

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 605 804**

51 Int. Cl.:

<b>B67D 7/64</b>	(2010.01)
<b>F04B 23/04</b>	(2006.01)
<b>B67D 7/08</b>	(2010.01)
<b>F04B 13/02</b>	(2006.01)
<b>F04B 17/04</b>	(2006.01)
<b>F04B 9/113</b>	(2006.01)
<b>F04B 23/00</b>	(2006.01)
<b>F04B 23/06</b>	(2006.01)
<b>F04B 49/06</b>	(2006.01)
<b>F04B 49/12</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.08.2011 PCT/US2011/001460**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **23.02.2012 WO12023987**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.08.2011 E 11818484 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.10.2016 EP 2606000**

54 Título: **Procedimiento para sincronizar un sistema de bombas lineales**

30 Prioridad:

**20.08.2010 US 375265 P**

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

**16.03.2017**

73 Titular/es:

**GRACO MINNESOTA INC. (100.0%)  
88 11th Avenue N.E.  
Minneapolis, MN 55413, US**

72 Inventor/es:

**BLACKSON, CHRISTOPHER R.**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

**ES 2 605 804 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 sincronizar un sistema de bombas lineales.

Antecedentes

5 La presente invención se refiere, en general, a sistemas de control de bombas. Más en particular, la presente invención se refiere a sincronizar pistones de sistemas de bombas lineales.

10 Las bombas lineales, por ejemplo, según se describe en el documento de patente estadounidense 4.494.676, incluyen un pistón que oscila en una carcasa para empujar fluido a través de la carcasa. Las bombas lineales convencionales introducen fluido en la carcasa en una carrera de retroceso y sacan el fluido de la carcasa en una carrera de avance. Se usan válvulas para evitar reflujo a través de la bomba. Las bombas también se pueden configurar para introducir fluido y bombear fluido en laterales opuestos del pistón durante cada una de la carrera de retroceso y la carrera de avance a fin de proporcionar un flujo continuo de fluido desde la bomba. Además, los sistemas de bombas lineales normales utilizan dos bombas lineales de igual construcción. Por ejemplo, un material resinoso y un material catalizador se bombean simultáneamente a un cabezal de mezcla de una unidad de dosificación. Dichos sistemas requieren un flujo medido con precisión de manera que siempre se obtenga la mezcla adecuada de resina y catalizador. La mezcla de los dos materiales produce una reacción química que inicia un proceso de solidificación que tiene como resultado un material endurecido tras el curado completo. La resina y el catalizador no siempre se dosifican en una relación de 1:1 de manera que las velocidades de las bombas sean iguales, suponiendo que las bombas sean mecánicamente idénticas. Por ejemplo, normalmente, se usa una relación de dosificación de 2:1 cuando una primera bomba hace funcionar el pistón a velocidades el doble de rápidas que una segunda bomba.

15 Es aconsejable que las bombas mantengan la sincronización de manera que se mantenga la relación de mezcla. Para ello, es necesario que las bombas inviertan la dirección a la vez mientras mantienen la misma relación de velocidad, lo que tiene como resultado que un pistón use una longitud de carrera más larga que el otro. La sincronización de las bombas varía durante el funcionamiento normal del sistema de bombas lineales por varios motivos. Por ejemplo, es necesario ajustar ligeramente las velocidades de las bombas entre carreras de avance y carreras de retroceso debido a pequeñas diferencias entre las superficies efectivas de los pistones en cada dirección. Cuando los pistones no están sincronizados adecuadamente, excesivas inversiones de los pistón degradan la calidad de los componentes y aumentan el desgaste de la bomba. Por lo tanto, existe la necesidad de mantener la sincronización entre bombas de sistemas de bombas lineales.

20 **RESUMEN**

La presente invención está dirigida a procedimientos para sincronizar pistones dentro de bombas lineales de un sistema de relación de dosificación variable. Los procedimientos comprenden accionar un primer y un segundo pistón, invertir la dirección del primer y del segundo pistón e invertir la dirección de uno del primer y el segundo pistón. El primer y el segundo pistón se hacen funcionar dentro de un primer y un segundo cilindro de manera que el primer pistón se mueva a una velocidad más lenta que el segundo pistón para producir una relación de dosificación variable. El primer y el segundo pistón se controlan para invertir las direcciones cada vez que un pistón llega a un extremo de su respectivo cilindro para producir bombeo. Uno del primer y el segundo pistón invierte la dirección, antes de que cualquier pistón llegue a un extremo de su respectivo cilindro, para ajustar el sincronismo de los dos pistones.

35 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

Las figuras 1A y 1B muestran un sistema de bombas de dos componentes, que tiene una unidad de bombeo, recipientes de material componente y una unidad de dosificación.

La figura 2 muestra un esquema del sistema de bombas de dos componentes de las figuras 1A y 1B que tiene bombas de componentes lineales controlados individualmente.

45 La figura 3 muestra posiciones de arranque correspondientes a pistones de dos bombas lineales cuando los pistones se mueven en la misma dirección dentro de cilindros de las bombas.

## ES 2 605 804 T3

La figura 4 muestra posiciones de arranque correspondientes a pistones de dos bombas lineales cuando los pistones se mueven en direcciones opuestas en zonas centrales de las bombas.

La figura 5 muestra posiciones de arranque correspondientes a pistones de dos bombas lineales cuando los pistones se mueven en direcciones opuestas en diferentes zonas de las bombas.

- 5 Las figuras 6A a 6C muestran procedimientos de sincronización para el arranque síncrono de bombas que tienen pistones que se mueven en direcciones opuestas en diferentes zonas de las bombas, como se muestra en la figura 5.

Las figuras 7A a 7G muestran procedimientos de sincronización para el ajuste de bombas que se han desviado del funcionamiento síncrono.

- 10 Las Figuras 8A a 8F muestran procedimientos de sincronización para el ajuste de bombas que se han desviado del funcionamiento asíncrono.

Las Figuras 9A a 9F muestran procedimientos para convertir el funcionamiento asíncrono de las bombas en funcionamiento síncrono.

### DESCRIPCIÓN DETALLADA

- 15 Las figuras 1A y 1B muestran un sistema de bombas de dos componentes 10 que tiene una unidad de bombeo 12, recipientes de material componente 14A y 14B y una unidad de dosificación 16. Las figuras 1A y 1B se analizan simultáneamente. La unidad de bombeo 12 comprende generadores de energía hidráulica 18A y 18B, un módulo de visualización 20, un colector de fluido 22, una primera bomba lineal 24A, una segunda bomba línea 24B, depósitos de fluido hidráulico 26A y 26B y una caja de distribución de energía 28. Como se muestra en la figura 2, un motor eléctrico, una válvula de inversión de dos salidas, un motor hidráulico lineal, una bomba de engranajes y un módulo de control de motor (MCM) para cada una de las bombas lineales 24A y 24B están situados dentro de los generadores de energía hidráulica 18A y 18B. La unidad de dosificación 16 incluye un cabezal de dosificación 32 y está conectada a la primera bomba lineal 24A y a la segunda bomba lineal 24B por medio de tubos flexibles 34A y 34B, respectivamente. Tubos flexibles 36A y 36B conectan los recipientes de material 14A y 14B a las bombas lineales 24A y 24B, respectivamente. La presente invención se refiere al control de pistones dentro de cilindros de bombas 24A y 24B para optimizar la carrera de los pistones durante el funcionamiento.

- Los recipientes de material componente 14A y 14B comprenden tolvas de un primer y un segundo material viscoso que, tras mezclarse, forman una estructura endurecida. Por ejemplo, un primer componente que comprende un material resinoso, tal como una resina de poliéster o un éster de vinilo, está almacenado en el recipiente de material componente 14A y un segundo componente que comprende un material catalizador que hace que se endurezca el material resinoso, tal como Peróxido de Metil Etil Cetona (PMEC), está almacenado en el recipiente de material componente 14B. Se suministra energía eléctrica a la caja de distribución de energía 28 que, posteriormente, distribuye la energía a varios componentes del sistema de dos componentes 10, tales como los MCM dentro de los generadores de energía hidráulica 18A y 18B y el módulo de visualización 20. Las bombas 36A y 36B suministran flujos del primer y el segundo material componente a las bombas lineales 24A y 24B, respectivamente. Las bombas de engranajes de los generadores de energía hidráulica 18A y 18B hacen funcionar hidráulicamente las bombas lineales 24A y 24B. Los motores eléctricos de los generadores de energía 18A y 18B hacen funcionar las bombas de engranaje para sacar fluido hidráulico de los depósitos de fluido hidráulico 26A y 26B y para proporcionar flujo de fluido hidráulico a presión a la válvula de inversión de dos salidas que hace funcionar el motor lineal, como se analizará más detalladamente haciendo referencia a la figura 2.

- Cuando un usuario hace funcionar la unidad de dosificación 16, los materiales componente a presión, que la bomba lineal 24A y la bomba lineal 24B suministran al colector 22, se impelen hasta el cabezal de mezcla 32. El cabezal de mezcla 32 combina el primer y el segundo material componente para iniciar el proceso de solidificación, que termina cuando los materiales componente mezclados se dosifican, por ejemplo, a un molde. Normalmente, el primer y el segundo material componente se dosifican desde la unidad 16 en un régimen de salida constante. Por ejemplo, un usuario puede proporcionar una entrada en el módulo de visualización 20 para controlar los MCM para dosificar los materiales componente a una presión constante o a un caudal constante. Los MCM usan entradas y salidas de lógica de control conjuntamente con el motor eléctrico y la válvula de inversión de dos salidas, entre otros componentes, para proporcionar el régimen de salida constante controlando la velocidad y las inversiones de los pistones dentro de las bombas 24A y 24B. No obstante, dado que la bomba lineal 24A y la bomba lineal 24B incluyen pistones que deben invertir la dirección en diferentes posiciones dentro de sus respectivos cilindros y que

5 deben funcionar a velocidades ligeramente diferentes debido a las diferentes superficies efectivas de los pistones, los pistones tienen tendencia a desviarse del funcionamiento coordinado para dosificar los materiales componente en la relación deseada. Específicamente, las bombas 24A y 24B incluyen pistones que funcionan de manera sincrónica, cuando los pistones se mueven en la misma dirección, o de manera asíncrona, cuando los pistones se mueven en direcciones opuestas. La presente invención proporciona procedimientos para sincronizar el funcionamiento de bombas 24A y 24B desde una posición de arranque o durante el funcionamiento continuado.

10 La figura 2 muestra un esquema del sistema de bombas de dos componentes 10 de las figuras 1A y 1B que tiene bombas de componentes lineales controlados individualmente 24A y 24B. El sistema de bombas 10 incluye una unidad de bombeo 12, una unidad de dosificación 16, una primera bomba lineal 24A, una segunda bomba lineal 24B, un primer depósito de fluido hidráulico 26A, un segundo depósito de fluido hidráulico 26B, módulos de control de motor (MCM) 42A y 42B, motores eléctricos 44A y 44B, bombas de engranajes 46A y 46B, válvulas de inversión de dos salidas 48A y 48B, motores lineales hidráulicos 50A y 50B, sensores de presión de salida 52A y 52B y sensores de posición lineal y velocidad 54A y 54B. Los depósitos hidráulicos 26A y 26B también incluyen válvulas de seguridad 56A y 56B, filtros 58A y 58B, indicadores de nivel 60A y 60B y sensores de presión 62A y 62B, respectivamente.

20 El depósito de fluido hidráulico 26A, el MCM 42A, el motor eléctrico 44A, la bomba de engranajes 46A, la válvula de inversión de dos salidas 48A y el motor lineal hidráulico 50A están situados dentro del generador de energía hidráulica 18A y comprenden un primer sistema de motor lineal 64A. Asimismo, el depósito de fluido hidráulico 26B, el MCM 42B, el motor eléctrico 44B, la bomba de engranajes 46B, la válvula de inversión de dos salidas 48B y el motor lineal hidráulico 50B están situados dentro del generador de energía hidráulica 18B y comprenden un segundo sistema de motor lineal 64B. En otras realizaciones de la invención, los sistemas de motor lineal comparten componentes, tales como un motor eléctrico, una bomba de engranajes y un depósito de fluido hidráulico.

25 Con la unidad de bombeo cebada y activada, se proporcionan un primer y un segundo material componente a presión a las bombas lineales 24A y 24B. El primer y el segundo sistema de motor lineal 64A y 64B hacen funcionar las bombas lineales 24A y 24B para proporcionar un primer y un segundo material componente a presión a la unidad de dosificación 16. Asimismo, se proporciona aire a presión a la unidad de dosificación 16 para hacer funcionar un mecanismo de bomba o válvula para descargar los materiales componente a presión en el cabezal de mezcla 32 y fuera de la unidad 16.

30 Los sistemas de motor lineal 64A y 64B se controlan por medio de módulos de control de motor (MCM) 42A y 42B, respectivamente. Los MCM 42A y 42B hacen funcionar los sistemas de motor lineal 64A y 64B de manera que se proporcionen cantidades desproporcionadas de material componente a la unidad de dosificación 16. El MCM 42A y el MCM 42B están comunicados, de manera que se pueda coordinar la lógica de control para producir la relación de dosificación deseada. La descripción del funcionamiento de los sistemas de motor lineal 64A y 64B se centrará en el sistema de motor lineal 64A, siendo el funcionamiento del sistema de motor lineal 64B similar y estando numerados los componentes similares en consecuencia.

40 El motor eléctrico 44A recibe energía eléctrica de la caja de distribución de energía 28 (figura 1A). En una realización, el motor eléctrico 44A comprende un motor de corriente continua (CC). El MCM 42A emite una orden de par  $C_T$ , que recibe el motor 44A para controlar la velocidad del eje motor 66A. El eje motor 66A está acoplado a la bomba de engranajes 46A, que está sumergida en fluido hidráulico dentro del depósito de fluido hidráulico 26A. La bomba de engranajes 46A utiliza la entrada rotativa del motor 44A para introducir fluido del depósito 26A y producir un flujo de fluido hidráulico a presión en la tubería 68A. El depósito de fluido hidráulico 26A incluye un indicador de nivel 60A, que se usa para determinar la cantidad de fluido dentro del depósito 26A. Se puede usar un sensor de presión 62A para determinar un régimen de llenado insuficiente del depósito 26A. En otras realizaciones, el eje motor 66A se usa para impulsar otros tipos de bombas de desplazamiento positivo que convierten la entrada rotativa en flujo de fluido a presión, tales como bombas rotativas de paletas o bombas peristálticas.

50 Fluido hidráulico a presión de la bomba 46A fluye por la válvula de seguridad 56A y hasta la válvula de inversión de dos salidas 48A. La válvula de seguridad 56A proporciona un medio para permitir que el exceso de fluido hidráulico a presión retorne al depósito 26A cuando existe un régimen de presión excesivo. Como se analizará más adelante, la válvula de inversión 48A usa el fluido hidráulico a presión para oscilar el motor lineal 50A. Fluido hidráulico a presión retorna al depósito 26A desde la válvula de inversión 48A por la tubería 70A tras pasar a través del filtro 58A. El filtro 58A elimina las impurezas del fluido hidráulico. Por consiguiente, se forma un flujo de fluido hidráulico de circuito cerrado entre el depósito 26A, la bomba de engranajes 46A, la válvula de inversión 48A y el motor lineal 50A.

La válvula de inversión de dos salidas 48A está construida según diseños de válvula de inversión convencionales, que se conocen en la técnica. La válvula de inversión de dos salidas 48A recibe un flujo continuo de fluido hidráulico a presión y desvía el flujo de fluido al motor línea 50A. Específicamente, la válvula de inversión 48A incluye una entrada conectada a la tubería 68A, una salida conectada a la tubería 70A y dos lumbreras conectadas a las tuberías 72A y 74A. Fluido a presión se suministra alternativamente a las tuberías 72A y 74A, que se usa para accionar el motor lineal.

El motor lineal 50A incluye un pistón 76A, que se desliza dentro de una carcasa 78A entre dos cámaras de fluido. Cada cámara de fluido recibe un flujo de fluido a presión de las tuberías 72A y 72B, respectivamente. Por ejemplo, con la válvula de inversión 48A en una primera posición, la tubería 72A proporciona fluido a presión a una primera cámara de la carcasa 78A para mover el pistón 76A hacia abajo (con respecto a la figura 2). Simultáneamente, se saca fluido del interior de la otra cámara de la carcasa 78A del motor lineal 50A y se empuja hasta la válvula de inversión 48A a través de la tubería 74A y fuera de la tubería 70A. El MCM 42A emite una orden de inversión  $C_R$ , que recibe la válvula de inversión 48A para controlar en qué momento el motor lineal 50A inicia la inversión de dirección. Una vez recibida la orden de inversión  $C_R$ , la válvula de inversión 48A cambia a una segunda posición de manera que se suministre fluido a presión a la carcasa 78A a través de la tubería 74A y se extraiga fluido de la carcasa 78A a través de la tubería 72A. Por consiguiente, el funcionamiento de la válvula de inversión 48A oscila el pistón 76A dentro de la carcasa 78A entre dos posiciones de inversión, que también oscila el eje de salida 80A. Un sensor de posición lineal y velocidad 54A está acoplado al eje 80A y proporciona al MCM 42A una indicación de la posición y velocidad del pistón 76A en función del ritmo al que se mueve el pistón 76A. En particular, el sensor de posición 54A proporciona una señal de posición  $S_{PO}$  al MCM 42A cuando el eje de salida 80A se está apartando de una de las posiciones de inversión.

El eje de salida 80A del motor lineal 50A está acoplado mecánicamente directamente a un eje de pistón 82A de la bomba lineal 24A. El eje 82A impulsa el pistón 84A dentro de la carcasa o cilindro 86A. El pistón 84A introduce en la carcasa 86A un material componente del recipiente de material 14A. La bomba lineal 24A comprende una bomba de doble acción en la que material componente se empuja a la tubería 88A en una carrera ascendente (haciendo referencia a la figura 2) y se empuja a la tubería 89A en una carrera descendente (haciendo referencia a la figura 2). Específicamente, en una carrera ascendente, la válvula 90A se abre para sacar material componente del recipiente de material 14A a través del colector 22 (se muestra en la figura 1A) y hasta la carcasa 86A y la válvula 92A se abre para permitir al pistón 84A empujar material a la unidad de dosificación 16 a través de la tubería 88A, mientras que las válvulas 94A y 96A están cerradas. En una carrera descendente, las válvulas 90A y 92A se cierran, mientras que la válvula 94A se abre para sacar material componente del recipiente de material 14A a través del colector 22 (se muestra en la figura 1A) y hasta la carcasa 86A y la válvula 96A se abre para permitir al pistón 84A empujar material a la unidad de dosificación 16 a través de la tubería 89A. La doble acción de la bomba lineal 24A mantiene un suministro continuo y casi constante de material componente durante el funcionamiento.

No obstante, como se ha mencionado, los ejes de pistón 82A y 82B funcionan a diferentes velocidades para proporcionar la relación de mezcla deseada. Además, los MCM 42A y 42B ajustan continuamente la velocidad de cada eje debido a diferencias en la superficie efectiva de los pistones 84A y 84B entre carreras ascendentes y carreras descendentes. Por ejemplo, la superficie efectiva de los pistones es menor en las carreras ascendentes debido a la presencia de los ejes de pistón 82A y 82B. Dado que las carcasas 86A y 86B tienen la misma longitud, el pistón que se mueve más rápido utilizará más de su carcasa que el otro pistón. La presente invención mantiene un funcionamiento síncrono de los ejes de pistón 82A y 82B ajustando los movimientos de los ejes en función de las posiciones relativas dentro de los cilindros 86A y 86B.

Material componente de las tuberías 88A y 89A se empuja a la unidad de dosificación 16 mediante presión de la bomba lineal 24A, donde se mezcla con material componente de la bomba lineal 24B dentro del cabezal de mezcla 32 antes de dosificarlo desde la unidad 16. El sensor de presión 52A detecta la presión del material componente dentro de la tubería 88A y envía una señal de presión  $S_{Pr}$  al MCM 42A. Se puede acoplar un calentador opcional 98A a la tubería 88A para calentar el material componente antes de dosificarlo desde el cabezal de mezcla 32 para, por ejemplo, reducir la viscosidad del material componente o para facilitar la reacción y el curado con el otro material componente.

Los ejes de pistón 82A y 82B no están unidos ni acoplados mecánicamente de manera que se mantengan inversiones coordinadas de los ejes con el MCM 42A y el MCM 42B. El MCM 42A recibe una señal de posición  $S_{PO}$  y una señal de presión  $S_{Pr}$  y emite una orden de inversión  $C_R$  y una orden de par  $C_T$ . Usando la señal de posición  $S_{PO}$  y la señal de presión  $S_{Pr}$ , el MCM 42A coordina la orden de inversión  $C_R$  y la orden de par  $C_T$  para controlar el sistema de motor lineal a un régimen de salida constante. Por ejemplo, un operario del sistema de bombas de dos componentes 10 puede especificar, en una entrada del módulo de visualización 20 (figura 1A), que la unidad de bombeo 12 funcionará para proporcionar una presión constante del primer y el segundo material componente al

colector 22 (suprimido de la figura 2, se muestra en la figura 1A) o una salida de flujo constante de los materiales componente al colector 22. El MCM 42A ejecuta la lógica de control que ajusta continuamente la orden de inversión  $C_R$  y la orden de par  $C_T$  para mantener el régimen de salida constante. La orden de par  $C_T$  determina con qué rapidez el motor 44A hace rotar el eje 66A, que directamente se refiere a con qué rapidez se llenarán de fluido las cámaras de la carcasa 78A del motor lineal 50A. La orden de inversión  $C_R$  determina cuándo la válvula de inversión 48A cambia la posición. La emisión de la orden de inversión  $C_R$  está coordinada con la rapidez con que se llenan las cámaras de la carcasa 78A de manera que la válvula de inversión 48A pueda cambiar la dirección de flujo de fluido en la carcasa 78A. La lógica de control mantiene conjuntamente la velocidad del motor 44A y el ritmo de cambio de la válvula de inversión 48A para mantener el régimen de salida constante deseado. Por ejemplo, dado que uno de los pistones 84A y 84B se saldrá de la longitud de carrera dentro de las carcasas 84A y 84B, respectivamente, antes que el otro, el MCM 42A y el MCM 42B deben emitir órdenes de inversión cada vez que un pistón llega al extremo efectivo de su cilindro. Idealmente, el pistón más rápido engranará un extremo de su cilindro primero, de manera que se utilice toda la longitud de carrera de la carcasa, mientras el pistón más lento oscila entre extremos de su carcasa sin realmente engranar ninguno de los extremos efectivos. No obstante, como se ha mencionado, los pistones se pueden desviar de esta disposición, lo que hace que el pistón que se mueve más lento provoque antes de tiempo una inversión de dirección del pistón que se mueve más rápido, reduciendo la longitud de carrera del pistón que se mueve más rápido.

Además de lógica de control, la presente invención utiliza lógica de sincronización para ajustar el funcionamiento de los sistemas de motor lineal 64A y 64B y reducir al mínimo la interrupción en el funcionamiento cíclico y coordinado de los ejes de pistón 82A y 82B, como se analizará haciendo referencia a las figuras 3 a 9F. Las figuras 3 a 5 muestran diferentes posiciones de arranque de los pistones 84A y 84B dentro de los cilindros 86A y 86B. Las figuras 6A a 6C muestran procedimientos para iniciar el funcionamiento síncrono de los pistones 84A y 84B desde la posición de arranque de la figura 5. Las figuras 7A a 7G y 8A a 8F muestran procedimientos para sincronizar el funcionamiento de los pistones 84A y 84B mientras las bombas 24A y 24B ya están funcionando en los modos síncrono y asíncrono, respectivamente. Las figuras 9A a 9F muestran procedimientos para convertir el funcionamiento asíncrono en funcionamiento síncrono.

La figura 3 muestra posiciones de arranque correspondientes a los pistones 84A y 84B de las bombas lineales 24A y 24B cuando los pistones 84A y 84B están preparados para moverse, o "estar orientados", en la misma dirección dentro de los cilindros 86A y 86B. La bomba lineal 24A comprende el cilindro 86A en el que el eje de pistón 82A (no se muestra) del motor lineal hidráulico 50A (figura 2) impulsa el pistón 84A. La bomba lineal 24B comprende el cilindro 86B en el que el eje de pistón 82B (no se muestra) del motor lineal hidráulico 50B (figura 2) impulsa el pistón 84B. Los cilindros 86A y 86B incluyen líneas centrales CL, que están rodeadas de zonas centrales 100A y 100B. El pistón 84A es capaz de oscilar entre los extremos 102A y 104A del cilindro 86A, mientras que el pistón 84B es capaz de oscilar entre los extremos 102B y 104B del cilindro 86B. Los extremos 102A, 102B, 104A y 104B representan los extremos efectivos de los cilindros 86A y 86B y, por consiguiente, los pistones 84A y 84B no necesariamente engranan o contactan con los extremos reales de los cilindros 86A y 86B. Los cilindros 86A y 86B proporcionan una posición del 0% y una posición del 100% a los pistones 84A y 84B. En la realización que se describe, las zonas centrales 100A y 100B se extienden desde, aproximadamente, la posición del 40% hasta, aproximadamente, la posición del 60%. Asimismo, a efectos del análisis de las figuras 3 a 9F, la bomba lineal 24B se considerará la bomba de componentes principal de manera que el pistón 84B se mueva el doble de rápido que el pistón 84A para una relación de dosificación de 2:1.

A fin de disponer los pistones 84A y 84B en las posiciones que se muestran en las figuras 3 a 5, el MCM 42A y MCM 42B ejecutan una lógica de predosificación. La lógica de predosificación incluye calcular velocidades de bombeo para ambas direcciones de desplazamiento de los pistones 84A y 84B, calcular la distancia entre extremos de los cilindros 86A y 86B (es decir, longitud de carrera) y calcular la superficie efectiva de los pistones 84A y 84B para ambas direcciones de desplazamiento, todo ello en función del tipo de materiales que se van a dosificar y los caudales deseados en función del volumen o del peso. La lógica de predosificación "orienta" los pistones 84A y 84B en la "dirección a lo largo" dentro de cada uno de los cilindros 86A y 86B, como se explica más adelante, al comienzo de una operación de dosificación.

Como se muestra en la figura 3, el pistón 84A está dentro de la zona central 102A en la posición del 40%. El pistón 84B está fuera de la zona central 100B cerca del extremo 102B. La lógica de predosificación prepara el pistón 84A para que se mueva en una carrera ascendente hacia el extremo 104A y prepara el pistón 84B para que se mueva en una carrera ascendente hacia el extremo 104B. Dado que a ambos pistones les queda más del 50% de sus respectivos cilindros para desplazarse, se considera que están orientados en la "dirección a lo largo" hacia el lado opuesto de la "dirección a lo corto". Dichas posiciones podrían representar cómo podrían quedar los pistones 84A y 84B tras la interrupción del funcionamiento en una parada previa del sistema de bombas de dos componentes 10 o tras la dosificación previa. Al arrancar el sistema 10, es necesario sincronizar las posiciones de los pistones 84A y

## ES 2 605 804 T3

84B para un funcionamiento síncrono o asíncrono del sistema 10. "Funcionamiento síncrono" significa que los pistones 84A y 84B se mueven en la misma dirección, mientras que "funcionamiento asíncrono" significa que los pistones 84 y 84B se mueven en la dirección opuesta.

5 Respecto al funcionamiento síncrono, partiendo de la posición de la figura 3, ambos pistones 84A y 84B se moverán en la dirección ascendente, como se indica con flechas. El pistón 84B se moverá el doble de rápido que el pistón 84A de manera que cuando el pistón 84B llegue al extremo 104B, el pistón 84A no habrá llegado aún al extremo 104A. Cuando el pistón 84B llegue al extremo 104B, el MCM 42B emitirá una orden de inversión al motor 50B, como ocurre con la lógica de control cada vez que cualquier pistón llega a un extremo bajo cualquier régimen de funcionamiento, de manera que el pistón 84B invierta la dirección. Adicionalmente, como parte de la lógica de control, el MCM 42A emitirá una orden de inversión al motor 50A de manera que el pistón 84A invierta la dirección a la vez que el pistón 84B. Posteriormente, el pistón 84B normalmente llegará a un extremo antes que el pistón 84A, de manera que el pistón 84B tenga oportunidad de recorrer casi el 100% del cilindro 86B mientras el pistón 84A recorre el 50% del cilindro 86A. Por consiguiente, los pistones 84A y 84B pueden seguir en un funcionamiento síncrono y no es necesario que el MCM 42A y el MCM 42B ejecuten la lógica de sincronización.

15 Respecto al funcionamiento asíncrono, el MCM 42A iniciará la lógica de control para inducir a los pistones 84A y 84B a moverse en direcciones opuestas, cuando están empezando a moverse en la misma dirección. El MCM 42A emite una orden de inversión al pistón 84A en algún momento antes de que el pistón 84B llegue al extremo 104B, de manera que cuando el pistón 84B llegue al extremo 104B se ordenará al pistón 84A que invierta la dirección en la dirección opuesta a la que el pistón 104B invierte la dirección. Por consiguiente, el pistón 84A invierte la dirección en algún momento antes de que el pistón 84B llegue al extremo 104B para establecer un funcionamiento asíncrono.

25 La figura 4 muestra posiciones de arranque correspondientes a los pistones 84A y 84B de las bombas lineales 24A y 24B cuando los pistones 84A y 84B están orientados en direcciones opuestas en zonas centrales 100A y 100B de los cilindros 86A y 86B, respectivamente. En este escenario, los pistones 84A y 84B están dentro de zonas centrales, pero orientados en direcciones opuestas "a lo largo". Este escenario presenta el régimen opuesto para la lógica de sincronización en comparación con la figura 3. Para sincronizar los pistones 84A y 84B para el funcionamiento asíncrono, la lógica de control de los MCM 42A y 42B no tiene que hacer nada, dado que el pistón 84B llegará al extremo 104B antes de que el pistón 84A llegue al extremo 104A. Por consiguiente, el pistón 84B tendrá oportunidad de recorrer el 100% del cilindro 86B cuando se desplace de vuelta hacia el extremo 102B antes de que el pistón 84A llegue al extremo 104A. No obstante, para sincronizar los pistones 84A y 84B para el funcionamiento síncrono, la lógica de sincronización del MCM 42B tendrá que invertir la dirección del pistón 84B u orientarlo en la dirección opuesta antes del comienzo de la dosificación, así los pistones 84A y 84B se moverán en la misma dirección.

35 La figura 5 muestra posiciones de arranque correspondientes a los pistones 84A y 84B de las bombas lineales 24A y 24B cuando los pistones 84A y 84B están orientados en direcciones opuestas en zonas opuestas de los cilindros 86A y 86B. Para este escenario, al menos uno de los pistones 84A y 84B no está dentro de la zona central 100A ó 100B, respectivamente. Configurados como tal, los pistones ya están dispuestos para el funcionamiento asíncrono. No obstante, a fin de sincronizar los pistones para el funcionamiento síncrono, son necesarias varias etapas, como se muestra en las figuras 6A a 6C.

40 Las figuras 6A a 6C muestran un procedimiento de sincronización para el arranque síncrono de bombas que tienen pistones orientados en direcciones opuestas en diferentes zonas de las bombas, como se muestra en la figura 5. La figura 6A es igual que la figura 5, que muestra el pistón 84A dentro de la zona central 100A y moviéndose hacia arriba, mientras que el pistón 84B está cerca del extremo 104B (hacia fuera de la zona central 100B) y moviéndose hacia abajo. Por consiguiente, la figura 6A muestra los pistones 84A y 84B en posiciones de puesta en marcha. Las bombas se colocan para un movimiento en direcciones opuestas "a lo largo" mediante lógica de predosificación. Las bombas siguen moviéndose una hacia otra hasta que se cruzan, por ejemplo, están en la misma posición dentro de los cilindros 86A y 86B, como se muestra en la figura 6B. En ese momento, el pistón que se mueve más rápido ejecuta una inversión de dirección. Como se muestra, el MCM 42B emite una orden de inversión sincronizada SR al pistón 84B para mover el pistón 84B en la dirección ascendente usando lógica de sincronización. Por consiguiente, el pistón más rápido llegará al extremo de su cilindro cuando el pistón más lento esté en posición para recorrer su cilindro sin llegar a un extremo. Específicamente, el pistón que se mueve más rápido 84B llegará al extremo 104B cuando el pistón 84A esté entre el extremo 104A y la zona central 100A, de manera que el pistón 84B podrá desplazarse de vuelta al extremo 102B sin que el pistón 84A golpee ninguno de los extremos 102A y 104A. La figura 6C muestra las ubicaciones de los pistones cuando el pistón 84B llega al extremo 104B. En ese momento, el MCM 42A y el MCM 42B emiten órdenes de inversión normal NR para inversiones de dirección de ambos pistones usando lógica de control. Por consiguiente, el pistón 84B está en posición para usar todo el cilindro 86B sin que le interrumpa el pistón 84A que golpea el extremo 102A, aumentando de ese modo la longitud de carrera.

Una vez ejecutados los procedimientos de sincronización de puesta en marcha, los pistones 84A y 84B oscilarán entre sus respectivos extremos de los cilindros 86A y 86B. El MCM 42A y el MCM 42B supervisan las posiciones de los pistones 84A y 84B, cuando tienen lugar las inversiones, para comprobar que cada uno se está moviendo en la dirección adecuada respecto al otro para un funcionamiento síncrono y asíncrono. Para cada funcionamiento, los MCM supervisan los movimientos para comprobar si el pistón que se mueve más rápido está maximizando su distancia de desplazamiento. Si los MCM detectan que el pistón que se mueve más rápido no está maximizando su distancia de desplazamiento, reajustarán el pistón más rápido. Por ejemplo, si el pistón que se mueve más rápido se mueve el doble de rápido, debería poder usar casi el 100% de su cilindro, mientras que el otro pistón recorre sólo el 50% de su cilindro entre los extremos. En una realización, el pistón que se mueve más rápido debería usar al menos, aproximadamente, el 85% de su cilindro, cuando se desplaza el doble de rápido que el otro pistón, para maximizar su rendimiento. Como se ha analizado anteriormente, debido al funcionamiento normal del sistema de bombas 10, las posiciones de los pistones 84A y 84B se desalinean con respecto al funcionamiento eficaz. Por lo tanto, es aconsejable resincronizar sus posiciones para un funcionamiento síncrono o asíncrono. Por ejemplo, si el pistón más lento 84A llega al extremo 102A ó 104A del cilindro 86A cuando el pistón 84B está dentro del 15% de la longitud del cilindro 86B del extremo 102B ó 104B, el MCM 42A y el MCM 42B iniciarán la lógica de sincronización. Para resincronizar los pistones en un funcionamiento síncrono y asíncrono son necesarios diferentes procedimientos. Las figuras 7A a 7G muestran operaciones de resincronización para un funcionamiento síncrono. Las figuras 8A a 8F muestran operaciones de resincronización para un funcionamiento asíncrono.

Las figuras 7A a 7G muestran procedimientos de sincronización para el ajuste de pistones 84A y 84B que se han desviado del funcionamiento síncrono. Las figuras 7A a 7G presentan las etapas que se ejecutan para volver a poner los pistones 84A y 84B en un funcionamiento síncrono eficaz. Respecto a la realización que se describe, el pistón 84B se desplaza a velocidades el doble de rápidas que las del pistón 84A, si bien los procedimientos que se esbozan en las figuras 7A a 7G son aplicables a cualquier par de pistones que se desplace a velocidades diferentes o iguales. En la figura 7A, el pistón 84A se está moviendo en una dirección ascendente "a lo corto" cerca del extremo 104A, mientras que el pistón 84B se está moviendo en una dirección ascendente "a lo largo" cerca del extremo 102B antes de que tengan lugar los ajustes de sincronización. La figura 7B muestra las posiciones de los pistones 84A y 84B cuando se emiten las siguientes órdenes de inversión normal NR de lógica de control. El pistón 84A llega al extremo 104A del cilindro 86A, lo que provoca que el MCM 42B invierta la dirección del pistón 84B. No obstante, en ese momento, el MCM 42B detecta que el pistón 84B tiene sólo, aproximadamente, el 60% del desplazamiento efectivo en el cilindro 86B, lo que provee al MCM 42B de una indicación de que el pistón 84B se ha invertido antes de tiempo. Como tal, en la figura 7C, los pistones vuelven a posiciones sustancialmente similares a las de la figura 7A cuando se descolocan para un funcionamiento eficaz. La figura 7C tiene como resultado que la lógica de control emita órdenes de inversión normal NR adicionales. No obstante, posteriormente, en lugar de volver a ejecutar la orden de inversión como en la figura 7B, en la figura 7D, cuando el pistón 84A llega al extremo 104A, el MCM 42B usa lógica de sincronización para emitir una orden de omisión al pistón 84B, anulando u omitiendo la orden de control lógico para inversión del pistón 84B. Posteriormente, el MCM 42B volverá a invertir la dirección del pistón 84B cuando se crucen las trayectorias de los pistones, es decir, estén en la misma posición o equivalente a lo largo de los cilindros 86A y 86B, como se muestra en la figura 7E. En la figura 7E, ambos pistones se están desplazando en la dirección descendente, quedando por recorrer las mismas cantidades de los cilindros 86A y 86B tras emitir la orden de inversión sincronizada SR al pistón 84B. El pistón 84B llegará al extremo 102B antes de que el pistón 84A llegue al extremo 102A debido a la diferencia de velocidad. Cuando el pistón 84B llega al extremo 102B, los MCM 42A y 42B emiten órdenes de inversión normal NR a los pistones 84A y 84B para invertir la dirección usando lógica de control, como se muestra en la figura 7F. En ese momento, el pistón 84B está en posición para poder recorrer casi la totalidad del cilindro 86B antes de que el pistón 84A llegue al extremo 104A. En la realización que se muestra, el pistón 84B está colocado para usar casi el 100% del cilindro 86B. Como se muestra en la figura 7G, el pistón 84B llega al extremo 104B antes de que el pistón 84A llegue al extremo 104A y se emiten órdenes de inversión normal NR adicionales.

Por consiguiente, la lógica de sincronización "arrastra" el pistón 84A hacia el centro del cilindro 86A para permitir que el pistón 84B maximice el cilindro 86B. Por lo tanto, el desplazamiento del pistón 84B en el cilindro 86B será el factor determinantes para inversiones de bombas tras el proceso de corrección. Desde las posiciones que se muestran, el pistón 84B se podrá desplazar hasta el extremo 102B antes de que el pistón 84A llegue al extremo 102A, permitiendo de ese modo que el pistón 84B maximice la carrera o distancia de desplazamiento del cilindro 86B. Como tal, los pistones 84A y 84B pueden seguir en un funcionamiento síncrono eficaz durante más tiempo. No obstante, la lógica de sincronización de los MCM 42A y 42B, supervisa y reajusta continuamente las posiciones de los pistones 84A y 84B para mantener un funcionamiento eficaz.

Las figuras 8A a 8F muestran procedimientos de sincronización para el ajuste de pistones 84A y 84B que se han desviado del funcionamiento asíncrono. Las figuras 8A a 8F presentan las etapas que se ejecutan para volver a poner los pistones 84A y 84B en un funcionamiento asíncrono eficaz. Respecto a la realización que se describe, el

5 pistón 84B se desplaza a velocidades el doble de rápidas que las del pistón 84A, si bien los procedimientos que se  
 esbozan en las figuras 8A a 8F son aplicables a cualquier par de pistones que se desplace a velocidades diferentes  
 o iguales. En la figura 8A, el pistón 84A se está moviendo en una dirección descendente "a lo corto" cerca del  
 extremo 102A, mientras que el pistón 84B se está moviendo en una dirección ascendente "a lo largo" cerca del  
 extremo 102B antes de que tengan lugar los ajustes de sincronización. La figura 8B muestra las posiciones de los  
 pistones 84A y 84B cuando se emiten las siguientes órdenes de inversión normal NR de lógica de control. El pistón  
 84A llega al extremo 104A del cilindro 86A, lo que provoca que el MCM 42A invierta la dirección del pistón 84A y el  
 MCM 42B invierta la dirección del pistón 84B. No obstante, el MCM 42B detecta que el pistón 84B sólo se ha  
 desplazado, aproximadamente, el 50% del cilindro 86B, lo que provee al MCM 42B de una indicación de que el  
 10 pistón 84B se ha invertido antes de tiempo. Como tal, en la figura 8C, el MCM 42B emite una orden de inversión  
 sincronizada SR al pistón 84B según una operación de lógica de sincronización. Esto invierte la dirección del pistón  
 84B cuando se cruzan los pistones, es decir, están en las mismas posiciones a lo largo de los cilindros 86A y 86B.  
 Por consiguiente, ambos pistones se están moviendo en la dirección "a lo largo" en la misma ubicación en la figura  
 8C. En la figura 8D, el MCM 42B emite otra orden de inversión sincronizada SR al pistón 84B para volver a invertir la  
 15 dirección del pistón 84B cuando el pistón 84A está en el centro, o posición del 50%, de manera que ambos pistones  
 se estén moviendo en direcciones opuestas tras la inversión.

La figura 8E y la figura 8F muestran pistones 84A y 84B funcionando en un funcionamiento asíncrono, emitiéndose  
 órdenes de inversión normal NR a ambos pistones. En la figura 8E, se muestra el pistón 84B llegando al extremo  
 102B, momento en el que el pistón 84A se invierte a una posición que permite al pistón 84B volver a desplazarse  
 20 casi la totalidad del cilindro 86B. En la realización que se muestra, el pistón 84B está colocado para usar casi el  
 100% del cilindro 86B. La figura 8F muestra el pistón 84B tras recorrer todo el cilindro 86B, nuevamente quedando  
 el pistón 84A cerca del centro del cilindro 86A cuando invierte la dirección. Posteriormente, el pistón 84B se vuelve a  
 colocar para usar casi la totalidad del cilindro 86B. Nuevamente, la lógica de sincronización "arrastra" el pistón 84A  
 25 hacia el centro del cilindro 86A para permitir que el pistón 84B maximice el cilindro 86B. Como tal, los pistones 84A y  
 84B pueden seguir en un funcionamiento asíncrono eficaz durante más tiempo. No obstante, la lógica de  
 sincronización de los MCM 42A y 42B, supervisa y reajusta continuamente las posiciones de los pistones 84A y 84B  
 para mantener un funcionamiento eficaz.

Las figuras 9A a 9F muestran un procedimiento para convertir un funcionamiento asíncrono ineficaz de las bombas  
 24A y 24B en un funcionamiento síncrono eficaz. Las figuras 9A y 9B son similares a las figuras 8A y 8B, que  
 30 ilustran que el pistón 84B está utilizando sólo, aproximadamente, el 50% del cilindro 86B antes de que tenga lugar el  
 ajuste y la emisión de órdenes de inversión normal NR. En la figura 9B, una vez que el MCM 42B ha detectado el  
 problema, en la figura 9C, que es similar a la figura 8C, el MCM 42B utiliza lógica de sincronización para emitir una  
 orden de inversión sincronizada SR al pistón 84B. El MCM 42B usa lógica de sincronización para invertir la dirección  
 del pistón 84B cuando el pistón 84A y el pistón 84B se cruzan, es decir, están en la misma posición o equivalente a  
 35 lo largo de los cilindros 86A y 86B. No obstante, en ese momento, el MCM 42B utiliza lógica de sincronización para  
 ajustar el funcionamiento del pistón 84A y 84B a un funcionamiento síncrono, como se muestra en las figuras 9D a  
 9F, en lugar de un funcionamiento asíncrono, como se muestra en las figuras 8D a 8F.

La figura 9D muestra la emisión de la primera orden de inversión sincronizada de lógica de control SR tras el ajuste  
 mediante lógica de sincronización. Desde las posiciones de la figura 9C, los pistones 84A y 84B se desplazan hacia  
 40 los extremos 104A y 104B, respectivamente, a diferentes velocidades unitarias hasta que el pistón 84B llega al  
 extremo 104B. En ese momento, el pistón 84A está en algún punto entre la línea central CL y el extremo 104A,  
 como se muestra en la figura 9D. La lógica de control, mediante la emisión de órdenes de inversión normal NR,  
 invierte la dirección de ambos pistones para que se desplacen hacia los extremos 102A y 102B. La figura 9E  
 45 muestra las posiciones de los pistones 84A y 84B cuando el pistón 84B llega al extremo 102B. Nuevamente, el  
 pistón 84A está en algún punto entre la línea central CL y el extremo 102A. No obstante, el pistón 84B está colocado  
 para usar casi el 100% del cilindro 86B. La lógica de control vuelve a emitir órdenes de inversión normal NR e  
 invierte la dirección de ambos pistones desde las posiciones de la figura 9E a la figura 9F. Como tal, los pistones  
 84A y 84B pueden seguir en un funcionamiento síncrono eficaz durante más tiempo. Como se ha analizado  
 50 anteriormente, los pistones 84A y 84B se descolocarán gradualmente para un funcionamiento eficaz del sistema 10.  
 No obstante, la lógica de sincronización de los MCM 42A y 42B, supervisa y reajusta continuamente las posiciones  
 de los pistones 84A y 84B para mantener un funcionamiento eficaz.

La presente invención proporciona un sistema y un procedimiento para iniciar el funcionamiento de pistones de un  
 sistema de bombas lineales que tienen al menos dos pistones, sincronizar el funcionamiento de los pistones para un  
 funcionamiento síncrono y asíncrono, supervisar las posiciones de los pistones, ajustar la oscilación de los pistones  
 55 para mantener un funcionamiento síncrono y asíncrono eficaz y convertir un modo de funcionamiento en el otro. Los  
 sistemas de bombas lineales producen intrínsecamente retraso y adelanto en el movimiento de los pistones dentro  
 de las bombas lineales debido a la necesidad de invertir la dirección de los pistones. Por ejemplo, la velocidad de

5 cada pistón se tiene que ajustar durante una carrera ascendente y una carrera descendente debido a diferencias en la superficie efectiva de los pistones entre una carrera ascendente y una carrera descendente. Los ajustes continuos pueden desalinearse gradualmente las posiciones de los pistones, lo que requiere un reajuste síncrono o asíncrono. Por lo general, para una relación de dosificación de 2:1 es aconsejable que el pistón que se mueve más rápido se pueda desplazar al menos el 85% de su cilindro antes de que un pistón engrane un extremo de su cilindro, evitando de ese modo una inversión antes de tiempo mediante lógica de control. La presente invención utiliza lógica de sincronización para mantener, de manera ventajosa, la posición y la velocidad de los pistones, uno respecto al otro y respecto a extremos de sus cilindros, para mantener un funcionamiento eficaz.

10 Aunque la invención se ha descrito haciendo referencia a realizaciones de ejemplo, los expertos en la materia entenderán que se pueden hacer varios cambios y los elementos se pueden sustituir por equivalentes de los mismos sin apartarse del alcance de la invención. Además, se pueden hacer muchas modificaciones para adaptar una situación o un material concretos a las enseñanzas de la invención sin apartarse del alcance esencial de la misma. Por lo tanto, se pretende que la invención no se limite a las realizaciones concretas que se han descrito, sino que la invención incluirá todas las realizaciones que estén dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

15

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para sincronizar pistones (84A, B) dentro de bombas lineales (24A, B) de un sistema de relación de dosificación variable (10), comprendiendo el procedimiento:
- 5 hacer funcionar un primer y un segundo pistón (84A, B) dentro de un primer y un segundo cilindro (86A, B) de manera que el primer pistón (84A) se mueva a una velocidad más lenta que el segundo pistón (84B) para producir una relación de dosificación variable;
- controlar el primer y el segundo pistón (84A, B) para invertir la dirección cada vez que un pistón llega a un extremo de su respectivo cilindro (86) para producir bombeo e
- 10 invertir la dirección de uno del primer y el segundo pistón (84A, B) antes de que cualquier pistón llegue a un extremo de su respectivo cilindro (86) para ajustar el sincronismo de los pistones (84A, B).
2. El procedimiento de la reivindicación 1 y que comprende además:
- usar un primer módulo de control (42A) para hacer funcionar la primera bomba lineal para oscilar el primer pistón (84A) del primer cilindro entre un primer y un segundo extremo separados de un primer punto medio;
- 15 usar un segundo módulo de control (42B) para hacer funcionar la segunda bomba lineal para oscilar el segundo pistón (84B) del segundo cilindro entre un tercer y un cuarto extremo separados de un primer punto medio;
- en el que el primer y el segundo módulo de control (42A, B) ejecutan lógica de control para invertir la dirección del primer y del segundo pistón (84A, B) cada vez que un pistón llega a un extremo de su respectivo cilindro y
- 20 en el que el primer y el segundo módulo de control (42A, B) ejecutan lógica de sincronización para invertir la dirección de uno del primer y el segundo pistón (84A, B) antes de que cualquier pistón llegue a un extremo de su respectivo cilindro.
3. El procedimiento de la reivindicación 2 en el que las bombas lineales (24A, B) funcionan a partir de una operación de puesta en marcha, de manera que los pistones (84A, B) se muevan desde la posición de parada, una vez que los módulos de control (42A, B) ejecutan lógica de predosificación, para coordinar el movimiento del primer y el segundo pistón (84A, B) en direcciones a lo largo antes de invertir la dirección de uno del primer y el segundo pistón (84A, B).
- 25 4. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que:
- el primer módulo de control de motor (42A) determina una primera distancia que es la mayor de las dos distancias entre el primer pistón (84A) y el primer y el segundo extremo del primer cilindro (86A);
- 30 el segundo módulo de control de motor (42B) determina una segunda distancia que es la mayor de las dos distancias entre el segundo pistón (84B) y el tercer y el cuarto extremo del segundo cilindro (86B) y
- el procedimiento comprende además:
- mover el primer pistón (84A) en una dirección de la primera distancia y
- mover el segundo pistón (84B) en una dirección de la segunda distancia.
5. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que:
- 35 el primer y el segundo pistón (84A, B) se mueven en la misma dirección desde las posiciones de puesta en marcha y
- la etapa de inversión comprende:
- invertir la dirección del primer pistón (84A) antes de que el segundo pistón (84B) llegue a un extremo del segundo

cilindro (86B).

6. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que:

el primer y el segundo pistón (84A, B) se mueven en direcciones opuestas uno hacia otro desde dentro de zonas centrales de sus respectivos cilindros (86A, B) desde las posiciones de puesta en marcha y

5 la etapa de inversión comprende:

invertir la dirección del segundo pistón (84B) antes de que el segundo pistón (84B) llegue a un extremo del segundo cilindro (86B).

7. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que:

10 el primer y el segundo pistón (84A, B) se mueven en direcciones opuestas uno hacia otro desde las posiciones de puesta en marcha y

la etapa de inversión comprende:

invertir la dirección de uno del primer y el segundo pistón (84A, B) cada vez que el primer y el segundo pistón (84A, B) están situados en posiciones equivalentes dentro del primer y el segundo cilindro (86A, B), respectivamente.

15 8. El procedimiento de la reivindicación 7, en el que la etapa de inversión de la dirección de uno del primer y el segundo pistón (84A, B), cada vez que el primer y el segundo pistón (84A, B) están situados en posiciones equivalentes, comprende invertir la dirección del segundo pistón (84B) de manera que ambos pistones (84A, B) se desplacen en la misma dirección.

9. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que uno del primer y el segundo pistón (84A, B) no está dentro de una zona central de su respectivo cilindro desde la posición de puesta en marcha.

20 10. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 9, en el que las bombas lineales (24A, B), están funcionando en un funcionamiento normal.

11. El procedimiento de la reivindicación 10 y que comprende además:

invertir la dirección de movimiento del primer pistón (84A) sólo cuando el primer pistón (84A) engrana un extremo del primer cilindro (86A) e

25 invertir la dirección del segundo pistón (84B) cada vez que el primer y el segundo pistón (84A, B) están situados en posiciones equivalentes dentro del primer y del segundo cilindro (86A, B), respectivamente,

en el que los pistones (84A, B) están funcionando en un funcionamiento síncrono de manera que los pistones (84A, B) se muevan en la misma dirección durante el funcionamiento.

30 12. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que el segundo pistón (84B) omite una orden de inversión del primer módulo de control de motor (42A) cuando sólo invierte la dirección de movimiento del primer pistón (84A).

13. El procedimiento de la reivindicación 10 y que comprende además:

invertir las direcciones de movimiento del primer y del segundo pistón (84A, B) cuando el primer pistón (84A) engrana un extremo del primer cilindro (86A);

35 invertir la dirección del segundo pistón (84B) cada vez que el primer y el segundo pistón (84A, B) están situados en posiciones equivalentes dentro del primer y el segundo cilindro (86A, B), respectivamente e

invertir la dirección del segundo pistón (84B) cuando el primer pistón (84A) está en el primer punto medio del primer cilindro (86A);

en el que los pistones (84A, B) están funcionando en un funcionamiento asíncrono en el que los pistones (84A, B) se están moviendo en direcciones opuestas.

14. El procedimiento de la reivindicación 10 y que comprende además:

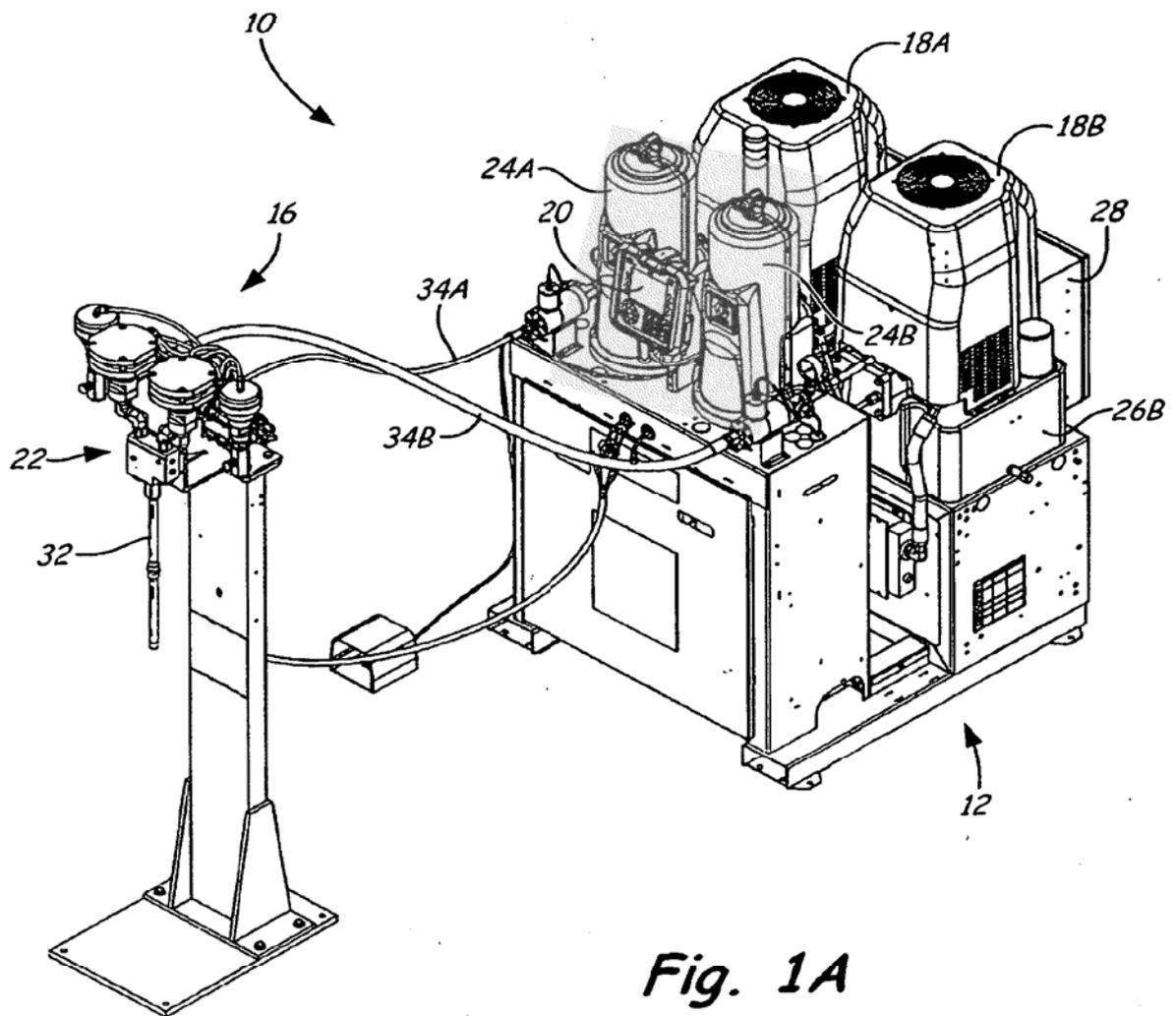
5 invertir las direcciones de movimiento del primer y del segundo pistón (84A, B) cuando el primer pistón (84A) engrana un extremo del primer cilindro (86A);

invertir la dirección de movimiento del segundo pistón (84B) sólo cuando el primer y el segundo pistón (84A, B) están situados en posiciones equivalentes dentro del primer y del segundo cilindro (86A, B), respectivamente e

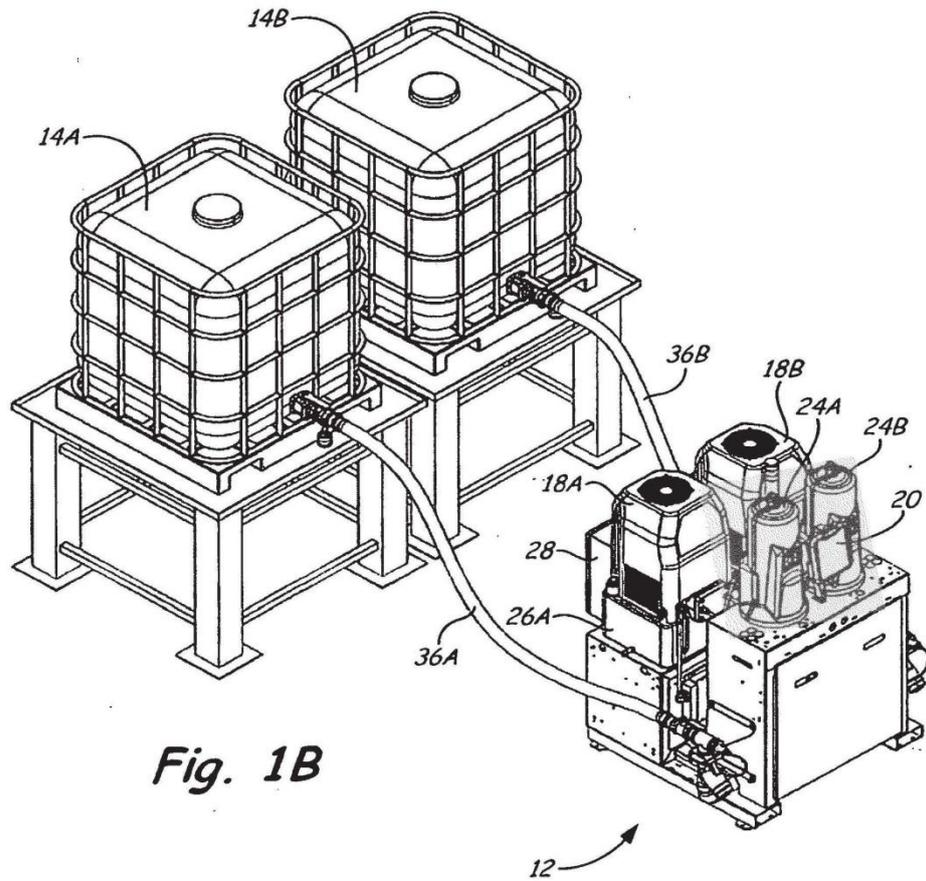
invertir la dirección del primer y del segundo pistón (84A, B) cuando cualquiera del primer o el segundo pistón (84B) llega a un extremo del primer o del segundo cilindro, respectivamente;

10 en el que los pistones (84A, B) están funcionando en un funcionamiento de conversión para convertir un funcionamiento asíncrono en un funcionamiento síncrono.

15. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 14, en el que el primer y el segundo módulo de control de motor (42A, B) supervisan las posiciones del primer y del segundo pistón (84A, B) para determinar sus ubicaciones en las inversiones.

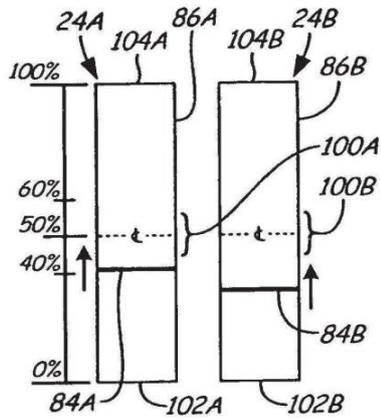


**Fig. 1A**

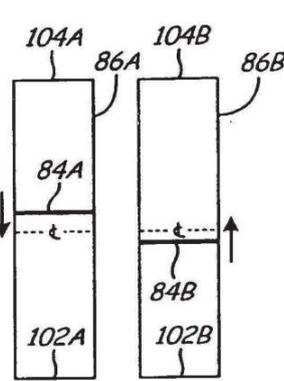


**Fig. 1B**

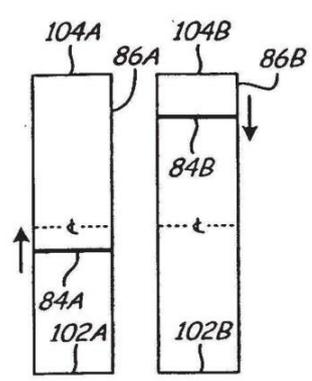




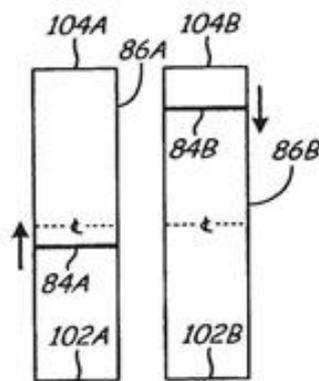
**Fig. 3**



**Fig. 4**

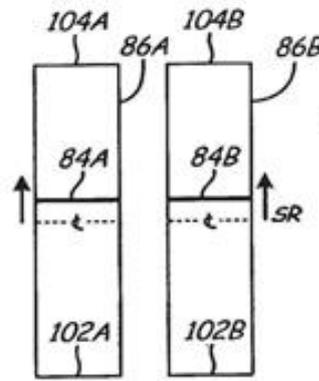


**Fig. 5**



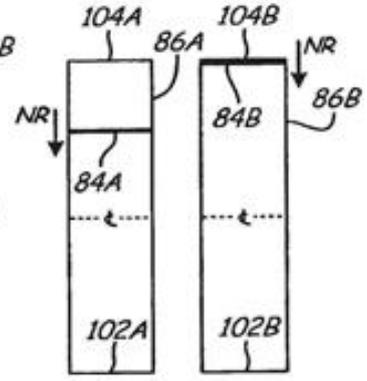
PUESTA EN MARCHA

**Fig. 6A**



INVERSIÓN SINCRONIZADA

**Fig. 6B**



INVERSIÓN NORMAL

**Fig. 6C**

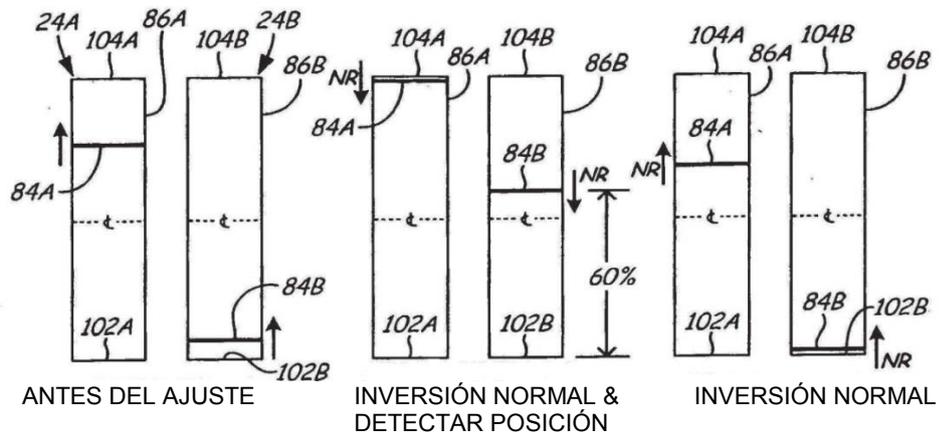


Fig. 7A

Fig. 7B

Fig. 7C

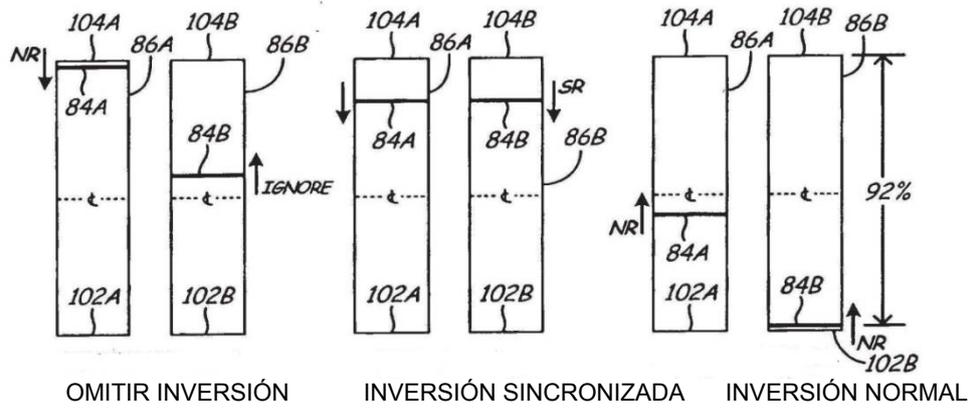


Fig. 7D

Fig. 7E

Fig. 7F

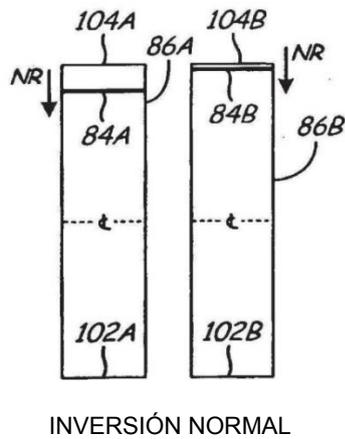
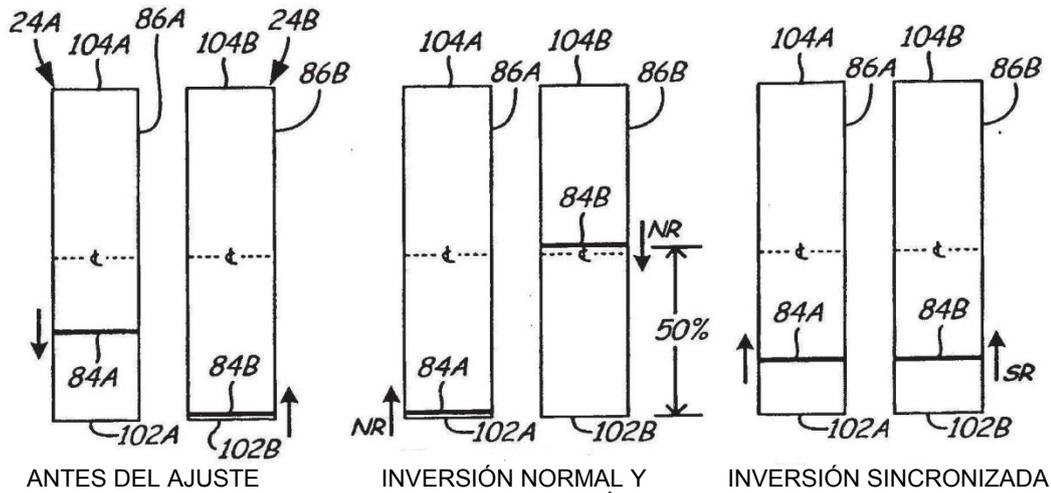


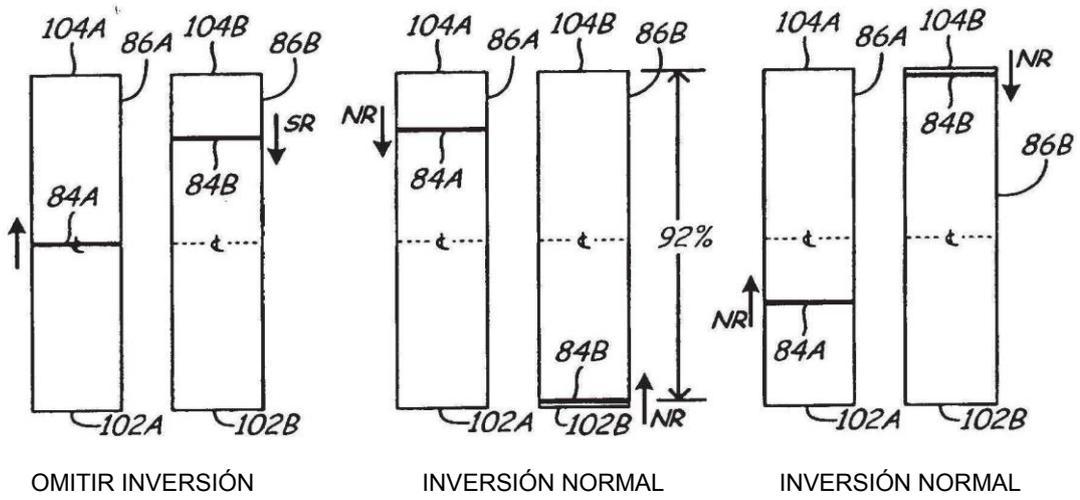
Fig. 7G



**Fig. 8A**

**Fig. 8B**

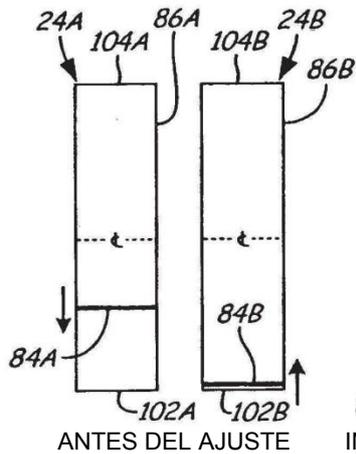
**Fig. 8C**



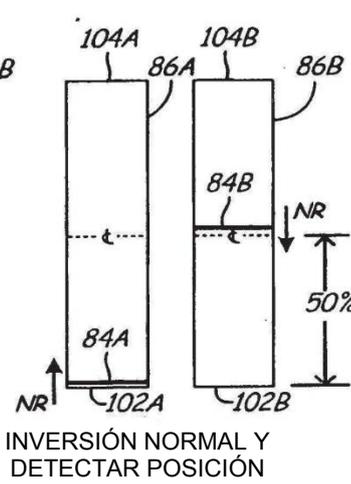
**Fig. 8D**

**Fig. 8E**

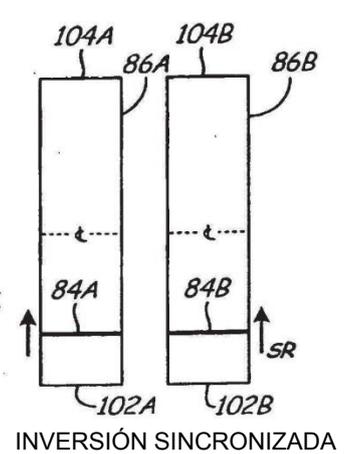
**Fig. 8F**



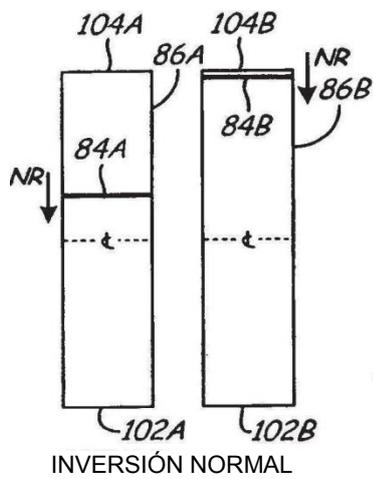
**Fig. 9A**



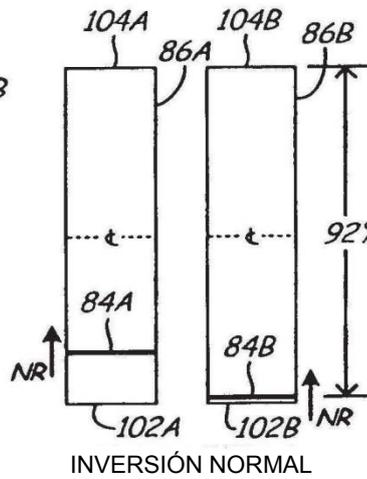
**Fig. 9B**



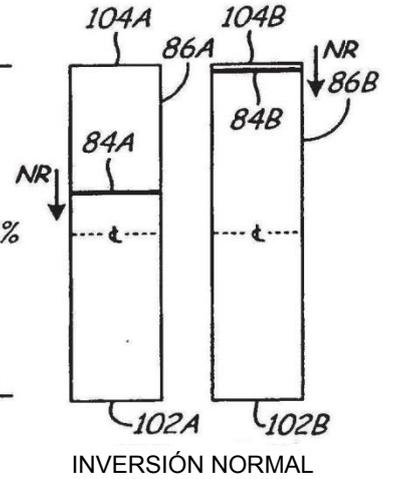
**Fig. 9C**



**Fig. 9D**



**Fig. 9E**



**Fig. 9F**