

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 894 141**

51 Int. Cl.:

A01C 5/06 (2006.01)
A01C 7/18 (2006.01)
A01B 13/08 (2006.01)
A01B 63/111 (2006.01)
A01B 63/114 (2006.01)
A01C 7/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.08.2012** **E 19211963 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.09.2021** **EP 3653034**

54 Título: **Sistema y método de control de fuerza descendente de unidad de hilera**

30 Prioridad:

05.08.2011 US 201161515700 P

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

11.02.2022

73 Titular/es:

PRECISION PLANTING LLC (100.0%)
23207 Townline Road
Tremont, IL 61568, US

72 Inventor/es:

SAUDER, DEREK;
STOLLER, JASON y
RADTKE, IAN

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 894 141 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

Sistema y método de control de fuerza descendente de unidad de hilera

5 **Antecedentes**

Se reconoce que debe ejercerse suficiente fuerza descendente en una unidad de hilera de una sembradora para asegurar que se logre la profundidad deseada del surco y la compactación de la tierra. Si se aplica una fuerza descendente excesiva, especialmente en suelos blandos o húmedos, la tierra puede compactarse en exceso, lo que puede afectar a la capacidad de las semillas en germinación de atravesar la tierra. Si se aplica una fuerza descendente insuficiente, especialmente en suelos duros o secos, la sembradora puede levantarse y salirse de la tierra, con lo que la profundidad del surco será insuficiente.

En el pasado, los resortes en espiral que se extienden entre los brazos paralelos de las unidades de hilera de la sembradora se empleaban a menudo para proporcionar la fuerza descendente adicional o "suplementaria" necesaria para asegurar la deseada profundidad del surco y la compactación de la tierra. Colocando el muelle en varios lugares preestablecidos a lo largo de los brazos paralelos, se podía aumentar o disminuir la cantidad de fuerza descendente ejercida sobre la unidad de hilera. Sin embargo, la cantidad de fuerza descendente suplementaria ejercida por el muelle permanecía constante hasta que se reposicionaba el muelle. Por ejemplo, cuando la sembradora se encontraba con un suelo duro o seco que requería una mayor fuerza descendente suplementaria para mantener la profundidad del surco o la compactación deseada de la tierra, el operador tenía que parar y ajustar la posición del muelle para aumentar la fuerza descendente suplementaria. Además, durante la operación, a medida que se dispensaba la semilla o el fertilizante de las tolvas, el peso de la unidad de hilera disminuía gradualmente produciendo una reducción correspondiente de la fuerza descendente total sobre las ruedas calibradoras, porque la fuerza descendente suplementaria ejercida por el resorte permanecía sustancialmente constante hasta que el resorte se volvía a colocar manualmente.

Los sistemas de fuerza descendente suplementaria más avanzados, como los descritos en la solicitud de Estados Unidos número 12/679.710 (Pub. Número US2010/0198529) de Sauder y colaboradores (en adelante, "la solicitud '710" de Sauder) miden la tensión en un elemento del mecanismo de ajuste de las ruedas calibradoras para determinar la fuerza que se ejerce contra las ruedas calibradoras para determinar la fuerza descendente. Sin embargo, los sistemas de control central que aplican una fuerza descendente suplementaria común a cada unidad de hilera a menudo no responden a las cargas únicas que experimenta cada unidad de hilera, de modo que puede aplicarse una fuerza descendente suplementaria insuficiente o excesiva a cualquier unidad de hilera dada.

Por lo tanto, se necesita un sistema de control de fuerza descendente que mantenga eficazmente una fuerza descendente deseada en cada unidad de hilera de un implemento agrícola que tenga una pluralidad de unidades de hilera.

US 6.389.999 describe un implemento de superficie que tiene un elemento de penetración en la superficie, un elemento de regulación de profundidad, un sensor de presión, un procesador y una fuente de presión de bajada controlable variable, estando dispuesto el sensor de presión para detectar cargas sobre el elemento de regulación de profundidad y para comunicar información de carga al procesador. A través del procesador, la fuente de presión de bajada controlable puede alterar dinámicamente la presión aplicada a través de la estructura de control de profundidad para producir un exceso de presión de bajada deseada y evitar una cantidad indeseablemente grande o pequeña de presión de bajada sobre el elemento de regulación deseado. Una cantidad generalmente deseada de exceso de presión de bajada puede mantenerse dinámicamente para mantener el elemento de penetración en tierra a una profundidad de penetración generalmente deseada.

La invención proporciona un sistema para aplicar una fuerza descendente a un implemento agrícola que tiene múltiples unidades de hilera como se define en la reivindicación 1. Las características opcionales del sistema son la materia de las reivindicaciones 2 a 10.

La invención también proporciona un método para controlar la fuerza aplicada a las unidades de hilera agrícolas primera y segunda como se define en la reivindicación 11. Las características opcionales del método son la materia de las reivindicaciones 12 a 19.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1A es una vista en alzado lateral de una realización de una unidad de hilera de sembradora.

La figura 1B es una vista en alzado lateral de la unidad de hilera de sembradora de la figura 1 en la que se muestra un elemento regulador de profundidad.

La figura 2 es una vista en planta superior de un tractor y la unidad de hilera de sembradora de la figura 1 que ilustra esquemáticamente una realización de un sistema de control de fuerza descendente.

La figura 3A es una ilustración esquemática más detallada del sistema de control de fuerza descendente de la figura 2.

5 La figura 3B es una ilustración esquemática de otra realización de un sistema de control de fuerza descendente.

La figura 3C es una ilustración esquemática de otra realización de un sistema de control de fuerza descendente que incorpora un actuador de dos etapas.

10 La figura 3D es una ilustración esquemática de otra realización de un sistema de control de fuerza descendente que incorpora un actuador de dos etapas y un circuito de regeneración.

La figura 4A ilustra una realización de un flujo de proceso para determinar una presión de bajada.

15 La figura 4B ilustra una realización de un flujo de proceso para determinar la presión de elevación.

La figura 4C ilustra otra realización de un flujo de proceso para determinar la presión de elevación.

La figura 4D ilustra rangos de presión para una cámara de actuador.

20 La figura 5A es una vista en perspectiva de una realización de un actuador de dos etapas.

La figura 5B es una vista en sección transversal del actuador de dos etapas de la figura 5A.

25 La figura 5C es una vista en sección transversal del actuador de dos etapas de la figura 5A.

La figura 6A ilustra otra realización de un flujo de proceso para determinar una presión de bajada.

La figura 6B ilustra otra realización de un flujo de proceso para determinar una presión de elevación.

30 La figura 7 ilustra otra realización de un flujo de proceso para determinar la presión de elevación.

La figura 8 es una ilustración esquemática de una realización de un actuador que incorpora un transductor de presión.

35 Descripción

Sistema de fuerza descendente de unidad de hilera

40 Con referencia a los dibujos, en los que números de referencia similares designan partes idénticas o correspondientes a lo largo de las diferentes vistas, la figura 1A ilustra una vista en alzado lateral de una unidad de hilera 10 de una sembradora 1. Una vista en planta superior de la sembradora 1 se muestra en la figura 2 con cuatro unidades de hilera 10 montadas en relación lateralmente espaciada a lo largo de la longitud de una barra de herramientas 2 por medio de articulaciones de brazos paralelos 8 que permiten que cada unidad de hilera se mueva

45 verticalmente de forma independiente con respecto a otra y con respecto a la barra de herramientas 2. Debe entenderse que la sembradora 1 puede comprender muchas más unidades de hilera y, por lo tanto, la sembradora de cuatro hileras de la figura 2 se proporciona con fines ilustrativos solamente.

50 Cada unidad de hilera 10 incluye un bastidor de unidad de hilera que soporta uno o más depósitos o tolvas 20 para contener semillas, insecticida u otros insumos agrícolas. Cada unidad de hilera 10 incluye discos de apertura 12 para abrir un surco o zanja en la tierra 14 mientras la sembradora es arrastrada por el campo por un tractor 50. La profundidad del surco se establece mediante ruedas calibradoras 18 que se desplazan por la superficie de la tierra 14.

55 Volviendo a la vista de la figura 1B, las ruedas calibradoras 18 están montadas en los brazos 36 de las ruedas calibradoras en los ejes 34. Los brazos 36 de las ruedas calibradoras están montados pivotantemente al bastidor 6 en un punto de pivote 56. Un brazo de ajuste de profundidad 54 está montado pivotantemente al bastidor 6 alrededor de un pasador 51. El brazo de ajuste de profundidad 54 entra en contacto con el brazo 36 de la rueda calibradora, limitando el desplazamiento hacia arriba de las ruedas calibradoras 18. El operador puede girar el brazo de ajuste de profundidad 54 para ajustar la posición del brazo de ajuste de profundidad 54 y, por lo tanto, la altura

60 máxima de las ruedas calibradoras 18 en relación con el bastidor 6. Debe apreciarse que otras realizaciones de la unidad de hilera 10 son conocidas en la técnica, como las que incluyen las ruedas calibradoras que "caminan" sobre obstáculos por medio de un balancín como se describe en la patente de Estados Unidos número 5.235.922.

65 Siguiendo haciendo referencia a la figura 1B, cada unidad de hilera 10 incorpora preferiblemente un sensor de fuerza descendente 52 para medir un parámetro relacionado con la fuerza vertical entre las ruedas calibradoras 18 y

la superficie de la tierra 14 y generar una señal de carga relacionada con dicho parámetro. El sensor 52 puede comprender cualquier sensor configurado para medir dicho parámetro, incluyendo un medidor de tensión montado en el brazo 36 de la rueda calibradora como se ilustra en la figura 1B y como se describe en la Patente de Estados Unidos número 6.701.857 de Jensen. En otras realizaciones, el sensor 52 puede comprender una clavija de detección de carga que sustituye a la clavija 51 descrita en la publicación de Patente de Estados Unidos número US 2010/0180695. Como se ilustra en la figura 2, las señales de cada uno de los sensores, 52-1, 52-2, 52-3, 52-4 se transmiten a través de un cable de señal 38, que juntos comprenden un cableado de señal 31, al supervisor 42 (figura 2) preferiblemente situado en la cabina del tractor 50. Un supervisor 42 preferido se describe en la publicación de la Patente de Estados Unidos número US 2010/0010667. El supervisor 42 incluye preferentemente un procesador, memoria y una interfaz gráfica de usuario ("GUI").

Debe apreciarse que la fuerza sobre las ruedas calibradoras 18 representa la fuerza descendente sobre la unidad de hilera 10 en exceso de la fuerza descendente requerida por los discos de apertura 12 para penetrar la tierra 14 a una profundidad deseada. Por lo tanto, en la operación, es deseable mantener un cierto umbral mínimo de fuerza en las ruedas calibradoras 18 para asegurar que la unidad de hilera esté operando a la profundidad deseada. Sin embargo, es deseable mantener la fuerza sobre las ruedas calibradoras 18 por debajo de un umbral superior para minimizar la compactación y no empujar la tierra 14 en la dirección de desplazamiento.

Para ayudar a mantener niveles óptimos de fuerza descendente, la unidad de hilera 10 está provista de un actuador 32. El actuador 32 está montado pivotantemente en un primer extremo en la barra de herramientas 2 mediante un soporte de montaje. El actuador 32 está montado pivotantemente en un segundo extremo en uno de los brazos de la articulación paralela 8. Un primer conducto de fluido 40 está en comunicación de fluido con una cámara de elevación 35 (figura 3A) del actuador 32. Una segunda línea de fluido 44 está en comunicación de fluido con una cámara de bajada 33 (figura 3A) del actuador 32. Cuando la presión en la cámara de bajada 33 excede de la presión en la cámara de elevación 35, el actuador 32 ejerce una fuerza hacia abajo en la unidad de hilera 10, aumentando la fuerza en las ruedas calibradoras 18. Cuando la presión en la cámara de elevación 35 excede de la presión en la cámara de bajada 33, el actuador 32 ejerce una fuerza hacia arriba en la unidad de hilera 10, reduciendo la fuerza en las ruedas calibradoras 18.

Se utiliza un sistema de control 300 para controlar los actuadores 32. Una línea de suministro de fluido 43 conecta el sistema de control 300 a un orificio de suministro de fluido 376 (figura 3A) de un depósito de fluido (no mostrado) montado preferiblemente en el tractor 50. Una línea de retorno de fluido 48 conecta el sistema de control 300 a un orificio de retorno de fluido 374 (figura 3A) del depósito de fluido. Un cableado de actuador 45 conecta el supervisor 42 al sistema de control 300 para enviar señales de orden a cada actuador 32 en cada unidad de hilera 10.

Sistema de control de presión

Una realización del sistema de control 300 se ilustra esquemáticamente en la figura 3A. El sistema de control 300 incluye un dispositivo de control de presión de elevación 310 en comunicación de fluido con la línea de suministro de fluido 43 y la línea de retorno de fluido 48. El dispositivo de control de presión de elevación 310 está en comunicación de fluido con la cámara de elevación 35 de cada actuador 32-1, 32-2, 32-3, 32-4. El sistema de control 300 también incluye dispositivos de control de presión de bajada 320. Cada dispositivo de control de presión de bajada 320-1, 320-2, 320-3, 320-4 está en comunicación de fluido con la línea de suministro de fluido 43 y la línea de retorno de fluido 48. Cada dispositivo de control de presión de bajada 320-1 está en comunicación de fluido con la cámara de bajada 33 de un actuador respectivo de los actuadores 32-1, 32-2, 32-3, 32-4. El supervisor 42 está preferiblemente en comunicación eléctrica con cada uno de los dispositivos de control de presión de bajada 320 y con el dispositivo de control de presión de elevación 310 a través del cableado del actuador 45. El supervisor 42 está configurado preferiblemente para modificar un estado operativo de cada dispositivo de control 310, 320 (por ejemplo, para cambiar la presión ordenada por cada dispositivo de control).

En la operación, el supervisor 42 ordena una presión de bajada individual a cada dispositivo de control de presión de bajada 320 que entonces establece la presión de bajada ordenada en la cámara de bajada 33 del actuador asociado 32. El supervisor 42 también ordena una presión de elevación común al dispositivo de control de presión de elevación 310 que entonces establece la presión de elevación común ordenada en las cámaras de elevación 35 de cada actuador 32.

En la realización ilustrada en la figura 3B, el dispositivo de control de presión de elevación 310 y los dispositivos de control de presión de bajada 320 comprenden válvulas de reducción de la presión como el Modelo número TS10-36 fabricado por HydraForce en Lincolnshire, Illinois. En dicha realización, la línea de suministro de fluido 43 y la línea de retorno de fluido 48 están en comunicación de fluido con los orificios de presión y depósito, respectivamente, de cada válvula, y el orificio de trabajo de cada válvula está conectado al actuador asociado 32. El supervisor 42 está en comunicación eléctrica con un solenoide asociado a cada válvula. En el funcionamiento, el supervisor 42 envía una corriente de control individual a cada válvula y cada válvula establece una presión proporcional a la corriente de control asociada.

Procesos de control

Dado que la presión de elevación en el sistema de control 300 es común a todas las hileras, un proceso de control de dicho sistema establece preferentemente una presión de elevación apropiada en base a la presión de bajada que se aplica en cada hilera. Tal proceso minimiza preferentemente que se produzca pérdida de profundidad de siembra en cualquier hilera y minimiza preferentemente que se produzca un exceso de fuerza descendente en cualquier hilera.

Un proceso preferido 400 para determinar y establecer la presión de bajada deseada y la presión de elevación en los actuadores 32 se ilustra en las figuras 4A-4B. El proceso 400 incluye procesos 420 para determinar y ordenar la presión de bajada deseada para cada unidad de hilera 10 y un proceso 450 para determinar y ordenar la presión de elevación común deseada para todas las unidades de hilera.

Con referencia a la figura 4A, se utiliza un proceso separado 420 para cada hilera para determinar la presión de bajada individual a ordenar a cada actuador 32. En el paso 402, el supervisor 42 determina preferentemente una presión neta deseada preferentemente en base a la medición de la fuerza descendente actual. La presión neta deseada es la suma deseada de la presión de bajada en la cámara de bajada 33 menos la presión de elevación en la cámara de elevación 35. Para determinar la presión de bajada requerida para obtener la presión neta deseada, el supervisor 42 obtiene preferiblemente la presión de elevación actualmente ordenada en el paso 406. La presión de elevación actualmente ordenada se almacena preferiblemente en la memoria por el proceso 450, como se describe aquí con respecto a la figura 4B. En el paso 408, el supervisor 42 determina una presión de bajada ordenada en base a la presión de elevación ordenada actualmente y la presión neta deseada. En el paso 410, el supervisor 42 envía una señal de orden al dispositivo de control de presión de bajada 320 relacionada con la presión de bajada ordenada. En el paso 412, el supervisor 42 almacena preferiblemente la nueva presión de bajada ordenada en la memoria.

Volviendo a la figura 4B, un proceso 450 compara preferentemente la presión de bajada actual en cada hilera con un rango deseado y luego determina una presión de elevación común apropiada a ordenar a los actuadores 32 en base a dichas comparaciones. Una realización de un rango deseado de presión de bajada 480 se ilustra en la figura 4D. Como se ilustra, cada cámara de presión de bajada tiene una presión operativa máxima 472. En la realización ilustrada, la presión operativa máxima 472 es de aproximadamente 20684 kPa (3000 psi). Debe apreciarse a la luz de esta descripción que, si el supervisor 42 está ordenando una presión de bajada negativa en una hilera, entonces el proceso 420 ha determinado que esa hilera necesita más presión de elevación que la que está siendo proporcionada por la cámara de elevación; es decir, el exceso de fuerza descendente es demasiado alto. Así, el rango deseado 480 tiene preferentemente un mínimo 484 aproximadamente igual a cero. Por el contrario, si el supervisor 42 está ordenando una presión de bajada mayor que la presión operativa máxima de la cámara de bajada, entonces la presión de elevación tiene que reducirse para mantener la profundidad en esa hilera. Así, el rango deseado 480 tiene un máximo 482 aproximadamente igual a la presión operativa máxima 472.

También debe apreciarse que debido a que los sistemas hidráulicos tardan una cierta cantidad de tiempo para reaccionar a las órdenes, puede ser deseable comenzar a modificar la presión de elevación cuando la presión de bajada en una hilera dada se aproxima a cero o a la presión operativa máxima de la cámara de bajada. Por lo tanto, una segunda realización de un rango deseado de presión de bajada 490 se ilustra en la figura 4D. El rango deseado 490 tiene un máximo 492 que es menor que la presión operativa máxima 472 en una banda superior 495. El rango deseado 490 tiene un mínimo 494 que es mayor que la presión operativa máxima 472 en una banda inferior 493. Las magnitudes de la banda inferior 493 y la banda superior 495 se eligen para permitir que el sistema de control 300 cambie proactivamente la presión de elevación sin realizar cambios innecesarios o demasiado frecuentes en la presión de elevación.

Por lo tanto, volviendo a la figura 4B y al proceso 450 para determinar la presión de elevación, el supervisor 42 obtiene la presión de bajada actualmente ordenada para cada hilera en el paso 432. El proceso 420 almacena preferiblemente la presión de bajada actualmente ordenada en la memoria como se explica en este documento con respecto a la figura 4A. En el paso 434, el supervisor 42 determina si la presión de bajada en cualquiera de los actuadores 32 está fuera de un rango deseado. Si la presión de bajada está dentro del rango deseado para todos los actuadores, entonces en el paso 436 el supervisor 42 retiene preferiblemente la presión de elevación actualmente ordenada y en el paso 446 almacena preferiblemente la presión de elevación actualmente ordenada en la memoria.

Si la presión de bajada está fuera del rango deseado para al menos un actuador, entonces en el paso 438 el supervisor 42 determina si una o más hileras están por encima o por debajo del rango deseado. Si al menos una hilera está por encima del rango deseado y ninguna hilera está por debajo del rango deseado, entonces en el paso 440 el supervisor 42 ordena preferentemente una disminución de la presión de elevación y en el paso 446 almacena preferentemente la nueva presión de elevación ordenada en la memoria. Si al menos una hilera está por debajo del rango deseado y ninguna hilera está por encima del rango deseado, entonces en el paso 444 el supervisor 42 ordena preferentemente un aumento de la presión de elevación y en el paso 446 almacena preferentemente la nueva presión de elevación ordenada en la memoria. Si al menos una hilera está por encima del rango deseado y al menos una hilera está por debajo del rango deseado, entonces en el paso 442 el supervisor 42 ordena preferentemente una disminución de la presión de elevación y en el paso 446 almacena preferentemente la nueva

presión de elevación ordenada en la memoria. La disminución de la presión de elevación en el paso 442 es preferible porque cuando una primera hilera tiene un exceso de presión de bajada y una segunda hilera tiene una presión de bajada insuficiente, el coste económico potencial para la primera hilera (debido a la pérdida de profundidad y la posible colocación de semillas encima de la tierra) es generalmente mayor que el coste económico potencial para la segunda hilera (debido al exceso de compactación de la tierra o a la mala definición del surco).

En una realización alternativa del proceso 450, en lugar de retener la presión de elevación actual en el paso 436 cuando todas las hileras están dentro del rango deseado, el sistema realiza un proceso alternativo 436' ilustrado en la figura 4C. En el paso 462, el supervisor 42 promedia la presión de bajada en los actuadores 32. En el paso 464, el supervisor 42 compara el valor promedio de la presión de bajada con una presión operativa de rango medio 473 (figura 4D) asociada con los actuadores 32. En algunas realizaciones, la presión operativa media 473 es la mitad de la presión operativa máxima 472. Si la presión media de bajada está por debajo de la presión operativa de rango medio 473, entonces en el paso 468 el supervisor 42 ordena un incremento de la presión de elevación. El aumento de la presión de elevación tenderá a aumentar la presión media de bajada en los actuadores 32. Asimismo, si la presión promedio de bajada está por encima de la presión operativa de rango medio 473, entonces en el paso 466 el supervisor 42 ordena una reducción de la presión de elevación. La disminución de la presión de elevación tenderá a disminuir la presión media de bajada en los actuadores 32. Debe observarse a la luz de esta descripción que el mantenimiento de la presión de bajada media en los actuadores 32 en o cerca de la presión operativa de rango medio 473 de los actuadores permitirá que el sistema reaccione más eficazmente a los cambios en la presión neta deseada. Por lo tanto, si la presión media de bajada es sustancialmente igual a la presión operativa de rango medio 473, entonces en el paso 470 el supervisor 42 mantiene la presión de elevación actual.

En el proceso 420 descrito anteriormente con referencia a la figura 4A, la presión de elevación se obtiene directamente a modo de "alimentación" y se usa (además de la medición de la fuerza descendente actual) en la determinación de una nueva presión de elevación ordenada. Sin embargo, el paso 406 de obtener la presión de sustentación actual podría eliminarse en algunas realizaciones del proceso 420, dando lugar a un sistema de retroalimentación en el que los efectos de los cambios en la presión de sustentación son tomados en cuenta después de que afectan a la medición actual de la fuerza descendente. En tales realizaciones, el paso de determinar una presión neta deseada en el paso 404 también podría eliminarse de modo que el supervisor 42 determine simplemente una nueva presión de bajada (o cambio en la presión de bajada) en base a la medición de la fuerza descendente actual.

Sistemas y procesos de control alternativos

En las realizaciones del sistema de las figuras 3A y 3B, la presión de bajada es controlada individualmente mientras que la presión de elevación es controlada por un solo dispositivo de control. Sin embargo, en otros ejemplos que no forman parte de la invención, la presión de elevación es controlada individualmente mientras que la presión de bajada en todas las hileras es controlada por un solo dispositivo de control. Sin embargo, si un lado del actuador 32 va a ser controlado en base a cada hilera, es preferible controlar las cámaras de presión de bajada individualmente (como en las figuras 3A y 3B) porque el mantenimiento de la profundidad mediante la adición oportuna de fuerza descendente donde sea necesario es más importante económica y agrónomicamente que la eliminación oportuna del exceso de fuerza descendente.

En otros ejemplos que no forman parte de la invención, tanto la presión de elevación como la de bajada pueden ser controladas individualmente por dos válvulas reductoras de presión asociadas a cada hilera. Tales ejemplos implican un aumento significativo del coste del sistema, ya que debe utilizarse una válvula adicional para cada hilera de la sembradora. Asimismo, la presión de elevación puede ser controlada en común para cualquier número de hileras entre dos y el número de hileras en la barra de herramientas (por ejemplo, la presión de elevación puede ser controlada por separado para cada una de las tres secciones de la sembradora).

En otras realizaciones del sistema de control 300 ilustrado en la figura 3A, el dispositivo de control de elevación 310 y los dispositivos de control de presión de bajada 320 comprenden servoválvulas electrohidráulicas de control de flujo. En tales realizaciones, cada servoválvula de control de flujo está preferiblemente en comunicación eléctrica con el supervisor 42. En otras realizaciones, cada uno del dispositivo de control de elevación 310 y de los dispositivos de control de presión de bajada 320 comprende tanto una servoválvula electrohidráulica de control de flujo como un sensor de presión en comunicación de fluido con un sensor de presión. En tales realizaciones, cada servoválvula de control de flujo y cada sensor de presión están preferiblemente en comunicación eléctrica con el supervisor 42.

En el proceso 400 descrito anteriormente, el proceso 420 para controlar la presión de bajada comprende un bucle de retroalimentación en el que la entrada es la medición de la fuerza descendente actual de cada hilera.

Como se ilustra en el proceso 700 de la figura 7, la presión de elevación puede ser controlada comparando cualquier criterio relacionado con la penetración en la tierra de los discos abridores en cada hilera a un rango deseado. Se debe apreciar que en la realización de las figuras 4A y 4B, el criterio de penetración en tierra es igual a (o derivado de) la presión de bajada ordenada en cada hilera. Sin embargo, en otras realizaciones este criterio puede estar relacionado con (o derivado de) cualquiera de los siguientes, sin limitación: una orden de presión neta (determinada

en el paso 404 de la figura 4A), la lectura del sensor 52 (que indica la fuerza vertical en las ruedas calibradoras 18 en cada fila), o la presión real de bajada en la cámara de presión de bajada 33 de cada actuador 32 (medida, por ejemplo, por un transductor de presión 800 - como los que se puede obtener de Gems Sensors and Controls en Plainville, CT - incorporado en cada actuador como se ilustra en la figura 8). Cualquiera que sea el criterio obtenido en el paso 732, el criterio en cada hilera es comparado preferiblemente con un rango deseado en el paso 734. Si el criterio de penetración en tierra está dentro del rango para todas las hileras, entonces la presión de elevación actual es retenida en el paso 736. Si el criterio de penetración en tierra está fuera del rango para cualquier hilera, entonces en el paso 738 el supervisor 42 determina si el criterio de penetración en tierra es alto o bajo para cada hilera. Si el criterio de penetración en tierra para al menos una hilera es alto (indicando que se necesita más fuerza para penetrar la tierra a la profundidad deseada) y no es bajo para ninguna hilera, entonces la presión de elevación se disminuye en el paso 740. Si el criterio de penetración en tierra para al menos una hilera es bajo (indicando que se está aplicando más fuerza de la necesaria para penetrar en la tierra hasta la profundidad deseada) y no es alto para ninguna hilera, entonces la presión de elevación se incrementa en el paso 744. Si el criterio de penetración en tierra para al menos una hilera es bajo y es alto para al menos otra hilera, entonces la presión de elevación se disminuye preferentemente en el paso 742 porque, como se discute aquí, el costo económico del exceso de presión de bajada es generalmente menor que el asociado con la pérdida de profundidad. Debe apreciarse que, en el paso 742, el sistema de control 300 elige una de las dos acciones indeseables (por ejemplo, elige reducir la presión de elevación en lugar de aumentar la presión de elevación) en base a un coste económico o agronómico estimado de ambas acciones indeseables. En otras realizaciones, el coste económico relativo de la pérdida de profundidad en un número dado de hileras se compara con el coste económico del exceso de fuerza descendente en otro número de hileras, y la presión de elevación se modifica en base a esa comparación. En cada caso, en el paso 746 la presión de elevación ordenada es almacenada preferiblemente en la memoria para su uso en la determinación de la presión de bajada deseada en cada hilera (como se ilustra en la figura 4A).

Mientras el proceso 700 determina la presión de elevación apropiada como se ha descrito anteriormente, la presión de bajada deseada en cada hilera es determinada y ordenada preferiblemente como se describe aquí con respecto a la figura 4A. Por lo tanto, se debe apreciar a la luz de esta descripción que, donde el criterio de penetración en tierra es la lectura del sensor 52 (es decir, la fuerza vertical en las ruedas calibradoras 18), una lectura más alta del sensor corresponderá a una menor fuerza de penetración requerida (y viceversa) de tal manera que el criterio de penetración en tierra derivado de la lectura del sensor está preferiblemente relacionado de manera inversa a la lectura del sensor y puede ser derivado, por ejemplo, invirtiendo la lectura del sensor.

Debe apreciarse a la luz de esta descripción que, aunque un criterio dado de la penetración en tierra se puede relacionar con las condiciones del suelo tales como la dureza o la humedad del suelo, tal criterio puede cambiar para las condiciones constantes de la tierra. Por ejemplo, cuando el peso de una unidad individual de hilera 10 disminuye debido a la descarga de las entradas de cultivo durante las operaciones de siembra, se puede requerir más fuerza suplementaria para penetrar la tierra con los discos abridores 12. Además, un criterio de penetración en tierra puede representar una fuerza suplementaria requerida para penetrar en la tierra o una cantidad de fuerza aplicada en exceso de la fuerza requerida para penetrar en la tierra; por ejemplo, en algunas realizaciones la magnitud de un criterio positivo puede estar relacionada con la cantidad de fuerza adicional requerida para penetrar en la tierra, mientras que la magnitud de un criterio negativo puede estar relacionada con la cantidad de fuerza aplicada en exceso de la fuerza requerida para penetrar en la tierra. En algunas realizaciones, el criterio también puede ser booleano, por ejemplo, puede tener uno de dos valores dependiendo de si la tierra ha sido penetrada a profundidad completa; tales realizaciones pueden usar un interruptor de contacto (por ejemplo, dispuesto entre los brazos 36 de las ruedas calibradoras y el tope 60) para determinar si la tierra está ejerciendo alguna fuerza sobre las ruedas calibradoras 18.

También se debe apreciar a la luz de esta descripción que, en métodos alternativos, múltiples criterios de penetración en tierra pueden ser consultados al determinar una presión de elevación apropiada.

Además, la magnitud de los ajustes incrementales realizados en la presión de elevación y en la presión de bajada, como se describe en el presente documento, puede determinarse mediante controladores PID, PI o similares, como se conoce en la técnica.

Sistema de fuerza descendente de cilindros de dos etapas

Una realización alternativa del sistema de control 300 se ilustra en la figura 3C. Se ilustran dos hileras. En el sistema de control 300' de la figura 3C, cada actuador 32 es reemplazado por un actuador de dos etapas 500. El actuador de dos etapas 500 incluye una cámara de elevación 535, una cámara de bajada primaria 515 y una cámara de bajada suplementaria 525. Las cámaras de bajada primarias 515 de los actuadores de dos etapas 500 están preferiblemente en comunicación de fluido con los orificios de suministro y retorno de fluido 376, 374 a través de los dispositivos de control de presión de bajada individuales 320. Las cámaras de elevación 535 están preferiblemente en comunicación de fluido con los orificios de suministro y retorno de fluido 376, 374 a través de un dispositivo de control de presión de elevación común 310. Las cámaras de bajada suplementaria 525 están preferiblemente en comunicación de fluido con los orificios de suministro y retorno de fluido 376, 374 a través de un dispositivo de control de presión de bajada suplementaria común 315.

Los dispositivos de control 310, 315, 320 pueden incluir válvulas de reducción de presión. El supervisor 42 está en comunicación eléctrica con los dispositivos de control 310, 315, 320, preferentemente mediante una conexión eléctrica a un solenoide asociado a cada dispositivo de control.

El actuador de dos etapas 500 se ilustra en detalle en las figuras 5A y 5B. El actuador 500 incluye un cabezal 560 y una varilla 550. El cabezal 560 incluye la cámara de bajada primaria 515 en comunicación de fluido con un orificio de cámara de bajada primaria 510, la cámara de bajada suplementaria 525 en comunicación de fluido con un orificio de cámara de bajada suplementaria 520, y la cámara de elevación 535 en comunicación de fluido con un orificio de cámara de elevación 530. La varilla 550 está montada en una varilla interior 540. La varilla interior 540 se recibe de forma deslizante dentro del cabezal 560. La varilla interior 540 incluye una superficie anular superior 544 que define una superficie superior de la cámara de elevación 535. La varilla interior 540 incluye una superficie anular inferior 542 que define una superficie inferior de la cámara de bajada suplementaria 525. La varilla interior 540 también incluye una superficie anular primaria 541 que se extiende dentro de la cámara de bajada primaria 515. El cabezal 560 incluye preferentemente un agujero de montaje 590 para su fijación a la barra de herramientas 2. Como se ilustra con respecto al actuador 32 en la figura 1A, la varilla 550 está preferiblemente unida a la unidad de hilera 10 para la transmisión de fuerzas verticales desde la barra de herramientas 2 a la unidad de hilera 10.

En la operación del actuador de dos etapas 500, a medida que la presión aumenta en la cámara de elevación 535, el aumento de la presión en la superficie anular superior 544 crea una fuerza ascendente en la varilla interior 540 y por lo tanto en la varilla 550. A medida que la presión aumenta en la cámara de bajada primaria 515, el aumento de la presión en la superficie de la cámara de bajada primaria 541 crea una fuerza hacia abajo en la varilla interior 540 y, por lo tanto, en la varilla 550. A medida que la presión aumenta en la cámara de bajada suplementaria 525, el aumento de la presión en la superficie anular inferior 542 crea una fuerza descendente en la varilla interior 540 y por lo tanto en la varilla 550.

Con referencia a la figura 5C, las superficies 541, 542, 544 tienen zonas superficiales A541, A542, A544, respectivamente. Asimismo, las presiones variables de fluido en las cámaras 515, 525, 535 se indican con los números de referencia P515, P525, P535, respectivamente. Así, una fuerza vertical neta F sobre la varilla 550 puede expresarse de la siguiente manera:

$$F = P_{515}A_{541} + P_{525}A_{542} - P_{535}A_{544}$$

Debe apreciarse a la luz de esta descripción que el actuador de dos etapas 500 permite que el sistema de control funcione con menos flujo de fluido acumulado. Los ajustes más pequeños y frecuentes de la fuerza vertical neta F pueden realizarse ajustando la presión de bajada primaria, mientras que los ajustes más grandes de la fuerza descendente pueden realizarse ajustando la presión de bajada suplementaria cuando sea necesario. A medida que aumenta el diámetro D540 de la varilla interior 540 (es decir, a medida que aumenta la zona A541 y disminuye la zona A542), aumenta la fuerza descendente máxima variable por hilera y disminuye la cantidad de flujo compartido entre los cilindros 500.

Métodos de control de cilindros de dos etapas

En el funcionamiento del sistema de control 300' de la figura 3C, el dispositivo de control de presión de bajada primaria 310 proporciona una presión de bajada primaria individual a cada actuador 500. Cuando la presión de bajada total deseada para cualquier hilera es mayor que la presión que puede ser proporcionada por la presión individual, el dispositivo de control de presión de bajada suplementaria 315 incrementa la presión de bajada suplementaria común en la cámara de presión de bajada suplementaria 525 para todas las hileras. Como en el sistema de control de las figuras 3A y 3B, cuando la presión de bajada total deseada para cualquier hilera es negativa, el dispositivo de control de presión de elevación 310 aumenta la presión de elevación común en la cámara de presión de elevación 535 para todas las hileras.

Un proceso preferido 600 para controlar el sistema de control 300' de la figura 3C se ilustra en las figuras 6A y 6B.

Con referencia a la figura 6A, los procesos 620 se usan para ordenar una presión de bajada primaria para cada hilera en base a la medición de la fuerza hacia abajo en dicha hilera y preferiblemente en base a las presiones de elevación y de bajada suplementaria alimentadas desde el proceso 650 (figura 6B). En el paso 602, el supervisor 42 obtiene la medición actual de la fuerza descendente para la hilera del sensor 52 asociado. En el paso 604, el supervisor 42 determina una presión neta deseada, preferiblemente en base a la medición de la fuerza descendente actual. La presión neta es la suma de las presiones de bajada en las cámaras de bajada primaria y suplementaria 515, 525 menos la presión de elevación en la cámara de elevación 535. Para determinar la presión de bajada primaria requerida para obtener la presión neta deseada, el supervisor 42 obtiene la presión de elevación y la presión de bajada suplementaria actualmente ordenadas en el paso 606. En el paso 608, el supervisor 42 determina una presión primaria de bajada ordenada en base a la presión primaria de bajada y la presión de elevación actualmente ordenadas y la presión neta deseada. En el paso 610, el supervisor 42 envía una señal de orden al

dispositivo de control 320 relacionada con la presión de bajada primaria ordenada. En el paso 612, el supervisor 42 almacena preferentemente la nueva presión primaria de bajada ordenada en la memoria. Debe apreciarse que los procesos 620 son similares a los procesos 420 descritos aquí, excepto que tanto la presión de elevación ordenada como la presión de bajada suplementaria son consultadas y se ordena una presión de bajada primaria.

Volviendo a la figura 6B, se ilustra un proceso 650 para determinar la presión de elevación y la presión de bajada suplementaria. En el paso 632, el supervisor 42 obtiene la presión primaria de bajada actualmente ordenada para cada hilera. La presión de bajada primaria actualmente ordenada es almacenada preferiblemente en la memoria por el proceso 620 como se describe en este documento con respecto a la figura 6A. En el paso 634, el supervisor 42 determina si la presión de bajada primaria en cualquiera de los actuadores 500 está fuera de un rango deseado. El rango deseado puede ser similar a cualquiera de los rangos deseados descritos con respecto a la figura 4D, excepto que el rango deseado está asociado con la cámara de presión de bajada primaria 515. Si la presión de bajada primaria está dentro del rango deseado para todos los actuadores, entonces en el paso 636 el supervisor 42 retiene preferentemente la presión de bajada suplementaria y la presión de elevación actualmente ordenadas y en el paso 646 almacena preferentemente la presión de bajada suplementaria y la presión de elevación actualmente ordenadas en la memoria.

Si la presión de bajada está fuera del rango deseado para al menos un actuador, entonces en el paso 638 el supervisor 42 determina si una o más hileras están por encima o por debajo del rango deseado. Si al menos una hilera está por debajo del rango deseado y ninguna hilera está por encima del rango deseado, entonces en el paso 643 el supervisor 42 reduce preferentemente la presión de bajada suplementaria ordenada. En el paso 644, el supervisor 42 determina si la presión de bajada suplementaria ordenada es negativa. Si la presión de bajada suplementaria ordenada es negativa, entonces en el paso 645 el supervisor 42 aumenta preferentemente la presión de elevación ordenada y en el paso 646 almacena preferentemente la presión de elevación ordenada actualmente y la presión de bajada suplementaria en la memoria. Si la presión de bajada suplementaria ordenada no es negativa, entonces en el paso 646 el supervisor 42 almacena preferentemente la presión de elevación y la presión de bajada suplementaria actualmente ordenadas en la memoria sin ajustar la presión de bajada suplementaria ordenada.

Si al menos una hilera está por encima del rango deseado y ninguna hilera está por debajo del rango deseado, entonces en el paso 640 el supervisor 42 ordena preferentemente una disminución de la presión de elevación. En el paso 649, el supervisor 42 determina preferentemente si la presión de elevación ordenada resultante es negativa. Si la presión de elevación actualmente ordenada es negativa, entonces en el paso 652 el supervisor 42 ordena preferentemente un aumento en la presión de bajada suplementaria y en el paso 646 almacena preferentemente la presión de bajada suplementaria y la presión de elevación actualmente ordenadas en la memoria. Si la presión de elevación actualmente ordenada no es negativa, entonces en el paso 646 el supervisor 42 almacena preferentemente la presión de bajada suplementaria y la presión de elevación actualmente ordenadas en la memoria sin modificar la presión de bajada suplementaria.

Si al menos una hilera está por encima del rango deseado y al menos una hilera está por debajo del rango deseado, entonces en el paso 642 el supervisor 42 ordena preferentemente una disminución de la presión de elevación. En el paso 649, el supervisor 42 determina preferentemente si la presión de elevación ordenada resultante es negativa. Si la presión de elevación actualmente ordenada es negativa, entonces en el paso 652 el supervisor 42 ordena preferentemente un aumento en la presión de bajada suplementaria y en el paso 646 almacena preferentemente la presión de bajada suplementaria y la presión de elevación actualmente ordenadas en la memoria. Si la presión de elevación actualmente ordenada no es negativa, entonces en el paso 646 el supervisor 42 almacena preferentemente la presión de bajada suplementaria y la presión de elevación actualmente ordenadas en la memoria sin modificar la presión de bajada suplementaria.

Debe apreciarse a la luz de esta descripción que el proceso 650 no presuriza preferentemente las cámaras de presión de elevación y las cámaras de presión de bajada suplementaria simultáneamente. El proceso 650 reduce la presión de bajada suplementaria a cero antes de aumentar la presión de elevación. A medida que la presión de elevación ordenada es más negativa, la presión de elevación determinada en el paso 645 aumenta. Asimismo, el proceso 650 reduce la presión de elevación a cero antes de aumentar la presión de bajada suplementaria. A medida que la presión de elevación ordenada es más negativa, la fuerza de bajada suplementaria determinada en el paso 652 aumenta.

Sistemas de control regenerativo

Como se ha descrito anteriormente, el sistema de control 300' de la figura 3C proporciona una presión de elevación común o una presión de bajada suplementaria común a todas las hileras. En algunos escenarios, el supervisor 42 puede determinar que la presión de elevación es requerida cuando la presión de bajada suplementaria está siendo aplicada, y viceversa. Para disminuir el tiempo y el flujo de fluido requerido para dejar de aplicar la presión de bajada suplementaria y comenzar a aplicar la presión de elevación (o viceversa), el sistema de control 300" de la figura 3D permite selectivamente la regeneración (es decir, el flujo directo) entre las cámaras de bajada suplementaria 525 y las cámaras de elevación 535.

En el sistema de control 300" de la figura 3D, las cámaras de bajada suplementaria son puestas en comunicación de fluido por un dispositivo de control 317. El dispositivo de control 317 es preferentemente una válvula de asiento bidireccional operada por solenoide y una válvula de control de flujo, pero en algunas realizaciones comprende un orificio fijo. Un dispositivo de control 311 está en comunicación de fluido con el dispositivo de control de presión de elevación 310 y las cámaras de elevación 535. Un dispositivo de control 316 está en comunicación de fluido con el dispositivo de control de presión de bajada suplementaria 315 y las cámaras de bajada suplementaria 525. Los dispositivos de control 311, 316 son preferentemente válvulas de asiento bidireccionales accionadas por solenoide, como el modelo número SV08-28 que se puede obtener de HydraForce en Lincolnshire, Illinois. Los solenoides de los dispositivos de control 311, 316, 317 están en comunicación eléctrica con el supervisor 42.

En la operación del sistema de control 300" de la figura 3D, el supervisor 42 modifica los parámetros operativos de los dispositivos de control 311, 316, 317 para permitir el flujo entre las cámaras de bajada suplementaria 525 y las cámaras de elevación 535. Para permitir que el fluido fluya desde la cámara de bajada suplementaria 525 a la cámara de elevación 535, el dispositivo de control 311 se abre (o permanece abierto), el dispositivo de control 316 se cierra y el dispositivo de control 317 se abre. Para permitir que el fluido fluya desde la cámara de elevación 535 a la cámara de bajada suplementaria 525, el dispositivo de control 311 se cierra, el dispositivo de control 316 se abre (o permanece abierto), y el dispositivo de control 317 se abre. Para evitar el flujo regenerativo, el dispositivo de control 317 se cierra y los dispositivos de control 311, 316 se abren (o permanecen abiertos), convirtiendo efectivamente el sistema de control 300" de la figura 3D al sistema de control 300 de la figura 3C.

Aunque los sistemas, métodos y aparatos descritos en este documento son principalmente hidráulicos, deberá apreciarse que la presente descripción podría utilizarse para implementar un sistema neumático similar. Por ejemplo, en algunas realizaciones, los cilindros descritos en el presente documento se sustituyen por cilindros neumáticos o bolsas de aire y las válvulas descritas en el presente documento se sustituyen por válvulas neumáticas de funcionalidad equivalente. También debe entenderse que la sembradora 1 con unidades de hilera 10 podría ser cualquier implemento agrícola con unidades espaciadas lateralmente que se muevan verticalmente con respecto a la barra de herramientas y donde se desee tener una fuerza descendente variable para las unidades espaciadas lateralmente.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (300; 300'; 300") configurado para aplicar fuerza descendente a un implemento agrícola (1) que tiene múltiples unidades de hilera (10), comprendiendo:

un primer actuador (32-1; 500-1), estando dispuesto dicho primer actuador (32-1; 500-1) para aplicar fuerza a una primera unidad de hilera, incluyendo dicho primer actuador (32-1; 500-1) una primera cámara de bajada (33-1; 515-1) y una primera cámara de elevación (35-1; 535-1), tendiendo la presión en dicha primera cámara de bajada a oponerse a la presión en dicha primera cámara de elevación;

un segundo actuador (32-2; 500-2), estando dispuesto dicho segundo actuador (32-2; 500-2) para aplicar fuerza a una segunda unidad de hilera, incluyendo dicho segundo actuador (32-2; 500-2) una segunda cámara de bajada (33-2; 515-2) y una segunda cámara de elevación (35-2; 535-2), tendiendo la presión en dicha segunda cámara de bajada a oponerse a la presión en dicha segunda cámara de elevación;

un primer dispositivo de control de presión de bajada (320-1) en comunicación de fluido con dicha primera cámara de bajada (33-1; 515-1) para controlar la presión en dicha primera cámara de bajada;

un segundo dispositivo de control de presión de bajada (320-2) en comunicación de fluido con dicha segunda cámara de bajada (33-2; 515-2) para controlar la presión en dicha segunda cámara de bajada;

un dispositivo de control de presión de elevación (310) en comunicación de fluido con dicha primera cámara de elevación (35-1; 535-1) para controlar la presión en dicha primera cámara de elevación; y

circuitería de procesamiento en comunicación eléctrica con dicho primer dispositivo de control de fuerza descendente (320-1), dicho segundo dispositivo de control de fuerza descendente (320-2), y dicho dispositivo de control de presión de elevación (310), estando configurada dicha circuitería de procesamiento para modificar un estado de operación de dicho primer dispositivo de control de fuerza descendente, dicho segundo dispositivo de control de fuerza descendente, y dicho dispositivo de control de elevación,

caracterizado porque el dispositivo de control de presión de elevación (310) está en comunicación de fluido con dicha segunda cámara de elevación (35-2; 535-2) para controlar la presión en dicha segunda cámara de elevación.

2. El sistema de la reivindicación 1, en el que dicha circuitería de procesamiento está configurada además para:

determinar un primer criterio de penetración en tierra asociado con dicha primera unidad de hilera;

determinar un segundo criterio de penetración en tierra asociado con dicha segunda unidad de hilera;

determinar si dicho primer criterio de penetración en tierra o dicho segundo criterio de penetración en tierra excede de un rango predeterminado; y

reducir la presión en dicha primera cámara de bajada (33-1; 515-1) y dicha segunda cámara de bajada (33-2; 515-2) cuando dicho primer criterio de penetración en tierra o dicho segundo criterio de penetración en tierra excede de dicho rango predeterminado.

3. El sistema de la reivindicación 1, incluyendo además:

un primer sensor de fuerza descendente (52-1) asociado con dicha primera unidad de hilera, estando dicho primer sensor de fuerza descendente en comunicación eléctrica con dicha circuitería de procesamiento, estando configurado dicho primer sensor de fuerza descendente (52-1) para generar una primera señal de fuerza descendente relacionada con una fuerza entre la tierra y dicha primera unidad de hilera; y

un segundo sensor de fuerza descendente (52-2) asociado con dicha segunda unidad de hilera, estando dicho segundo sensor de fuerza descendente (52-2) en comunicación eléctrica con dicha circuitería de procesamiento, estando configurado dicho segundo sensor de fuerza descendente para generar una segunda señal de fuerza descendente relacionada con una fuerza entre la tierra y dicha segunda unidad de hilera.

4. El sistema de la reivindicación 3, en el que dicha circuitería de procesamiento está configurada además para:

determinar una presión en dicha primera cámara de bajada (33-1; 515-1) en base a dicha primera señal de fuerza descendente; y

determinar una presión en dicha segunda cámara de bajada (33-2; 515-2) en base a dicha segunda señal de fuerza descendente.

5. El sistema de la reivindicación 2, incluyendo además:

un primer sensor de fuerza descendente (52-1) asociado con dicha primera unidad de hilera, estando dicho primer sensor de fuerza descendente (52-1) en comunicación eléctrica con dicha circuitería de procesamiento, estando configurado dicho primer sensor de fuerza descendente (52-1) para generar una primera señal de fuerza descendente relacionada con una fuerza entre la tierra y dicha primera unidad de hilera; y

un segundo sensor de fuerza descendente (52-2) asociado con dicha segunda unidad de hilera, estando dicho segundo sensor de fuerza descendente (52-2) en comunicación eléctrica con dicha circuitería de procesamiento, estando configurado dicho segundo sensor de fuerza descendente (52-2) para generar una segunda señal de fuerza descendente relacionada con una fuerza entre la tierra y dicha segunda unidad de hilera,

donde dicha circuitería de procesamiento está configurada además para determinar una presión en dicha primera cámara de bajada (33-1; 515-1) en base a dicha primera señal de fuerza descendente y para determinar una presión en dicha segunda cámara de bajada (33-2; 515-2) en base a dicha segunda señal de fuerza descendente.

6. El sistema de la reivindicación 5, en el que:

dicho primer criterio de penetración en tierra comprende una de la presión en dicha primera cámara de bajada (33-1; 515-1), la presión en dicha primera cámara de bajada menos la presión en dicha primera cámara de elevación (35-1; 535-1), y dicha primera señal de fuerza descendente; y

dicho segundo criterio de penetración en tierra comprende una de la presión en dicha segunda cámara de bajada (33-2; 515-2), la presión en dicha segunda cámara de bajada menos la presión en dicha segunda cámara de elevación (35-2; 515-2), y dicha segunda señal de fuerza descendente.

7. El sistema de la reivindicación 2, en el que dicha circuitería de procesamiento está configurada además para:

determinar si dicho primer criterio de penetración en tierra o dicho segundo criterio de penetración en tierra es menor que un rango predeterminado; y aumentar la presión en dicha primera cámara de bajada (33-1; 515-1) y dicha segunda cámara de bajada (33-2; 515-2) cuando dicho primer criterio de penetración en tierra o dicho segundo criterio de penetración en tierra es menor que dicho rango predeterminado y cuando ni dicho primer criterio de penetración en tierra ni dicho segundo criterio de penetración en tierra superan dicho rango predeterminado.

8. El sistema de la reivindicación 5, en el que dicha circuitería de procesamiento está configurada además para:

determinar si dicho primer criterio de penetración en tierra o dicho segundo criterio de penetración en tierra es menor que un rango predeterminado; y aumentar la presión en dicha primera cámara de bajada (33-1; 515-1) y dicha segunda cámara de bajada (33-2; 515-2) cuando dicho primer criterio de penetración en tierra o dicho segundo criterio de penetración en tierra es menor que dicho rango predeterminado y cuando ni dicho primer criterio de penetración en tierra ni dicho segundo criterio de penetración en tierra superan dicho rango predeterminado.

9. El sistema de la reivindicación 8, en el que dicho primer sensor de fuerza descendente (52-1) comprende una clavija de detección de carga.

10. El sistema de la reivindicación 8, en el que dicha circuitería de procesamiento está configurada además para retener la presión en dicha primera cámara de bajada y dicha segunda cámara de bajada cuando tanto dicho primer criterio de penetración en tierra como dicho segundo criterio de penetración en tierra están dentro de dicho rango predeterminado.

11. Un método de controlar la fuerza aplicada a una primera unidad de hilera agrícola por un primer actuador (32-1; 500-1) que tiene una primera cámara (33-1; 515-1) y una segunda cámara (35-1; 535-1) y de controlar la fuerza aplicada a una segunda unidad de hilera agrícola por un segundo actuador (32-2; 515-2) que tiene una tercera cámara (33-2; 515-2) y una cuarta cámara (35-2; 535-2), comprendiendo:

controlar la presión en la primera cámara (33-1; 515-1) modificando un estado operativo de un primer dispositivo de control (320-1) en comunicación de fluido con la primera cámara;

controlar la presión en la tercera cámara (33-2; 515-2) modificando el estado operativo de un segundo dispositivo de control (320-2) en comunicación de fluido con la tercera cámara; y

controlar la presión en la segunda cámara (35-1; 535-1) modificando el estado operativo de un tercer dispositivo de control (310) en comunicación de fluido con la segunda cámara,

caracterizado porque el tercer dispositivo de control (310) está en comunicación de fluido con la cuarta cámara (35-2; 535-2), y en el que la modificación del estado operativo del tercer dispositivo de control (310) controla la presión en la cuarta cámara.

5 12. El método de la reivindicación 11, incluyendo además:

determinar un primer criterio de penetración en tierra asociado con la primera unidad de hilera;

determinar un segundo criterio de penetración en tierra asociado con la segunda unidad de hilera;

10 determinar si dicho primer criterio de penetración en tierra o dicho segundo criterio de penetración en tierra excede de un rango predeterminado; y

15 reducir la presión en la primera cámara y la tercera cámara cuando dicho primer criterio de penetración en tierra o dicho segundo criterio de penetración en tierra excede de dicho rango predeterminado.

13. El método de la reivindicación 11, incluyendo además:

20 generar una primera señal de fuerza descendente relacionada con una fuerza entre la tierra y la primera unidad de hilera; y

generar una segunda señal de fuerza descendente relacionada con una fuerza entre la tierra y la segunda unidad de hilera.

25 14. El método de la reivindicación 13, incluyendo además:

determinar una presión en la primera cámara en base a dicha primera señal de fuerza descendente; y

determinar una presión en la tercera cámara en base a dicha segunda señal de fuerza descendente.

30 15. El método de la reivindicación 12, incluyendo además:

35 generar una primera señal de fuerza descendente relacionada con una fuerza entre la tierra y la primera unidad de hilera;

generar una segunda señal de fuerza descendente relacionada con una fuerza entre la tierra y la segunda unidad de hilera;

determinar una presión en la primera cámara en base a dicha primera señal de fuerza descendente; y

determinar una presión en la tercera cámara en base a dicha segunda señal de fuerza descendente.

16. El método de la reivindicación 15, en el que

45 dicho primer criterio de penetración en tierra comprende una de la presión en la primera cámara, la presión en la primera cámara menos la presión en la segunda cámara, y dicha primera señal de fuerza descendente; y

dicho segundo criterio de penetración en tierra comprende una de la presión en la tercera cámara, la presión en la tercera cámara menos la presión en la cuarta cámara, y dicha segunda señal de fuerza descendente.

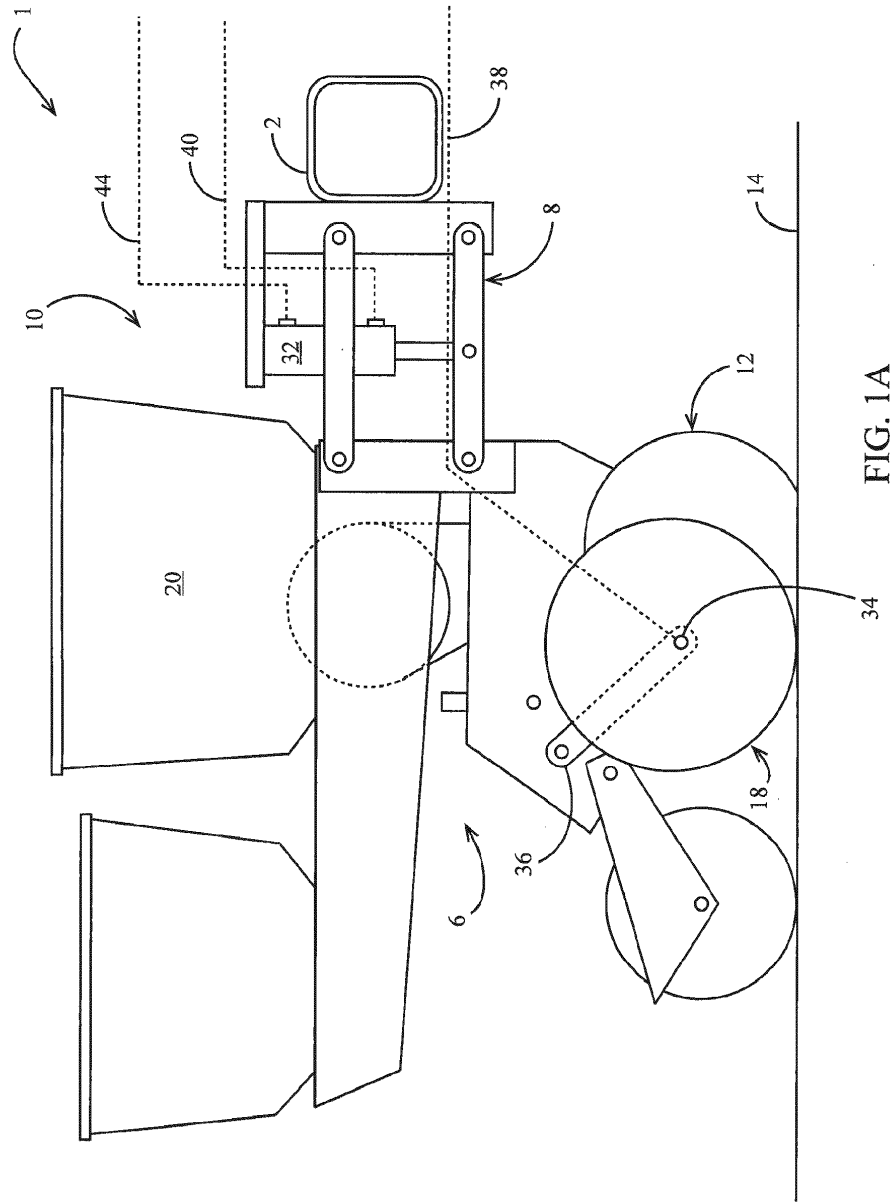
50 17. El método de la reivindicación 12, incluyendo además:

determinar si dicho primer criterio de penetración en tierra o dicho segundo criterio de penetración en tierra es menor que un rango predeterminado; y aumentar la presión en la primera cámara (33-1; 515-1) y en la tercera cámara (35-1; 535-1) cuando dicho primer criterio de penetración en tierra o dicho segundo criterio de penetración en tierra es menor que dicho rango predeterminado y cuando ni dicho primer criterio de penetración en tierra ni dicho segundo criterio de penetración en tierra exceden de dicho rango predeterminado.

18. El método de la reivindicación 17, incluyendo además:

60 retener la presión en dicha primera cámara (33-1; 515-1) y dicha tercera cámara (35-1; 535-1) cuando tanto dicho primer criterio de penetración en tierra como dicho segundo criterio de penetración en tierra están dentro de dicho rango predeterminado.

19. El método de la reivindicación 18, en el que dicha primera cámara y dicha tercera cámara son cámaras de bajada de dichos actuadores primero y segundo (32-1,32-2), respectivamente, y en el que dicha segunda cámara y dicha cuarta cámara son cámaras de elevación de dichos actuadores primero y segundo, respectivamente.



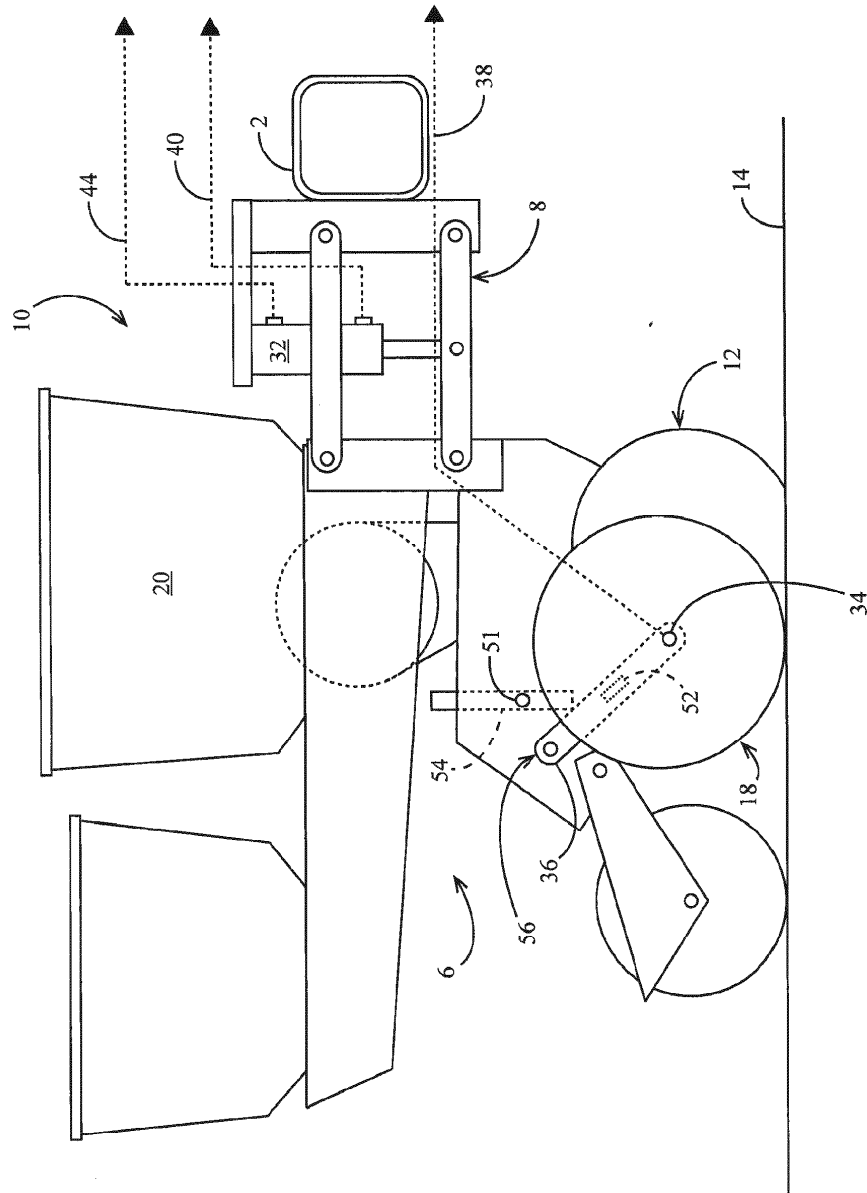


FIG. 1B

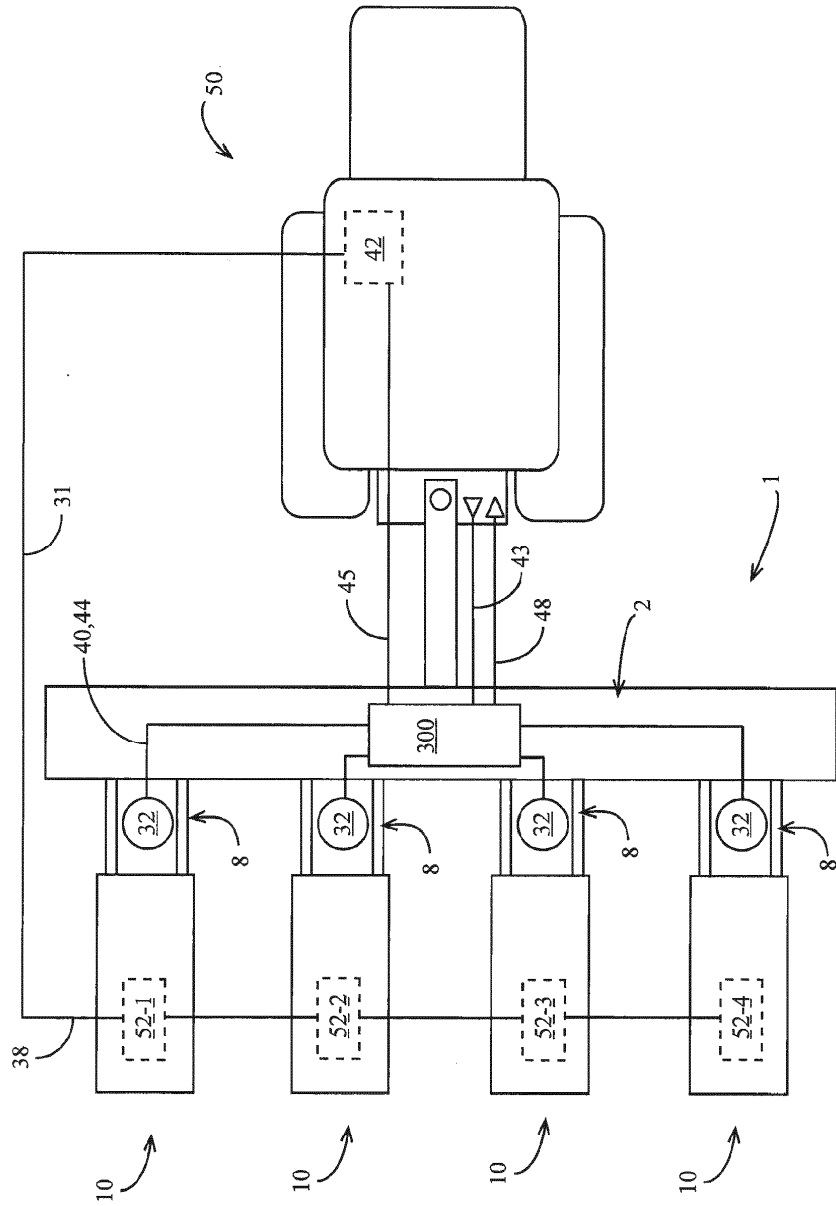


FIG. 2

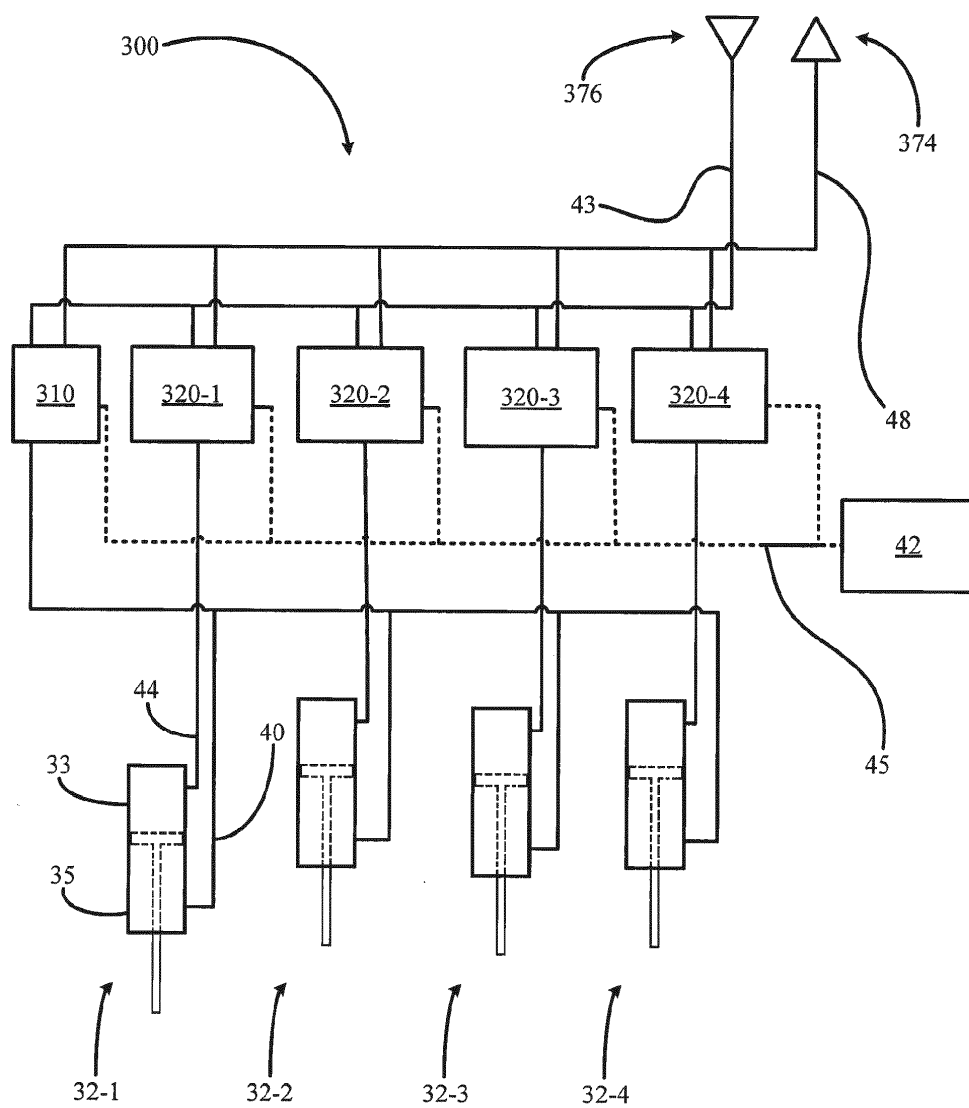


FIG. 3A

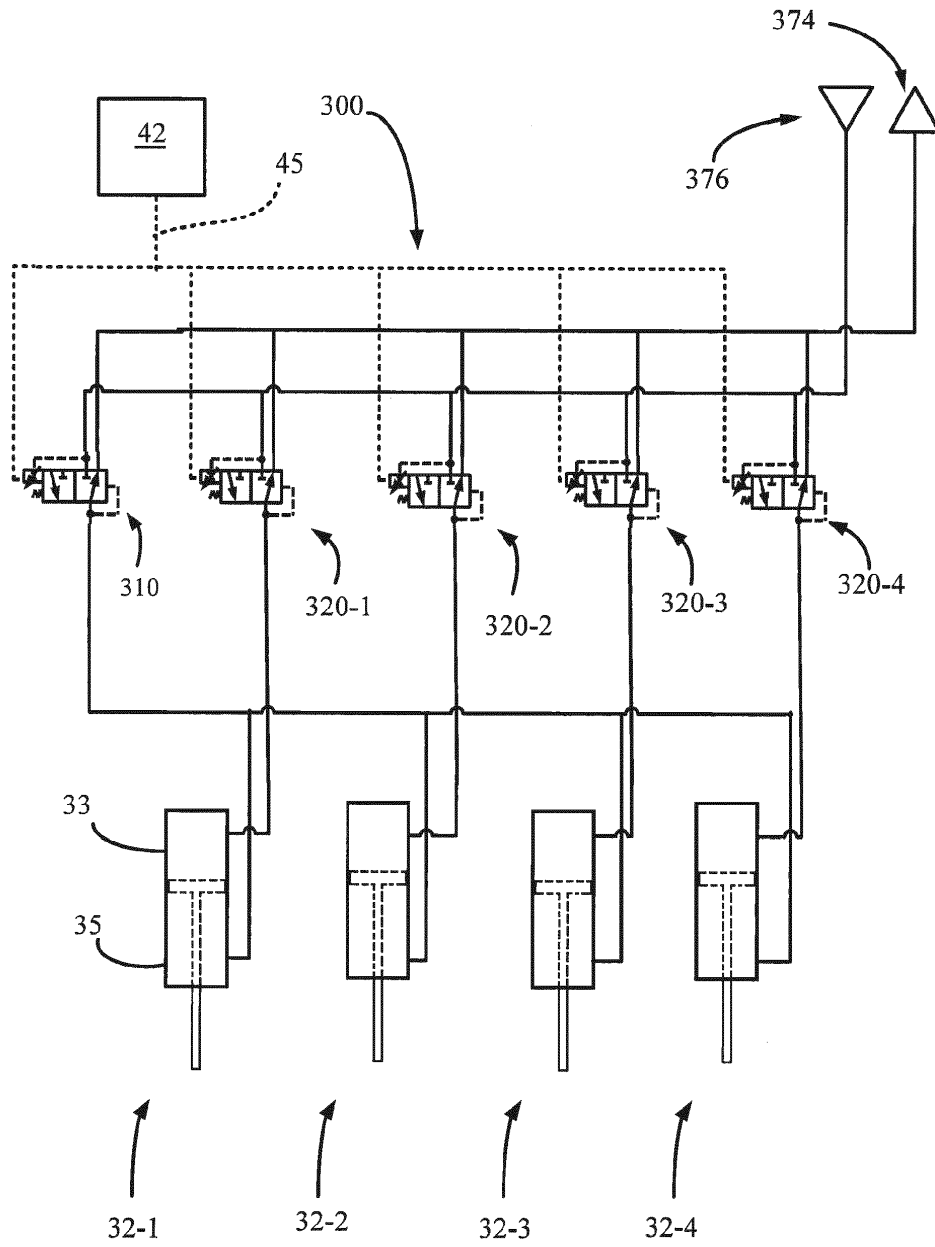


FIG. 3B

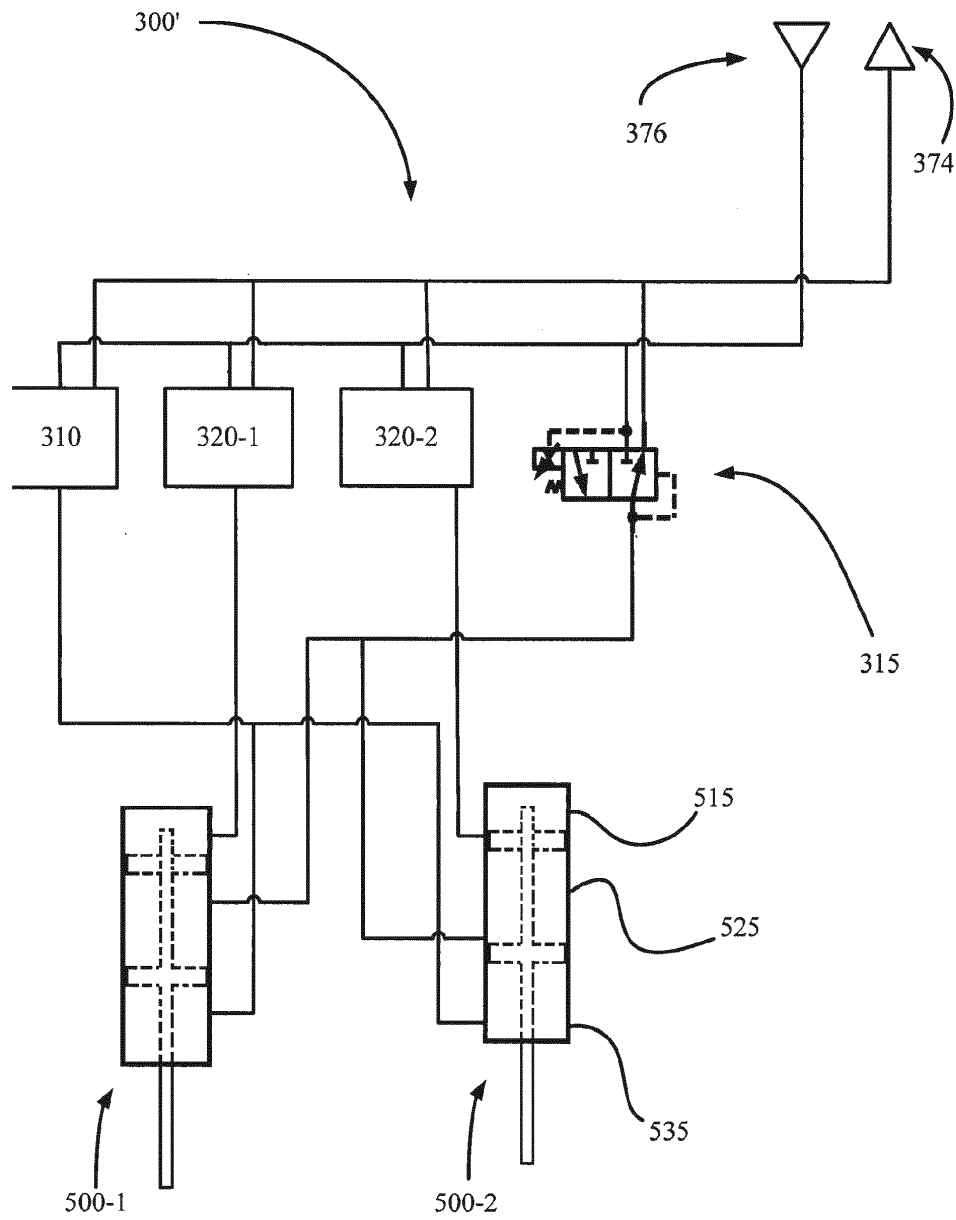


FIG. 3C

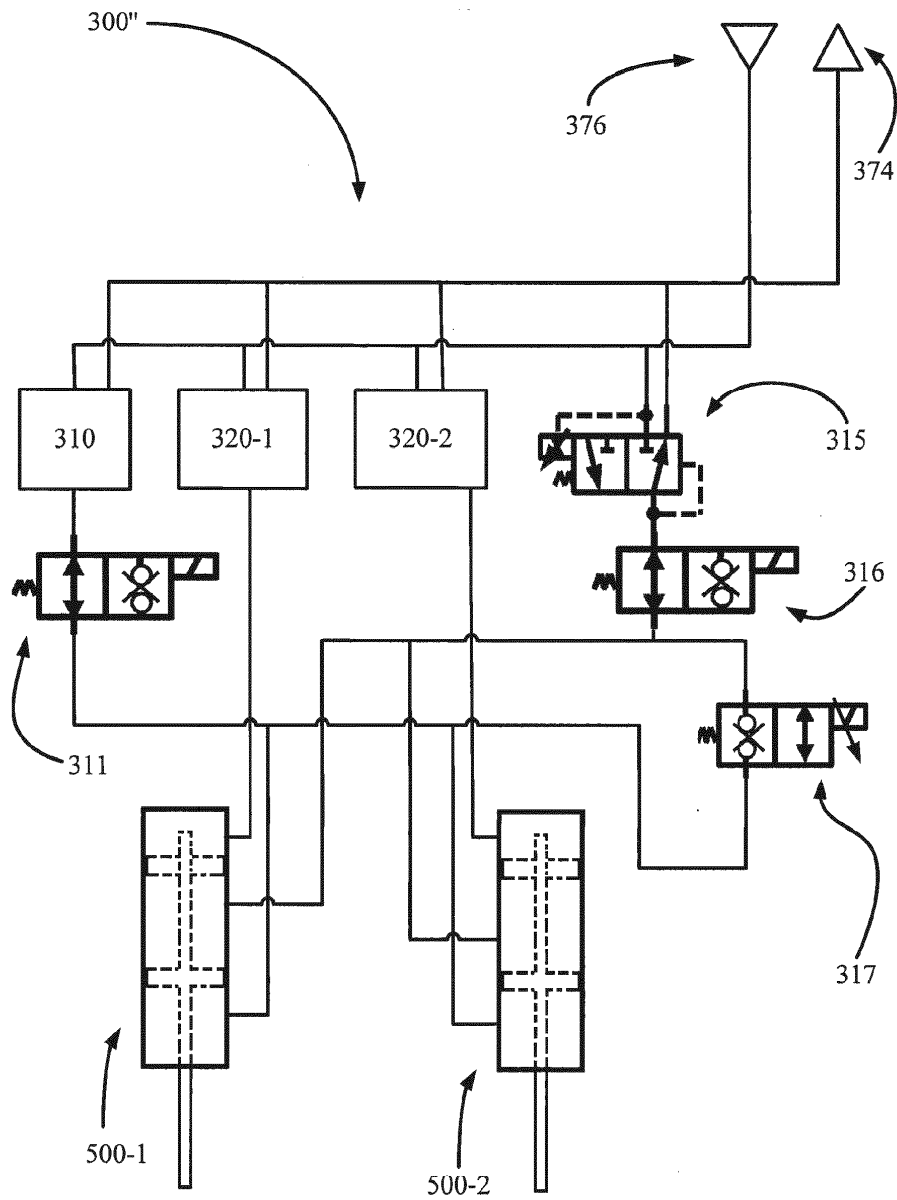
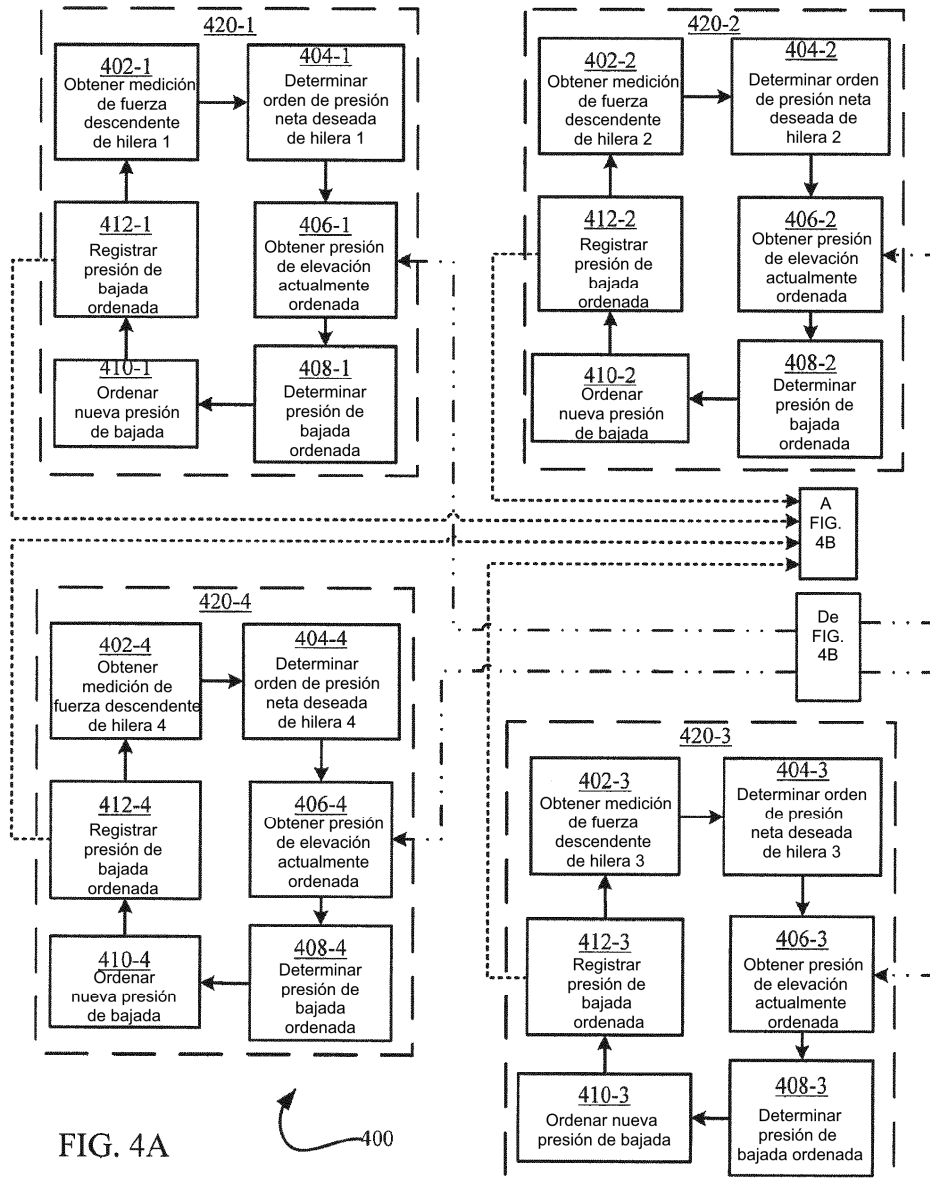


FIG. 3D



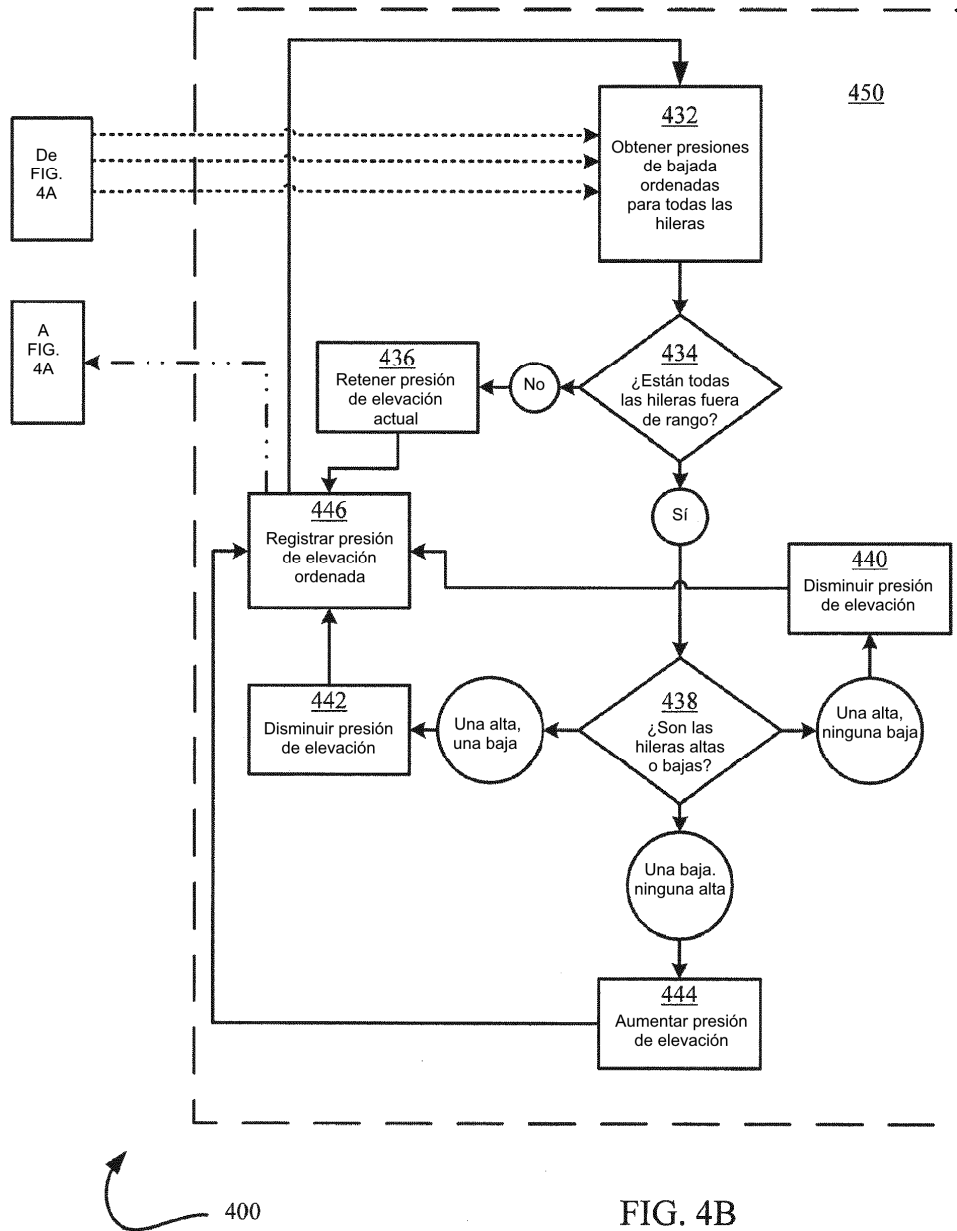


FIG. 4B

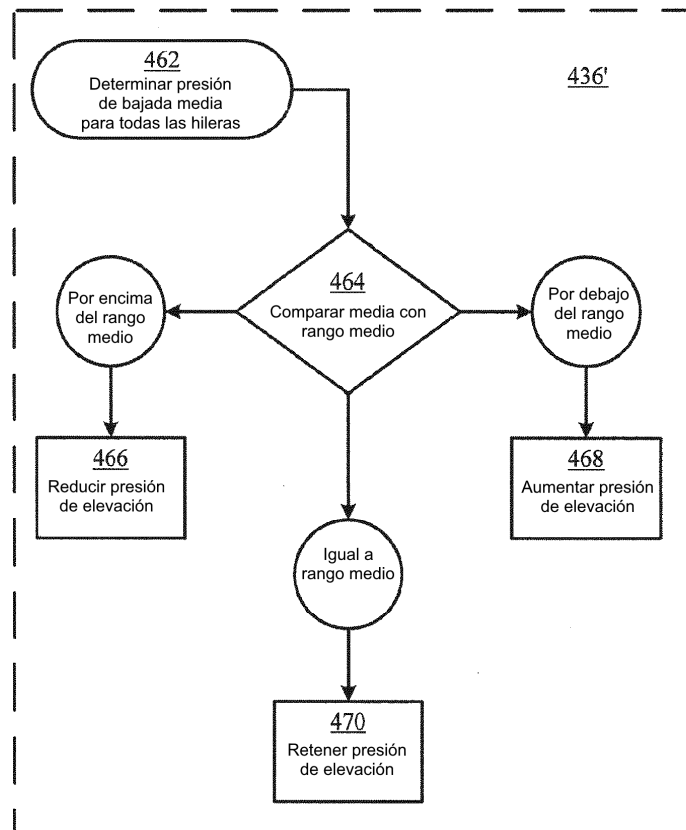


FIG. 4C

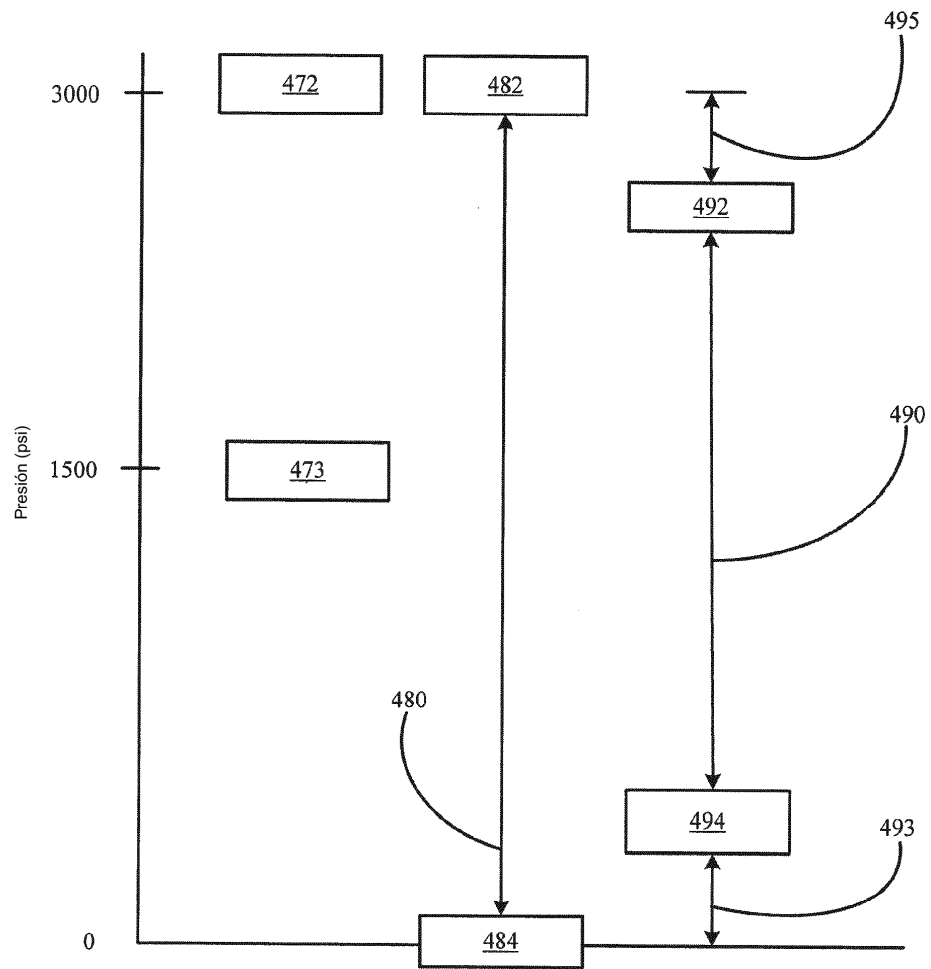


FIG. 4D

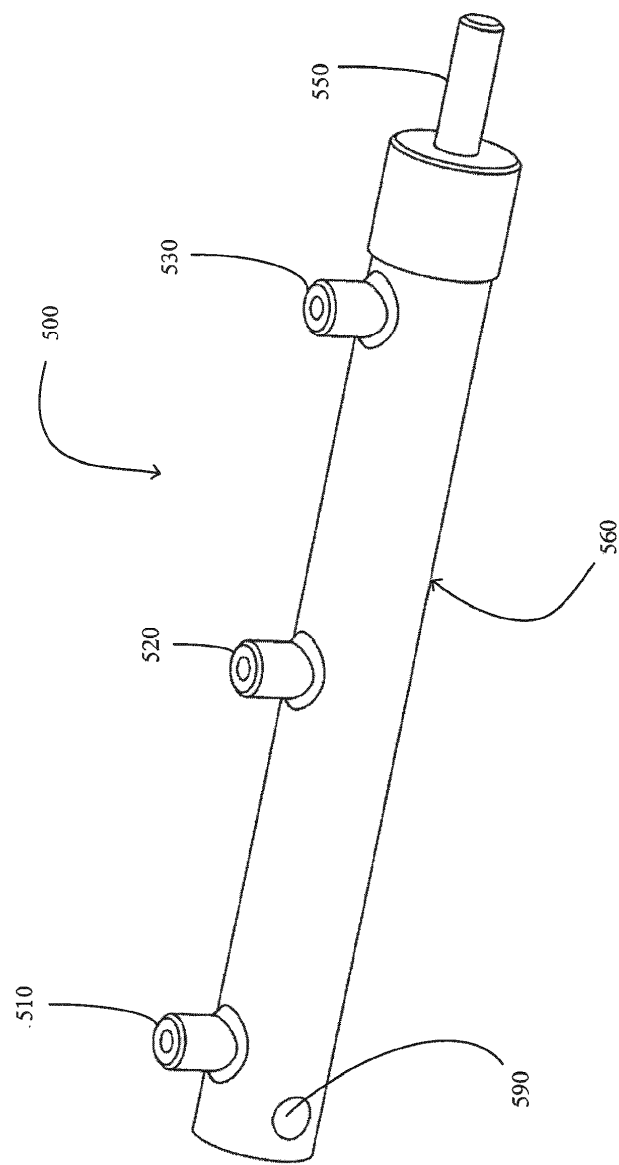


FIG. 5A

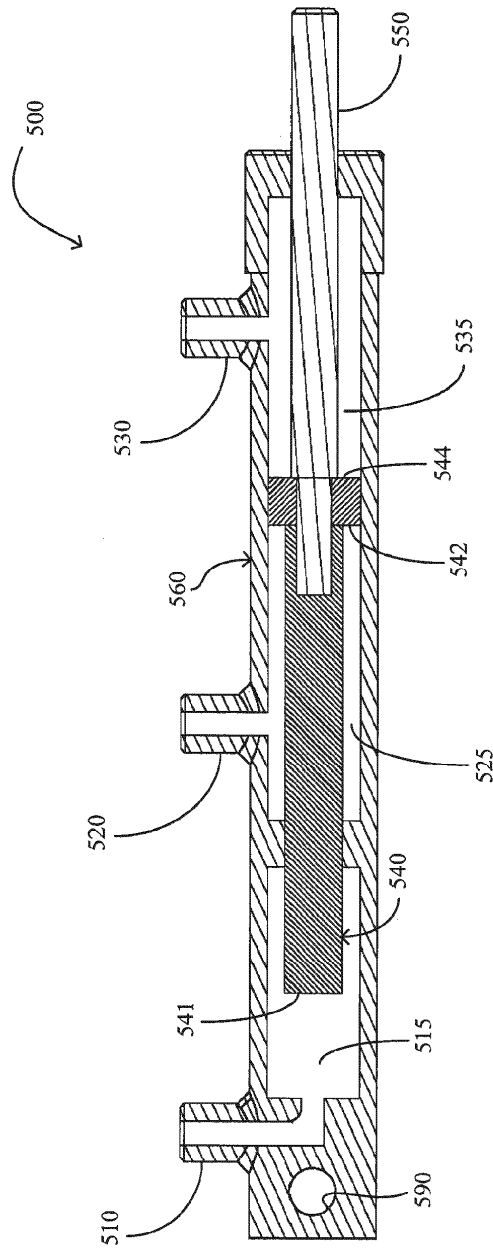


FIG. 5B

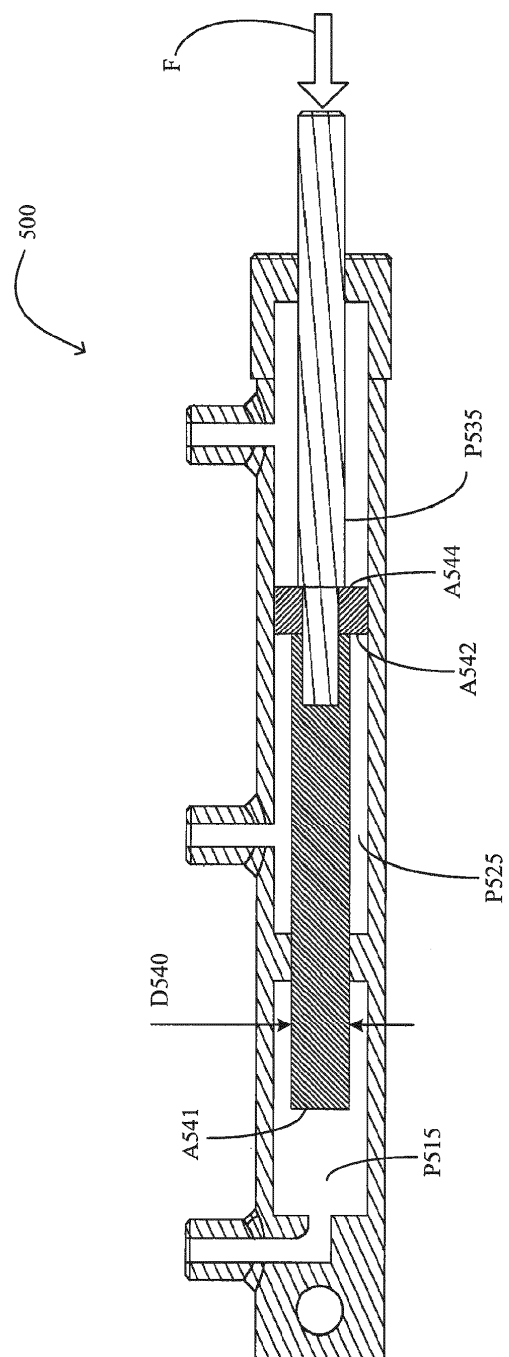


FIG. 5C

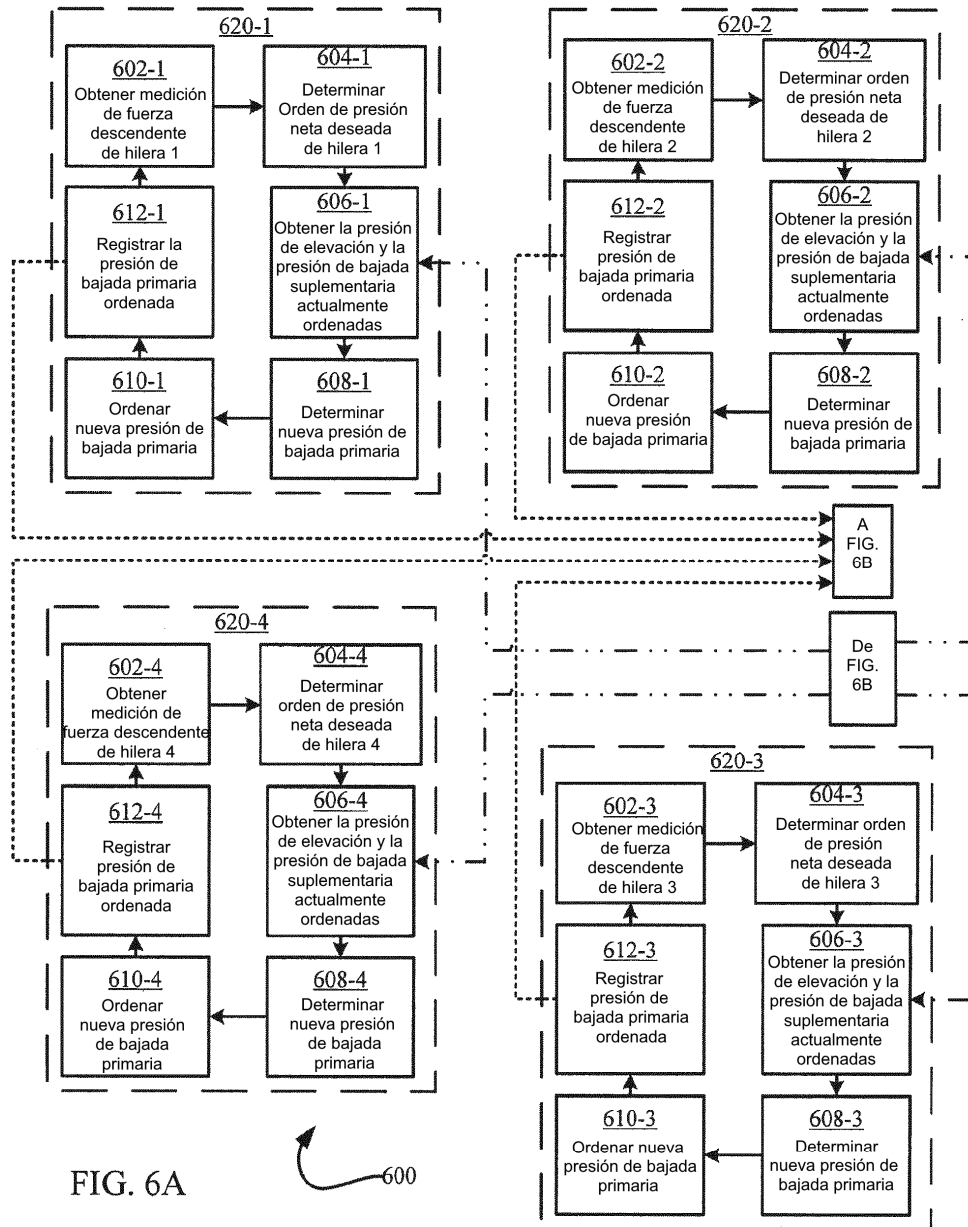


FIG. 6A

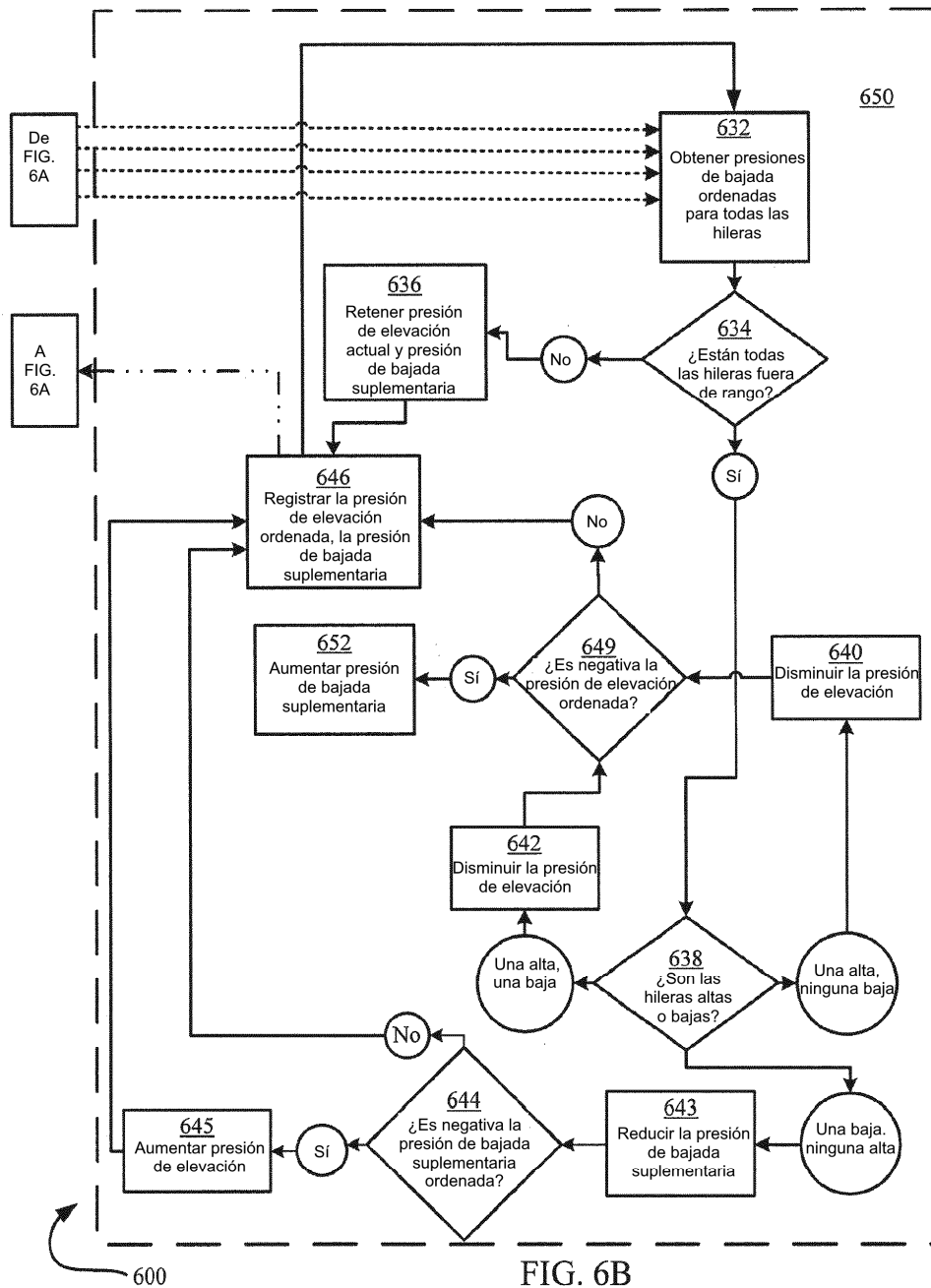


FIG. 6B

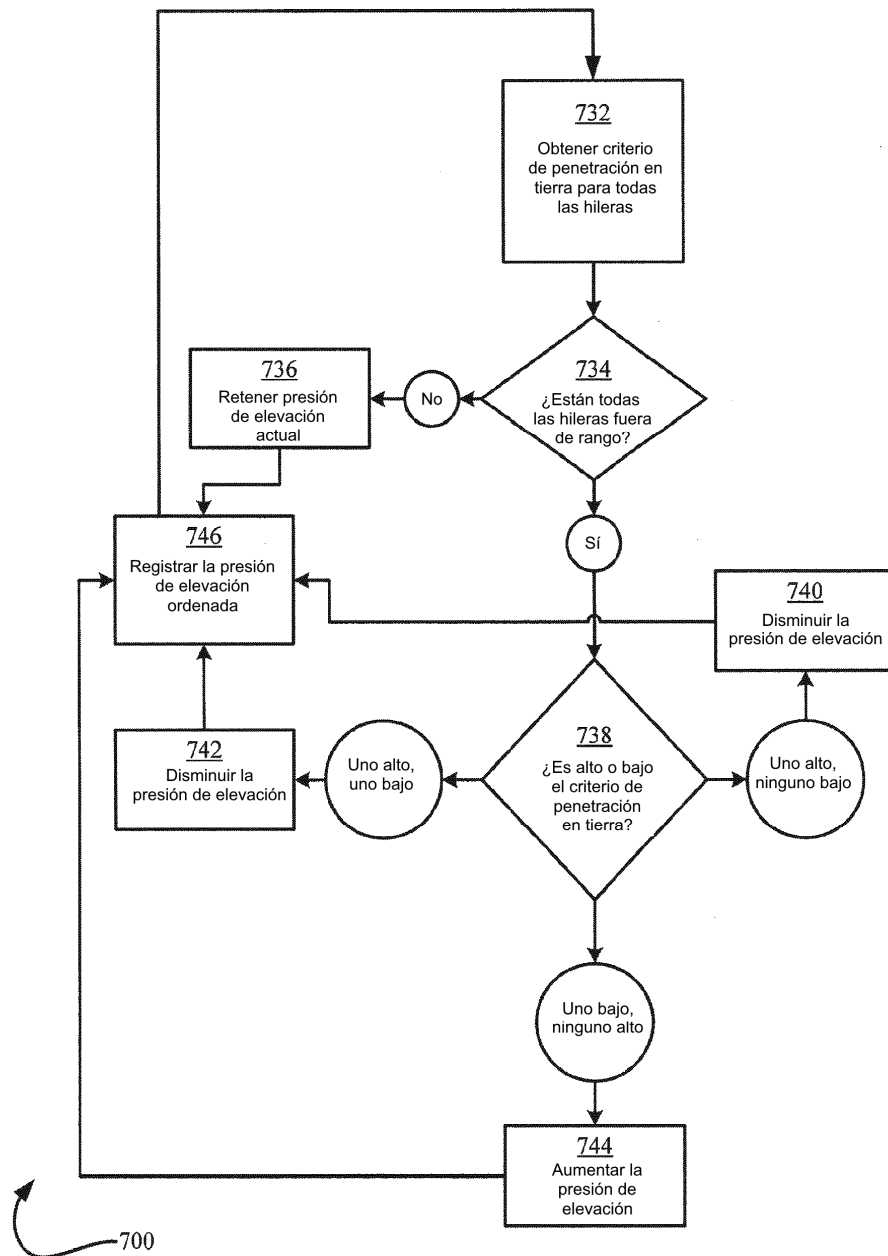


FIG. 7

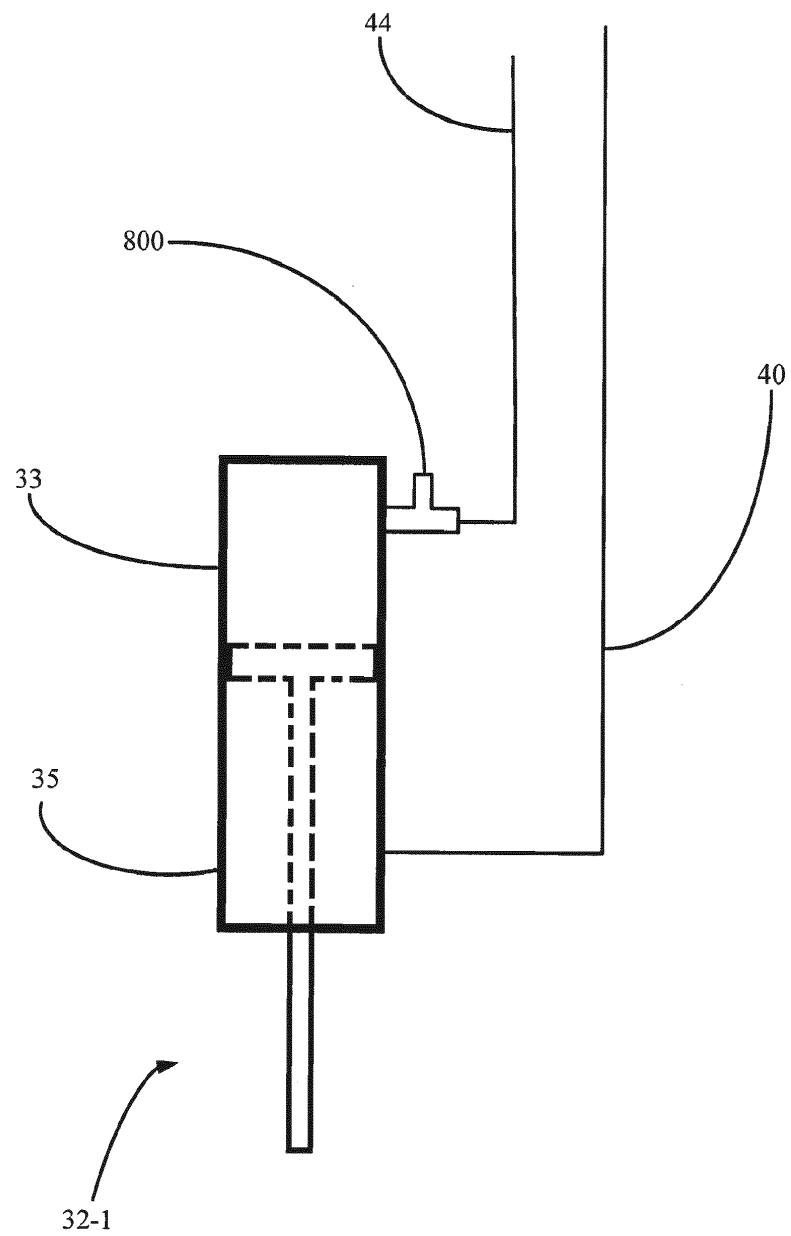


FIG. 8