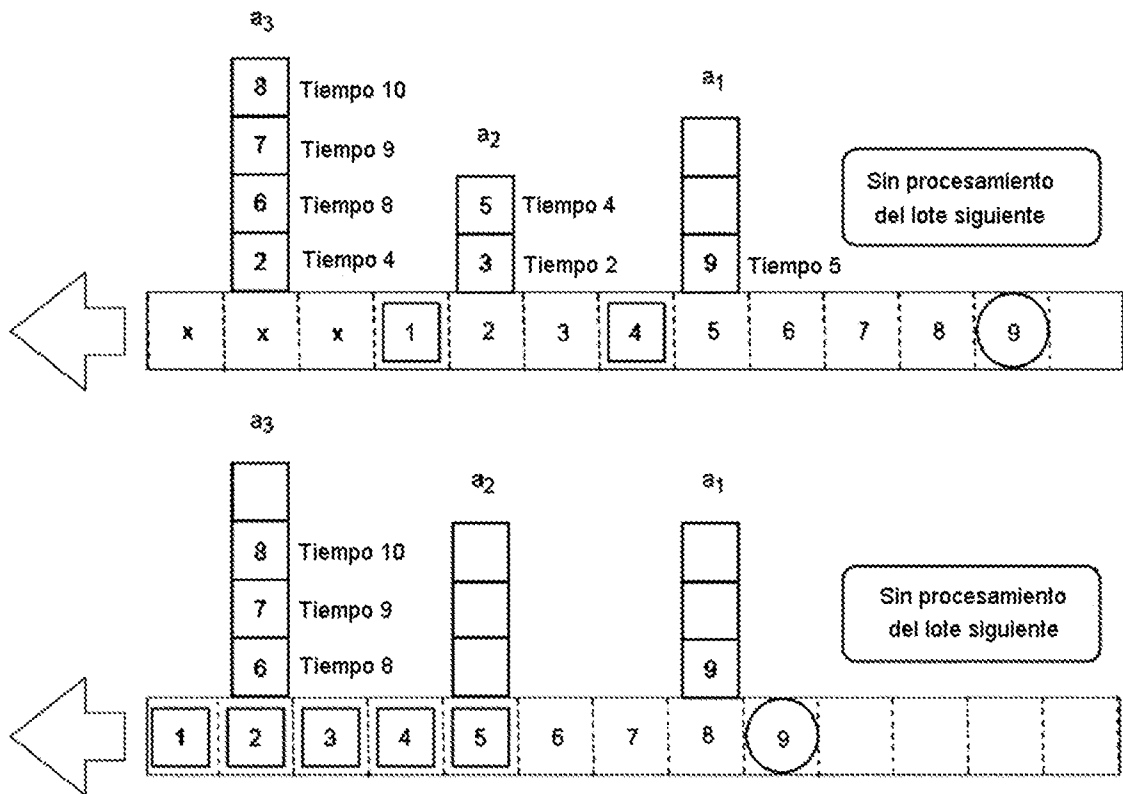


Fig. 33

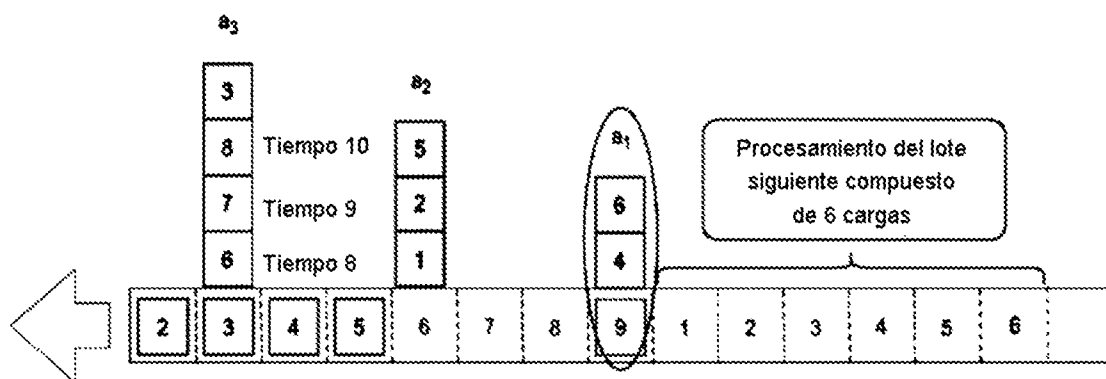


Fig. 34

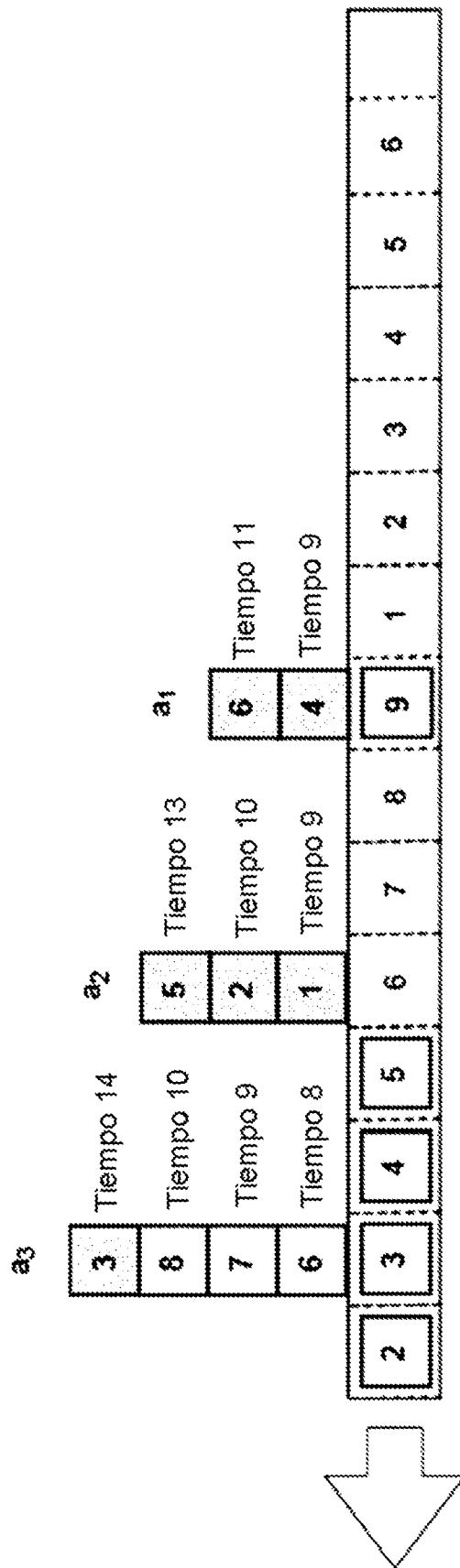


Fig. 35

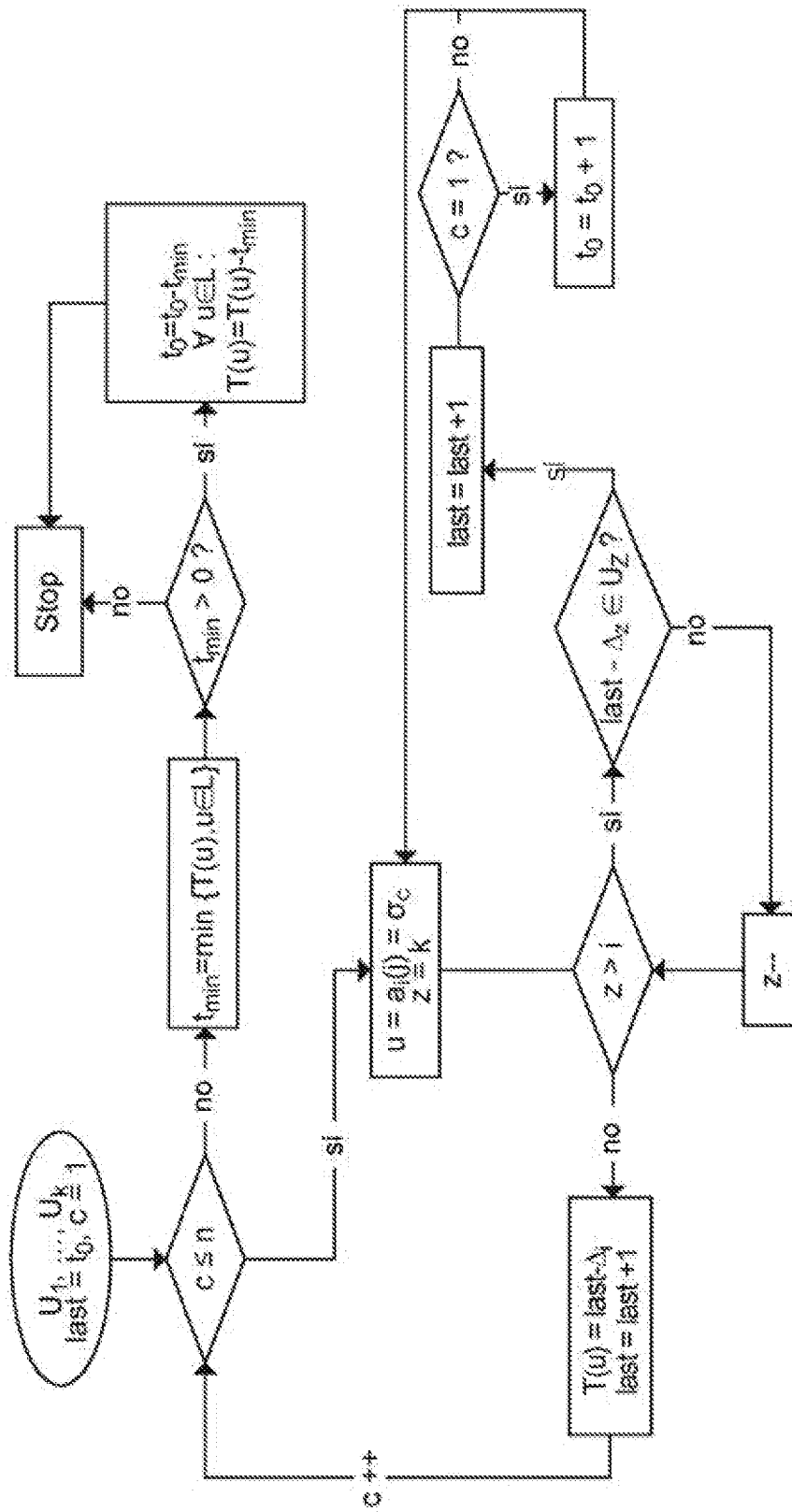


Fig. 36

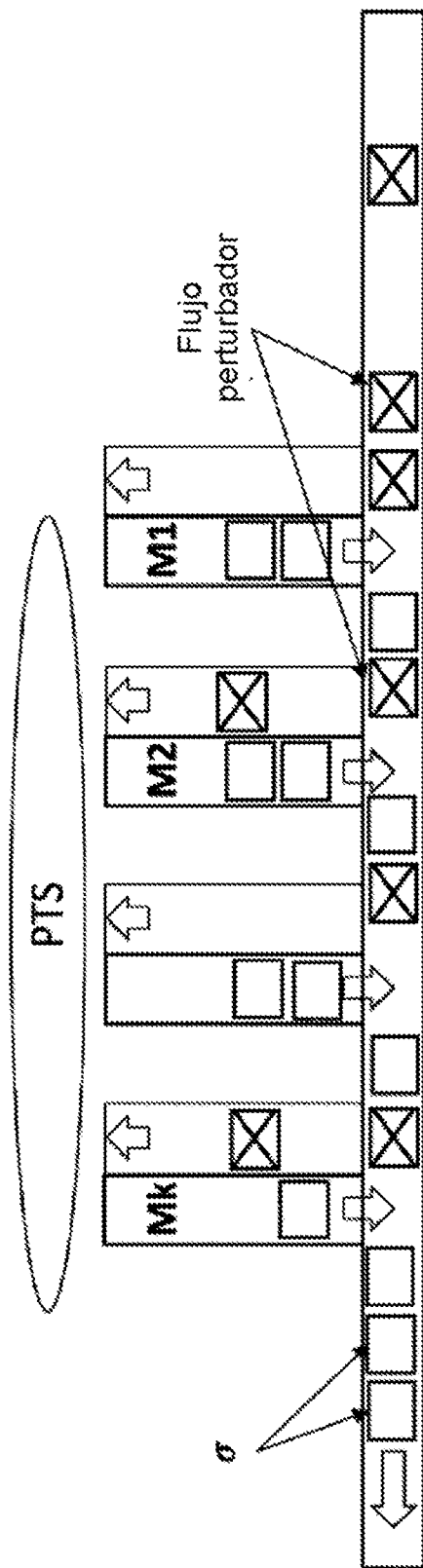


Fig. 37

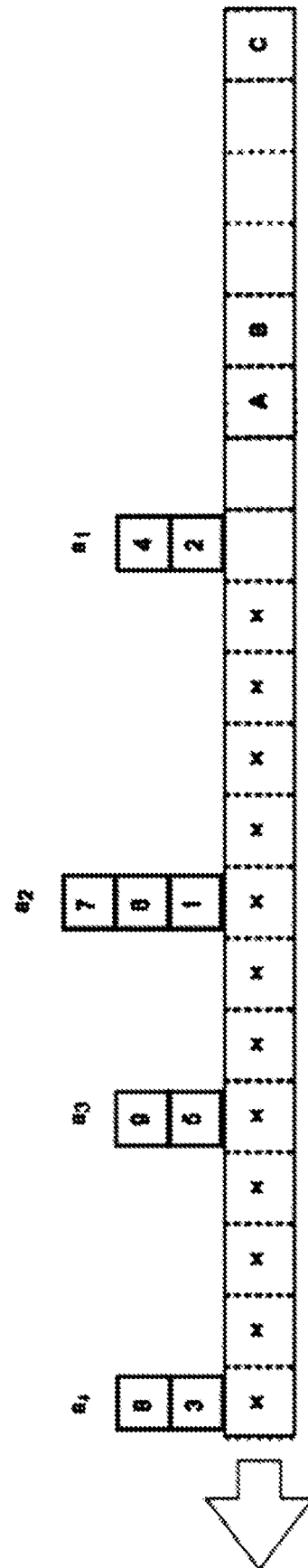


Fig. 38

Tiempo	t_0	5	t_0
M1	2	A B 4	C
		2 A B 4	C
		2 A B 4	C
		2 A B 4	C
M2		1 2 A B 4	6 C 7
		1 2 A B 4	6 C 7
		1 2 A B 4	6 C 7
M3		1 2 A B 4	6 C 7
		1 2 A B 4	6 C 7
		1 2 A B 4	6 C 7
M4		1 2 A B 4	6 C 7

Secuencia final deseada σ con dos huecos

LE 39

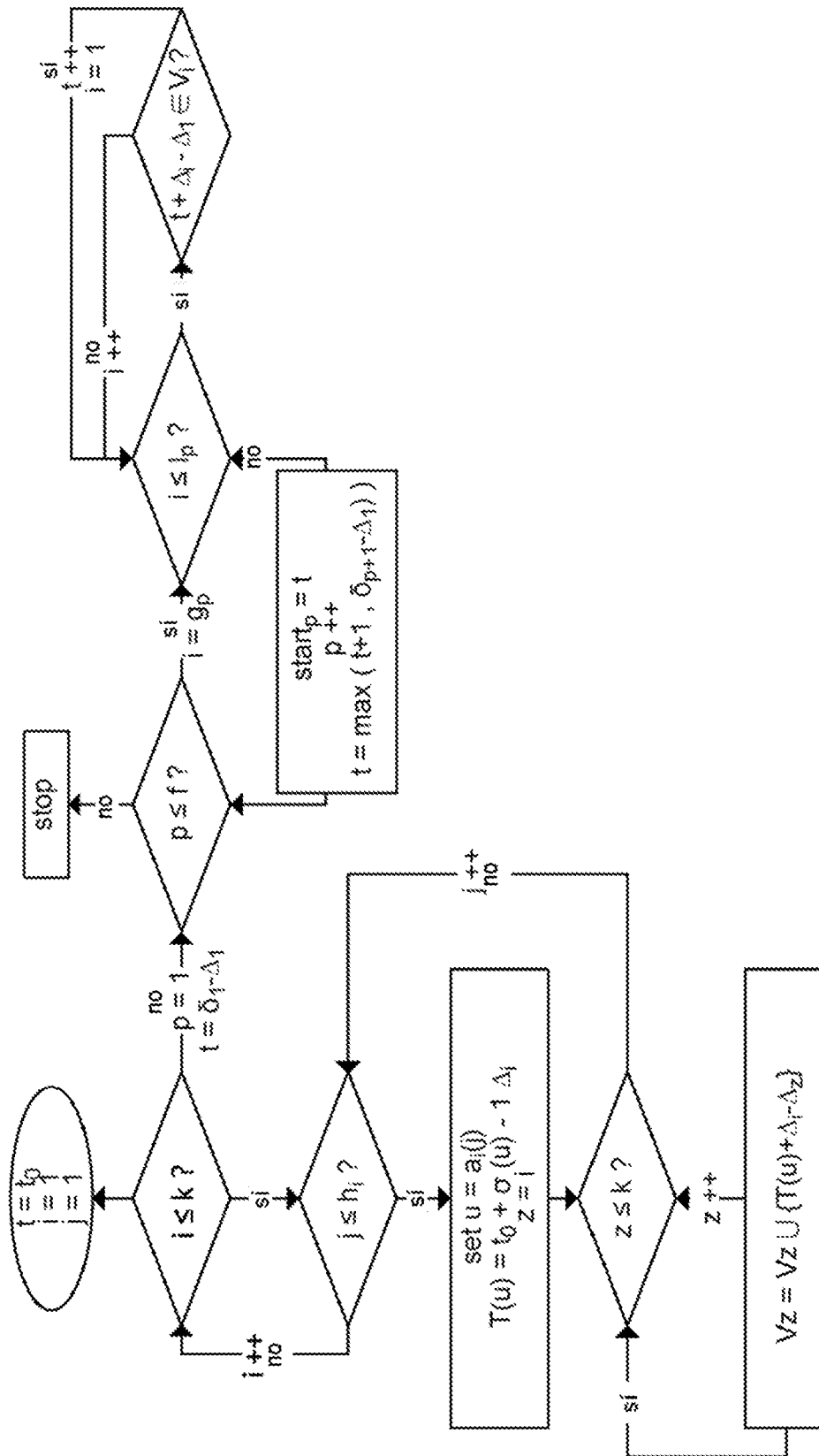


Fig. 40

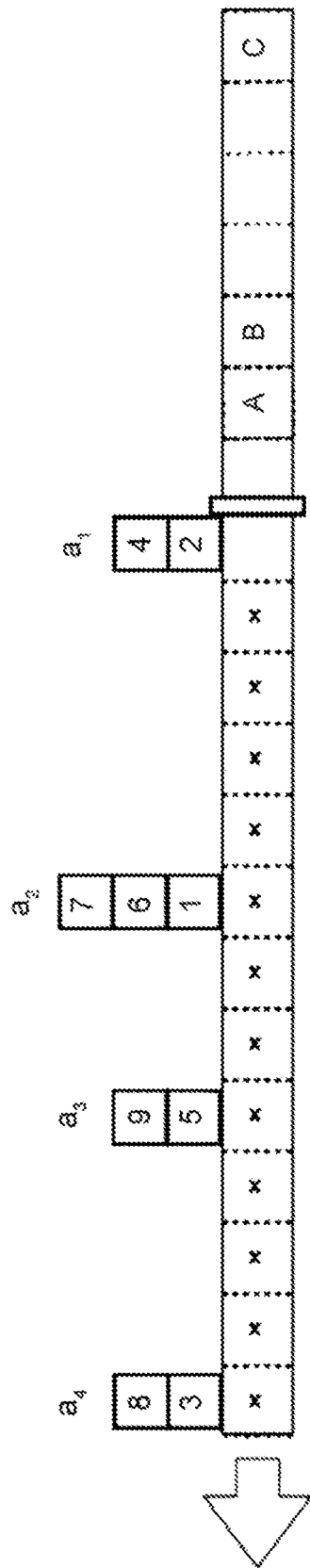


Fig. 41

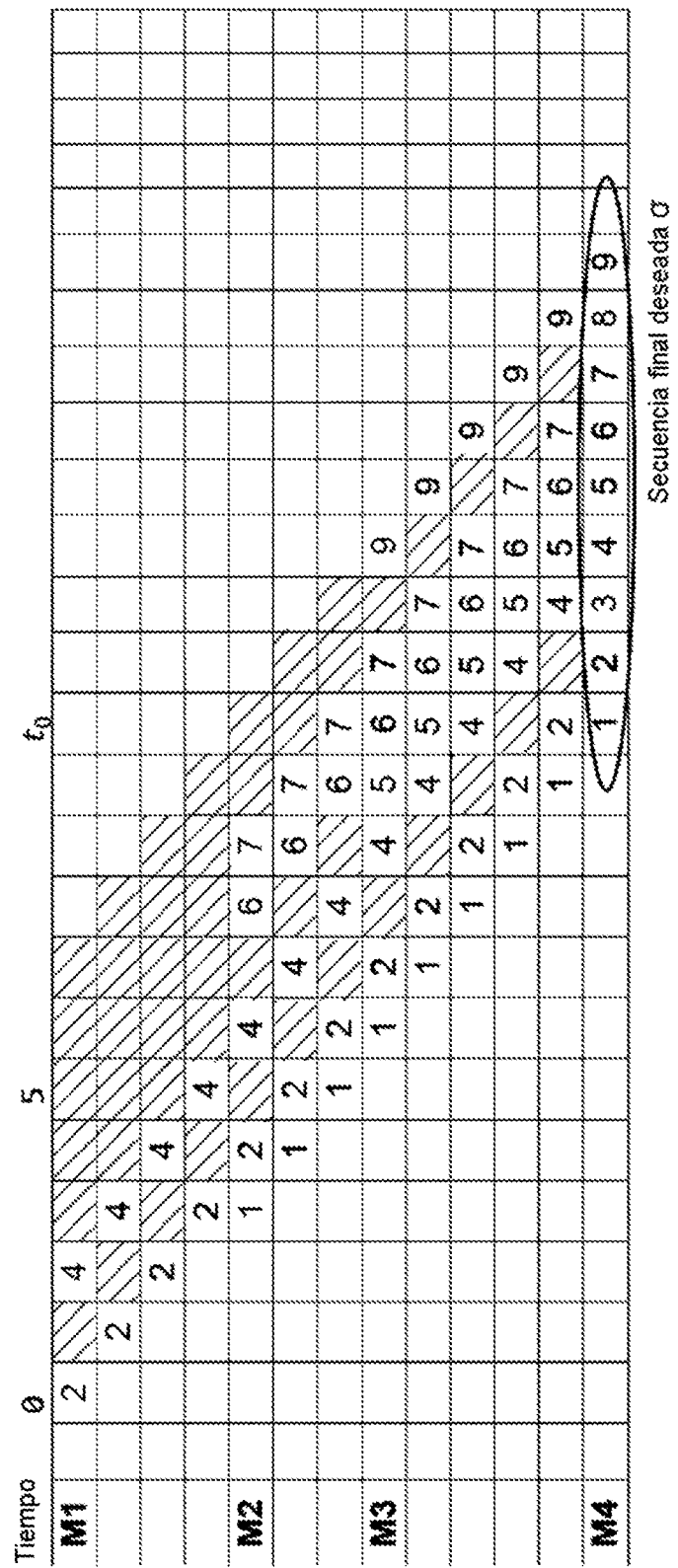


Fig. 42

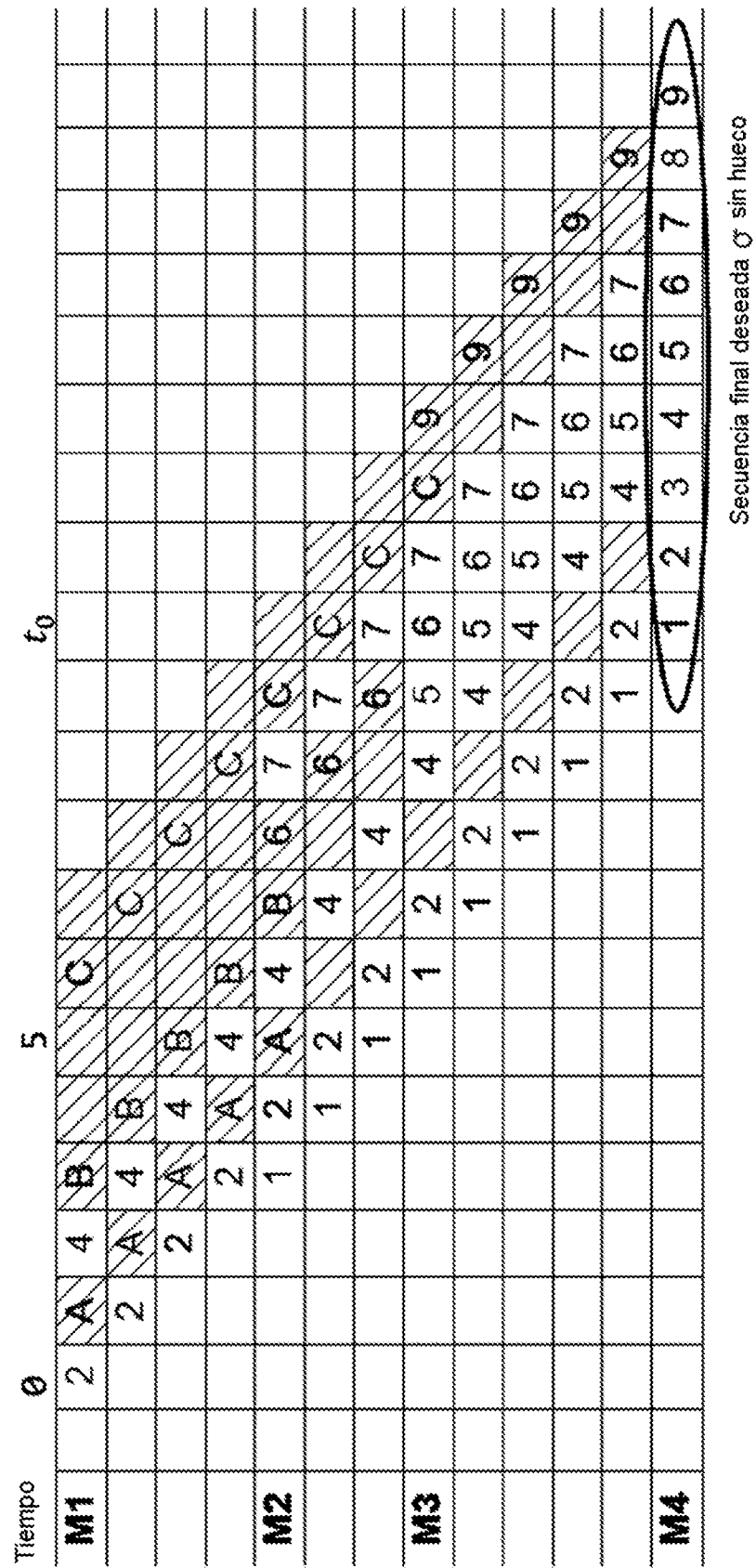


Fig. 43

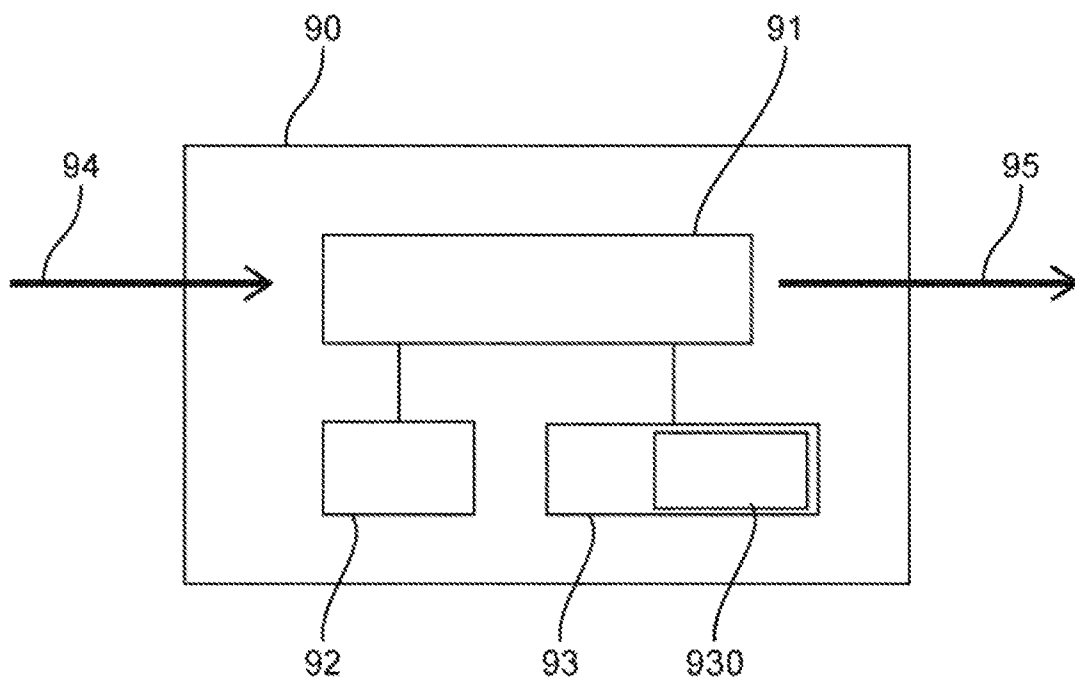


Fig. 44

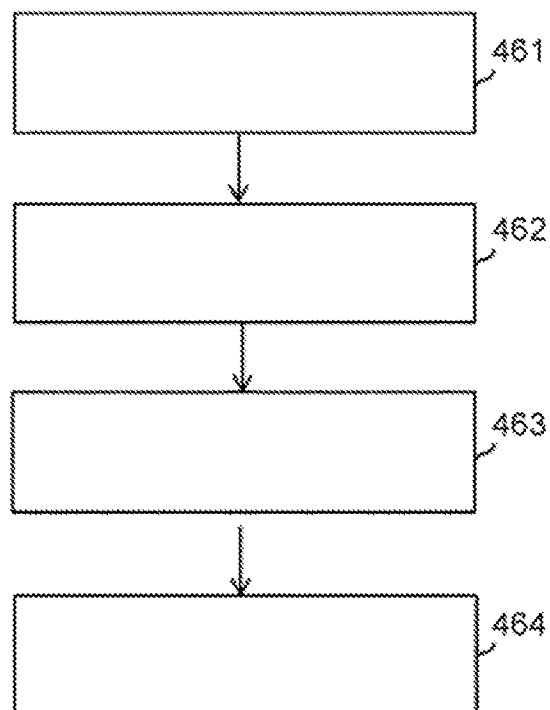


Fig. 46

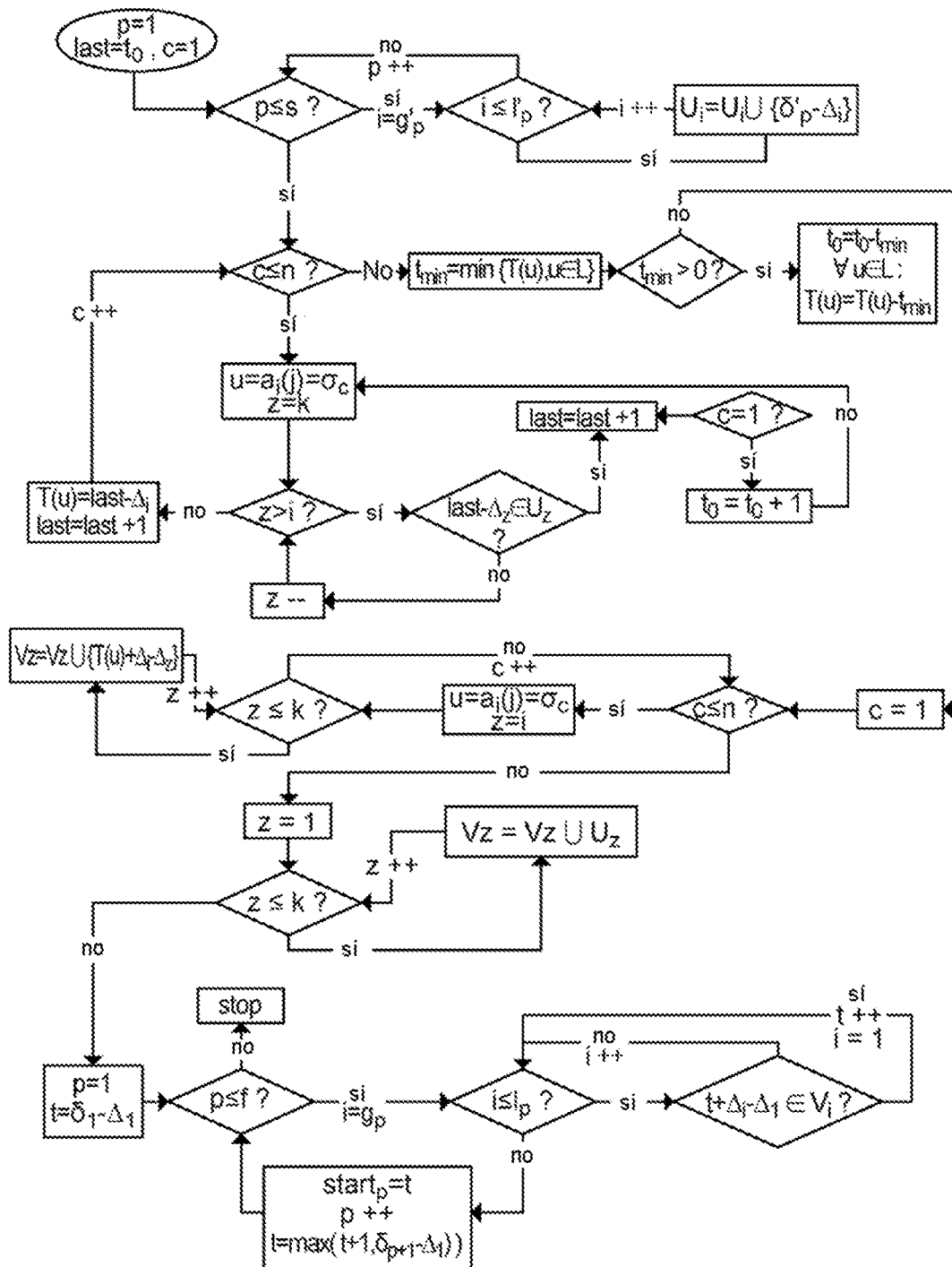


Fig. 45

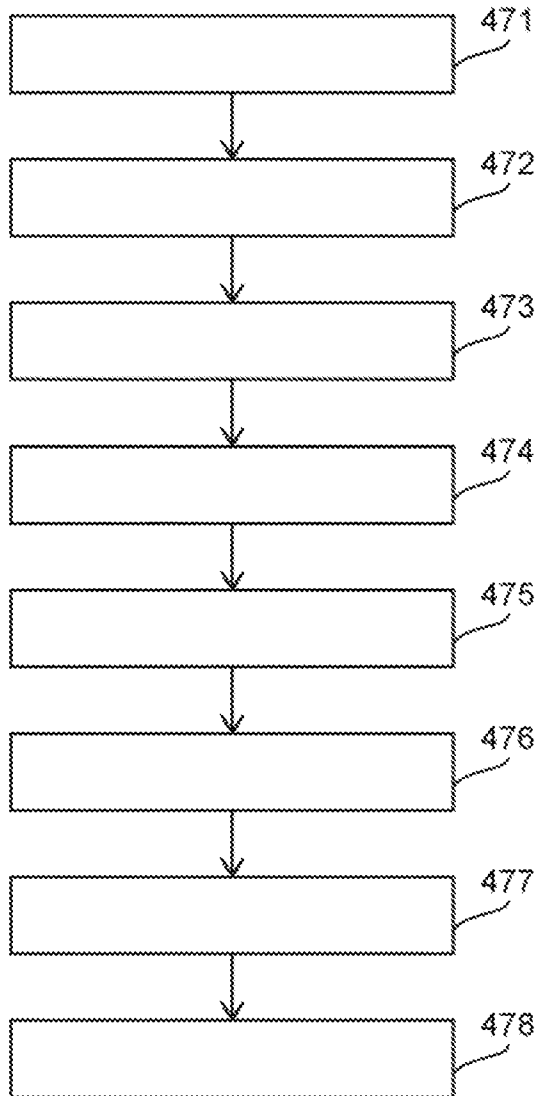


Fig. 47

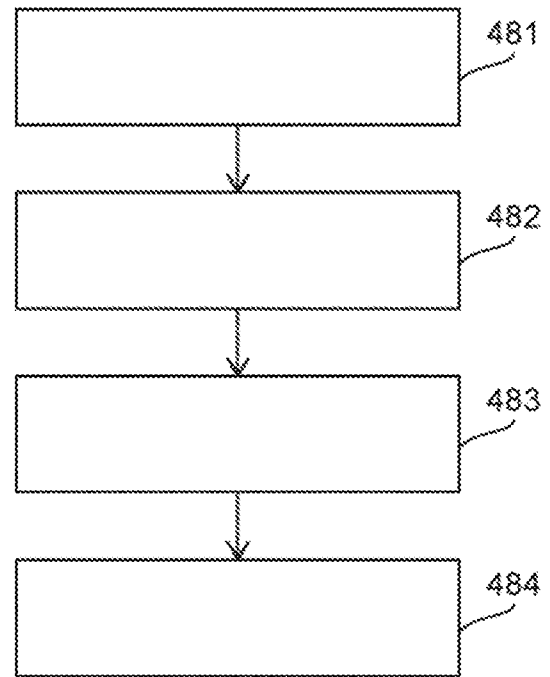


Fig. 48

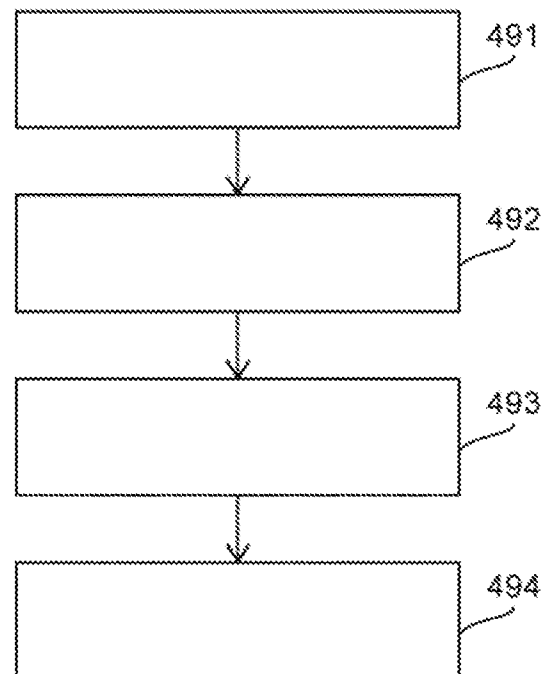


Fig. 49

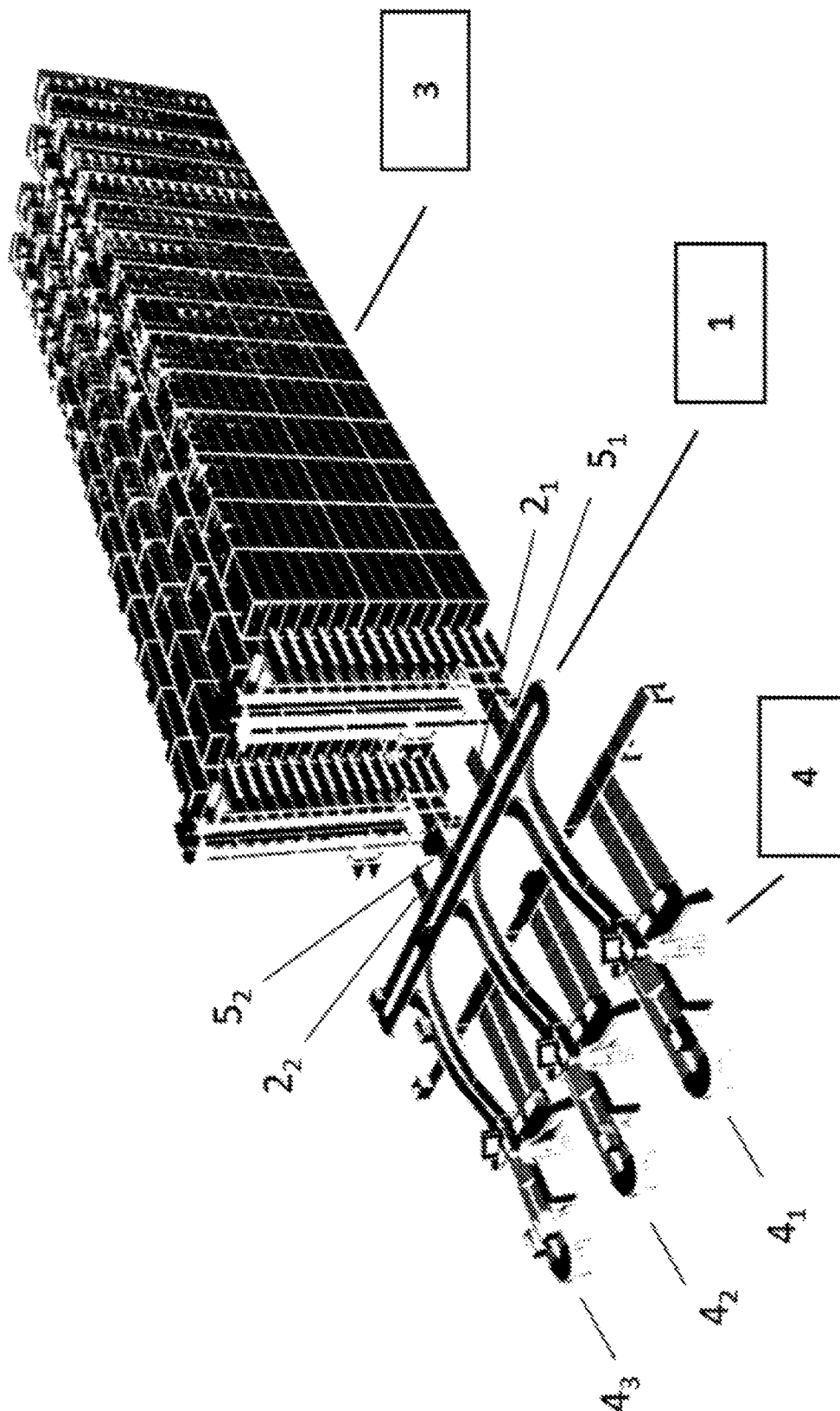


Fig. 50