

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 627 674**

51 Int. Cl.:

**G01N 3/42** (2006.01)

**A01C 7/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.01.2008 PCT/US2008/050427**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.04.2009 WO09042238**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.01.2008 E 08727400 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.04.2017 EP 2193352**

54 Título: **Sistema y método para determinar una fuerza hacia abajo apropiada para una unidad de hilera de sembradora**

30 Prioridad:

**26.09.2007 US 975332 P**

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

**31.07.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SAUDER, DEREK, A.;  
SAUDER, TIM, A.;  
KOCH, JUSTIN, L. y  
BAUER, PHIL, D.**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 627 674 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 para determinar una fuerza hacia abajo apropiada para una unidad de hilera de sembradora

**Antecedentes**

- 5 Un desafío con el que se enfrenta un productor de cultivos agrícolas cuando intenta ajustar de manera apropiada los parámetros de funcionamiento de sus equipos de siembra es las condiciones de terreno variables que se encuentran con frecuencia durante las operaciones de siembra. Las condiciones de terreno variables resultan de diferentes tipos de terreno (arena, barro o cieno), diferencias en la humedad del terreno, prácticas de drenaje y labranza o condiciones a lo largo del campo. Además de las condiciones de terreno variables, diferentes velocidades de funcionamiento pueden requerir que se realicen diferentes ajustes en los equipos.
- 10 Un parámetro de funcionamiento sobre el cual el operario tiene el mayor control para ajustarlo a las condiciones de terreno variables es la fuerza hacia abajo aplicada a la unidad de hilera de sembradora. Hay dos problemas asociados con aplicar una fuerza hacia abajo inapropiada a la unidad de hilera de sembradora. El primer problema es que una fuerza hacia abajo excesiva da como resultado que el elemento de regulación de la profundidad soporte demasiado peso (es decir, ruedas reguladoras de profundidad, esquis, plataformas, largueros, etc.). Un peso
- 15 excesivo puede compactar el terreno que rodea el surco y de ese modo inhibir un desarrollo y crecimiento apropiado de las raíces y la planta. Una fuerza hacia abajo excesiva también puede dar como resultado una profundidad de siembra que es demasiado grande con algunos tipos de abresurcos. El segundo problema es que una fuerza hacia abajo insuficiente puede dar como resultado un surco poco profundo, lo que también puede afectar perjudicialmente al rendimiento ya que la semilla puede no situarse a suficiente profundidad para tener una humedad adecuada para
- 20 una germinación apropiada.
- Generalmente se entiende que la fuerza hacia abajo total que actúa sobre la unidad de hilera consiste en el peso muerto de la unidad de hilera más el peso vivo de semillas y/o insecticida portado sobre la unidad de hilera, más cualquier fuerza hacia abajo complementaria aplicada a través de la conexión de brazos paralelos. De la fuerza hacia abajo total para la unidad de hilera, la mayor parte se usa para forzar la introducción del/de los disco(s) de abresurcos en el terreno hasta la profundidad de siembra deseada. El resto de la fuerza hacia abajo total se soporta por las ruedas reguladoras de profundidad.
- 25 Se han realizado varios intentos por desarrollar un sistema de control que mide o detecta la carga sobre las ruedas reguladoras. Un sistema de este tipo se da a conocer en la patente europea EP0372901 concedida a Baker (la "patente '901 de Baker") que usa un transductor de desplazamiento o célula de carga para medir la carga promedio sobre las ruedas reguladoras a lo largo de un periodo de tiempo.
- 30 Otro sistema se da a conocer en la patente estadounidense n.º 6389999 concedida a Duello (la "patente '999 de Duello") que da a conocer el uso de un extensómetro u otro sensor para medir la carga promedio sobre las ruedas reguladoras a lo largo de un periodo de tiempo. La descripción de la patente '999 de Duello reconoce al menos que los sensores de carga experimentarán frecuentes desplazamientos de carga. Sin embargo, el documento '999 de Duello sugiere que las señales de cargas deben filtrarse con el fin de evitar "respuestas constantes, diminutas, que pueden saturar y sobrecargar el sistema". Debe entenderse que cuando se filtra una señal tal como se sugiere en el documento '999 de Duello, el perfil de datos resultante sólo identificará el valor promedio de la señal a lo largo del intervalo de tiempo dado en contraposición a identificar los picos y valles de señal detectados reales. La patente '999 de Duello también sugiere que debe superarse algún "límite de cambio" antes de emprender una acción. Aunque no
- 40 queda claro a partir de la memoria descriptiva de Duello, se supone que este límite de cambio es una cantidad predeterminada en la que debe cambiar la carga con respecto al promedio antes de que deba emprenderse ninguna acción.
- Aún otro sistema se da a conocer en la patente estadounidense n.º 6.701.857 concedida a Jensen (la "patente '857 de Jensen"). El documento '857 de Jensen da a conocer un dispositivo de control de la profundidad que también
- 45 mide la carga sobre las ruedas reguladoras en el que "se calcula el promedio de lecturas y se toman muestras cada pocos segundos para no crear una lectura errática". El documento '857 de Jensen menciona una introducción de valor de carga deseado o predeterminado (carga objetivo) por parte del operario. Un algoritmo de control regula la fuerza hacia abajo en un intento por garantizar que la fuerza hacia abajo promedio coincide lo más posible con la carga objetivo.
- 50 Aunque cada uno de los sistemas anteriores puede realizar su propósito previsto, debe reconocerse que no todas las condiciones de terreno dan como resultado el mismo tipo de cargas sobre ruedas reguladoras. Si se requiere que el operario seleccione una carga objetivo, la carga objetivo seleccionada puede ser demasiado grande (dando como resultado la compactación del terreno) o demasiado pequeña (dando como resultado surcos poco profundos) dependiendo de las condiciones de terreno cambiantes. Por ejemplo, un terreno altamente labrado será muy
- 55 uniforme así como muy compactable, dando como resultado una carga muy uniforme sobre las ruedas reguladoras a lo largo de todo el campo. En cambio, en sistemas sin labranza o con labranza mínima, la estructura del terreno variará drásticamente a lo largo de todo el campo. La figura 2 ilustra la señal de carga generada a partir de condiciones de siembra reales en un campo que estaba altamente labrado y tenía un tipo de terreno uniforme. La

5 carga promedio era de aproximadamente 45 kilogramos (100 libras) y la señal se desvió poco de este valor, no disminuyendo nunca por debajo de 39 kilogramos (85 libras) ni subiendo por encima de 52 kilogramos (115 libras). La figura 3 ilustra la señal de carga de un campo con labranza mínima en el que la carga variaba drásticamente. La carga promedio era de aproximadamente 68 kilogramos (150 libras) pero disminuyó casi hasta cero y aumentó hasta 136 kilogramos (300 libras) en algunos momentos. Estas dos situaciones muestran las diferentes características de cargas sobre ruedas reguladoras que impiden que un operario realice la mejor determinación de establecimiento de fuerza hacia abajo basándose únicamente en la carga promedio sola. Por tanto, los sistemas anteriormente mencionados no logran proporcionar la información necesaria al operario o un accionador de control automático para minimizar la compactación del terreno excesiva al tiempo que se evite la pérdida de una profundidad de surco apropiada.

10 La fuerza hacia abajo apropiada para cualquier condición de siembra dada debe ser aquella cantidad de fuerza hacia abajo requerida para mantener la profundidad de surco deseada sin conferir una compactación excesiva al terreno que rodea al surco. Resulta difícil equilibrar estos dos criterios porque, tal como se explicó anteriormente, minimizar la compactación tenderá a crear una pérdida de profundidad de surco, mientras que minimizar la pérdida de profundidad de surco tenderá a aumentar la compactación. Por consiguiente, existe una necesidad de un sistema y un método para determinar la fuerza hacia abajo apropiada para unidades de hilera de sembradora que garantice la profundidad de surco deseada al tiempo que minimice la compactación del terreno.

15 En un aspecto la presente invención proporciona un método tal como se define en la reivindicación 1. Características preferidas del método son el objeto de las reivindicaciones 2 a 23.

20 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 ilustra una vista en alzado lateral de una unidad de hilera de sembradora típica.

La figura 2 es un ejemplo de un perfil de una señal de carga experimentada por un sensor de carga en condiciones de terreno altamente labrado.

25 La figura 3 es un ejemplo de un perfil de una señal de carga experimentada por un sensor de carga en condiciones de terreno con labranza mínima, e ilustra además un método de determinación de un margen de carga según la presente invención en el que se detecta la carga mínima durante un periodo de toma de muestras.

La figura 4 es el mismo perfil de una señal de carga que en la figura 3 e ilustra otro método de determinación de un margen de carga según la presente invención en el que se detecta la carga mínima que tiene una duración al menos igual a una duración de tiempo crítica predefinida durante un periodo de toma de muestras.

30 La figura 5 es el mismo perfil de una señal de carga que en la figura 3 e ilustra otro método de determinación de un margen de carga según la presente invención en el que se detecta la carga filtrada mínima durante un periodo de toma de muestras.

La figura 6 es el mismo perfil de una señal de carga que en la figura 3 e ilustra otro método de determinación de un margen de carga según la presente invención en el que se usa un análisis estadístico.

35 La figura 7 es un ejemplo de promedios de carga calculados ordenados por magnitud e ilustra otro método de determinación de margen de carga basándose en otro método estadístico que usa un factor de confianza.

La figura 8 es un ejemplo de un histograma de los promedios de carga calculados clasificados por intervalos de magnitud incrementales e ilustra otro método de determinación de margen de carga basándose en otro método estadístico que usa factor de confianza.

40 La figura 9 es un ejemplo de una representación gráfica de valores de carga detectados a lo largo de un periodo de toma de muestras con respecto a un umbral de carga mínima para ilustrar un método preferido de determinación de un parámetro de contacto con el suelo según la presente invención.

**Descripción detallada**

45 La figura 1 ilustra una unidad de hilera típica 10 de una sembradora convencional tal como el tipo dado a conocer en la patente estadounidense n.º 4.009.668. La unidad de hilera 10 está soportada desde el bastidor de sembradora o barra portaherramientas 12 mediante una conexión de brazos paralelos 14 que se extiende entre la barra portaherramientas 12 y el bastidor de unidad de hilera 16. Una carga muerta indicada mediante la flecha 18 representa la carga muerta de toda la unidad de hilera, incluyendo la masa del conjunto de discos de abresurcos 20 (que incluye discos de abresurcos 41 y ruedas reguladoras 42), bastidor 16, tolva de semillas 22, tolva de insecticida 24, dosificador de semillas y tubo de semillas, y la masa de cualquier otro accesorio o dispositivo soportado por el bastidor de unidad de hilera 16. Además, una carga viva correspondiente a la masa de las semillas y el insecticida almacenado dentro de las tolvas 22, 24 se representa mediante las flechas 26 y 28. También se entiende bien que en algunos diseños de unidad de hilera, las semillas y el insecticida se almacenan en una tolva central sobre el bastidor de sembradora. Por tanto, las cargas vivas asociadas con una sembradora de relleno central serán

sustancialmente inferiores a aquellas para una unidad de hilera convencional con tolvas tal como se muestra en la figura 1.

También se muestra que una fuerza hacia abajo complementaria 30 actúa sobre los brazos paralelos 14. La fuerza hacia abajo complementaria 30 puede actuar de una manera que o bien aumenta o bien disminuye la fuerza hacia abajo total o global soportada por las ruedas reguladoras 40. La fuerza hacia abajo complementaria 30 puede aplicarse mediante cualquier medio de desviación adecuado, incluyendo resortes mecánicos, cilindros neumáticos o mediante cilindros hidráulicos 32 tal como se muestra en la figura 1. Para lograr un equilibrio de carga estático, la carga muerta 18, las cargas vivas 26, 28 y la fuerza hacia abajo complementaria 30 encuentran resistencia por las fuerzas de reacción ejercidas por el terreno contra el disco de abresurcos (carga de disco de abresurcos 38), las ruedas reguladoras (la carga de ruedas reguladoras 40) y las ruedas de cierre (la carga de ruedas de cierre 36).

Tal como entienden bien los expertos habituales en la técnica, el mecanismo de ajuste de la profundidad 44 se usa para establecer la distancia relativa entre la parte inferior de los discos de abresurcos 41 y la superficie inferior de las ruedas reguladoras 42, estableciendo de ese modo la profundidad de penetración de los discos de abresurcos 41 en la superficie del terreno superficie. El término "ruedas reguladoras" se usa de manera intercambiable a lo largo de toda la memoria descriptiva con el "elemento de regulación de la profundidad". Por tanto, debe entenderse que cualquier mención en esta memoria descriptiva de tales términos incluye cualquier tipo de elemento de regulación de la profundidad, ya sean ruedas reguladoras, esquís, plataformas, largueros, etc. También se supone, para fines de esta evaluación, que los discos de abresurcos 41 penetran en el terreno hasta la profundidad predeterminada deseada establecida por el mecanismo de ajuste de la profundidad siempre que la fuerza de ruedas reguladoras 42 sea superior a cero. Si la fuerza de ruedas reguladoras es de cero o inferior, entonces se supone que los discos de abresurcos no han penetrado totalmente en el terreno hasta la profundidad preestablecida deseada.

La presente invención proporciona un método novedoso para determinar la fuerza hacia abajo apropiada para una unidad de hilera de sembradora para garantizar la profundidad de surco deseada al tiempo que se minimiza la compactación del terreno bajo los elementos de regulación de la profundidad. Para lograr lo anterior, un sensor de carga está dispuesto en la unidad de hilera para generar una señal de carga correspondiente a la carga sobre un elemento de regulación de la profundidad. Las figuras 2 y 3 son ejemplos de perfiles reales de señales de carga generados mediante un sensor de carga de este tipo. El sensor de carga preferido usado para generar señales de carga correspondientes a la carga sobre un elemento de regulación de la profundidad de la unidad de hilera es del tipo dado a conocer en la solicitud PCT en tramitación junto con la presente WO 2008/086283. Debe apreciarse que cualquier medio adecuado de generación de señales de carga correspondientes a la carga sobre los elementos de regulación de la profundidad de una unidad de hilera puede usarse en relación con los diversos métodos de la presente invención descritos a continuación en el presente documento. Por ejemplo, también puede ser adecuado el tipo de sensores de carga dados a conocer en los documentos '901 de Baker, '857 de Jensen, '999 de Duello y/o tal como se da a conocer en la solicitud estadounidense Provisional 60/883.957 presentada el 8 de enero de 2007.

Haciendo referencia al perfil de la señal de carga 100, en la figura 2, puede observarse fácilmente que la fuerza hacia abajo total sobre la unidad de hilera puede reducirse reduciendo la fuerza hacia abajo complementaria 30 en aproximadamente 36 kilogramos (ochenta libras). Incluso con la reducción de 36 kilogramos (ochenta libras), la carga de ruedas reguladoras 40 resultante nunca disminuirá por debajo de aproximadamente 2,3 kilogramos (cinco libras). Por tanto, debe apreciarse que una carga promedio de aproximadamente 9 kilogramos (veinte libras) será probablemente más que suficiente para garantizar la profundidad de surco deseada al tiempo que se minimiza la compactación del terreno. En la figura 3, la carga promedio 100 es de aproximadamente 68 kilogramos (150 libras) pero los valores bajos son casi de cero. Como resultado, en este caso, la fuerza hacia abajo complementaria no puede reducirse sin que la carga de ruedas reguladoras 40 alcance cero y poniendo de ese modo en peligro el control de la profundidad. Tal como se mencionó anteriormente, estos dos perfiles de sensor de carga demuestran que la fuerza hacia abajo apropiada sobre la unidad de hilera no puede determinarse basándose en un promedio de los valores de carga a lo largo de un periodo de toma de muestras.

Por consiguiente, en un método de la presente invención, se detecta el valor mínimo de la señal de carga que se produce durante un periodo de toma de muestras (en contraposición al valor de carga promedio tal como se da a conocer en los documentos '901 de Baker, '857 de Jensen, '999 de Duello). Basándose en este valor de carga mínima, se calcula un margen de carga que es indicativo de la cantidad de fuerza hacia abajo complementaria que debe añadirse o restarse (según sea el caso) para que la fuerza hacia abajo sobre el elemento de regulación de la profundidad sea próxima a un umbral de carga mínima deseado 104 (comentado a continuación).

A continuación en el presente documento se proporciona un método de calcular un margen de carga. En la figura 3, se ilustra una señal de carga 100 que abarca un periodo de tiempo de tres segundos. La señal de carga 100 se ha dividido en periodos de toma de muestras ( $t$ ) con una duración de aproximadamente medio segundo. Para cada periodo de toma de muestras ( $t$ ), se identifica un valor de carga mínima  $L_{\min}$ . Se establece un umbral de carga mínima 104 como valor por defecto, como parámetro de entrada de operario o como parámetro obtenido a partir de un mapa de GPS del campo que está sembrándose. Se calcula un margen de carga ( $m$ ) para cada periodo de toma de muestras ( $t$ ) en el que:

$$m = L_{\min} - \text{umbral de carga mínima } 104$$

Por tanto, se calcula un margen ( $m$ ) para cada periodo de toma de muestras ( $t$ ). El margen ( $m$ ) representa la cantidad en la que puede reducirse la fuerza hacia abajo complementaria al tiempo que se mantiene una carga al menos igual al umbral de carga mínima 104 sobre las ruedas reguladoras. De manera ideal, el margen de carga calculado debe ser o estar cerca de cero, garantizando de ese modo la profundidad de surco deseada al tiempo que se minimiza la compactación del terreno. El margen de carga calculado puede visualizarse para el operario, almacenarse en memoria para su cálculo adicional posterior y/o si la sembradora está equipada para ajustar automáticamente la fuerza hacia abajo complementaria.

El umbral de carga mínima 104 es de manera ideal un valor ligeramente superior a cero con el fin de compensar varios factores. En primer lugar, tal como se identificó anteriormente, el sensor de carga preferido es del tipo dado a conocer en la solicitud PCT n.º WO2008/086283 que usa un extensómetro. Los extensómetros están sometidos a deriva mecánica, térmica y eléctrica a lo largo del tiempo de manera que una carga de cero auténtico sobre las ruedas reguladoras puede dar como resultado una carga medida de, quizás, 2,3 kilogramos (cinco libras), por ejemplo. Es importante poder determinar si la carga sobre las ruedas reguladoras ha alcanzado realmente cero y por tanto se realizará una determinación más fiable si se usa un umbral de carga mínima 104 que es mayor que la cantidad de deriva en la señal en lugar de comparar la señal con el valor cero. En segundo lugar, puede haber ocasiones en las que es deseable una pequeña cantidad de carga de ruedas reguladoras desde un punto de vista mecánico para garantizar que los discos de abresurcos penetran realmente en el terreno hasta la profundidad deseada establecida por el mecanismo de ajuste de la profundidad. En tercer lugar, generalmente es deseable una carga de ruedas reguladoras mínima desde un punto de vista agrónomo para garantizar que las paredes laterales del surco son lo bastante firmes como para permanecer abiertas sin derrumbarse hasta que se haya colocado la semilla en el surco. Basándose en los factores anteriores, se ha encontrado que un valor de umbral de carga 104 de aproximadamente cinco libras, pero inferior a aproximadamente veinte libras, produce normalmente los resultados deseados. Sin embargo, el umbral de carga mínima puede ser superior o inferior (casi de cero) según se considere necesario o apropiado basándose en la experiencia del operario y las condiciones de terreno.

Un método alternativo de calcular el margen de carga ( $m$ ) tiene en cuenta el hecho de que una sembradora en funcionamiento es dinámica y de que disminuciones de duración extremadamente corta de la carga de ruedas reguladoras 40 detectada no significan necesariamente que la unidad de hilera haya perdido la profundidad de surco deseada. A velocidades de siembra típicas de 8 kph (cinco mph), la unidad de hilera se desplaza una distancia lineal de 2,54 cm (una pulgada) en aproximadamente once milisegundos. Por tanto, una unidad de hilera tendrá que desplazarse docenas de milímetros (varias pulgadas) con el fin de provocar un cambio apreciable en la profundidad de al menos 3,2 mm (1/8 pulgada). A partir de datos experimentales se sabe que las aceleraciones en una unidad de hilera de sembradora típica pocas veces superan una fuerza de 1 g ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ) ( $32,2 \text{ ft/s}^2$ ). Por tanto, basándose en la ecuación:  $D = 1/2 g t^2$  donde  $D = 3,2 \text{ mm}$  (1/8 pulgada) y  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$  ( $32,2 \text{ ft/s}^2$ ), el tiempo requerido para que los discos de apertura de surco se muevan 3,2 mm (1/8 pulgada) es de aproximadamente veinticinco milisegundos. Por consiguiente, si la sembradora pierde profundidad y sube hacia arriba 3,2 mm (1/8 pulgada) y después vuelve hasta la profundidad de siembra deseada, transcurrirá un tiempo total de aproximadamente 50 milisegundos (es decir, 25 milisegundos x 2) en el que se aplica una carga de cero sobre las ruedas reguladoras. Adicionalmente, se han realizado experimentos que midieron la profundidad de surco real simultáneamente con la carga de ruedas reguladoras y se encontró que una carga sobre la rueda reguladora de cero libras durante aproximadamente cuarenta milisegundos dará como resultado una pérdida de profundidad de menos de 1,6 mm (1/16 pulgada). Cargas de cero durante duraciones de 200 milisegundos darán como resultado una pérdida de profundidad de aproximadamente 9,5 mm (3/8 pulgada). Basándose en los datos anteriores, se supone que una duración de tiempo crítica ( $T_{\text{crítico}}$ ) de aproximadamente cuarenta milisegundos puede dar como resultado un cambio apreciable en la profundidad.

La figura 4 ilustra un método alternativo para calcular el margen de carga ( $m$ ) en el que las cargas mínimas se definen como el valor de carga mínima que se mantiene durante un tiempo igual o superior a  $T_{\text{crítico}}$ . Después se calcula el margen de carga ( $m$ ) como anteriormente restando el umbral de carga 104 de la carga mínima  $L_{\text{min}}$  que tiene una duración al menos igual a  $T_{\text{crítico}}$ . Ignorando las disminuciones momentáneas o picos negativos en la señal de carga 100 que no tienen una duración lo suficientemente larga como para dar como resultado una pérdida apreciable de profundidad, puede reducirse la compactación incluso más sin sacrificar profundidad de surco.

Aún otro método alternativo de determinación del margen de carga ( $m$ ) se ilustra en relación con la figura 5 y se logra aplicando un filtro a la señal de carga 100 durante el periodo de toma de muestras y después determinando el margen de carga ( $m$ ) con el mismo método que el descrito en relación con la figura 3. La figura 5 ilustra el mismo perfil de señal de carga que la figura 3. Sin embargo, en la figura 5, se ha aplicado un filtro de paso bajo de cuarenta milisegundos a la señal de carga 100. Los expertos en la técnica reconocen muchos métodos diferentes de filtrar una señal y cualquiera de tales métodos puede usarse en relación con la presente invención. La señal de carga 100 se divide en periodos de toma de muestras de un segundo. Se determina el valor mínimo de la señal filtrada dentro de cada periodo de toma de muestras y después se calcula el margen ( $m$ ) como la carga mínima filtrada  $L_{\text{min}}$  menos el umbral de carga 104. Este método da como resultado un control mejorado sobre la fuerza hacia abajo complementaria en comparación con otros sistemas tales como el documento '999 de Duello que filtran la señal de carga para impedir sobrecargar el sistema mientras que al mismo tiempo se intenta tomar decisiones de control de la fuerza hacia abajo complementaria basándose en la carga promedio en lugar de la carga mínima.

Alternativamente, en otro método que no es según la presente invención, en vez de calcular un margen de carga en relación con un umbral de carga mínima tal como se describió anteriormente, o en vez de especificar simplemente una carga arbitraria en la que se basan decisiones de fuerza hacia abajo complementaria tal como se da a conocer en los documentos '901 de Baker, '857 de Jensen, '999 de Duello, puede emplearse un análisis estadístico de la señal de carga monitorizada para derivar o deducir un margen de carga que es indicativo de si la fuerza hacia abajo complementaria sobre la unidad de hilera debe aumentarse o reducirse de modo que, estadísticamente, se garantiza la profundidad de surco deseada al tiempo que se minimiza la compactación del terreno.

Haciendo referencia a la figura 6, se ilustra el mismo perfil de señal de carga que en la figura 3. Sin embargo, en vez de los periodos de toma de muestras de 1/2 segundo identificados en la figura 3, se pretende que la figura 6 ilustre tres periodos de toma de muestras de un segundo, dividiéndose cada periodo de toma de muestras de un segundo en intervalos de tiempo de 100 milisegundos. En este método, en primer lugar se determina el promedio de la señal de carga durante un periodo de toma de muestras (por ejemplo, un segundo) almacenando en una memoria intermedia u otra memoria de sistema los valores de carga reales detectados durante cada intervalo de tiempo preestablecido (por ejemplo, cada 100 milisegundos). Después se calcula la carga promedio para el periodo de toma de muestras sumando los valores de carga reales detectados durante ese periodo de toma de muestras y dividiendo la suma entre el número de intervalos de tiempo que comprenden el periodo de toma de muestras (que, usando los ejemplos anteriores, será de diez intervalos de tiempo por periodo de toma de muestras de un segundo). Después se determina la desviación estándar de los valores de carga que comprende la señal de carga monitorizada 100 a lo largo del periodo de toma de muestras. Se define un factor de desviación o bien por defecto o bien como parámetro configurable por el operario. El factor de desviación representa el número de múltiplos o unidades de la desviación estándar con respecto al valor de carga promedio calculado durante el periodo de toma de muestras que se desea usar para calcular el margen ( $m$ ). Se ha encontrado que un factor de desviación que tiene un valor de entre aproximadamente uno y aproximadamente cinco dará resultados aceptables, pero un valor de aproximadamente 2,5 es un factor de desviación preferido. Después se calcula el margen ( $m$ ) mediante la fórmula:

$$m = (\text{carga promedio calculada}) - ((\text{factor de desviación}) \times (\text{desviación estándar}))$$

Como con los métodos anteriores en los que en se calculó el margen de carga, el margen ( $m$ ) derivado usando el análisis estadístico anterior es indicativo de la cantidad de fuerza hacia abajo complementaria sobre la unidad de hilera. La fuerza hacia abajo complementaria debe aumentarse o reducirse en consecuencia, para llevar el margen de carga derivado hacia cero garantizando así la profundidad de surco deseada al tiempo que se minimiza la compactación del terreno.

Debe apreciarse que todos los métodos anteriores para calcular o derivar un margen de carga ( $m$ ) se basaban en periodos de tiempo que oscilaban entre unos pocos segundos y fracciones de un segundo. En lugar de realizar decisiones de ajuste de la fuerza hacia abajo basándose en tales periodos de tiempo cortos, puede ser deseable realizar decisiones de ajuste de la fuerza hacia abajo basándose en periodos de tiempo más largos, tales como, por ejemplo, determinando el margen de carga mínima durante un "pase" del campo que está plantándose. Un pase puede definirse como el periodo que comienza con bajar la sembradora a la posición de trabajo en un extremo del campo hasta que se levanta en el otro extremo del campo para permitir que el operario de la vuelta para un nuevo pase. Alternativamente, un pase puede definirse como el desplazamiento desde un punto en un campo hasta otro.

Un motivo por el que puede ser deseable determinar el margen de carga mínima para un pase o algún otro periodo de tiempo prolongado es para que la condición de terreno aberrante ocasional que se encuentra en el campo no provoque un ajuste inmediato de la fuerza hacia abajo complementaria. Por ejemplo, no es extraño durante operaciones de siembra encontrar variaciones en la estructura del terreno debido a la compactación por huellas de neumáticos, o debido a una zona en la que el terreno no se había labrado de manera apropiada, o algún otro factor. Tales cambios en la estructura del terreno darán como resultado disminuciones pronunciadas o picos negativos en la señal de carga monitorizada cuando los discos de apertura y las ruedas reguladoras pasen sobre esas zonas de terreno compactado. Por tanto, puede ser deseable excluir estos picos negativos en la señal de carga 100 de modo que las decisiones de ajuste de la fuerza hacia abajo complementaria no se basen en esos picos breves en la señal de carga, que son representativos de un porcentaje muy pequeño del área de campo.

Por consiguiente, un método para excluir estos picos de señal de carga al tiempo que se usa un análisis estadístico para derivar o deducir un margen de carga es aplicar un factor de confianza a las señales de carga. El factor de confianza corresponde preferiblemente al porcentaje de tiempo en el que el operario desea garantizar la profundidad de surco completa. El factor de confianza es preferiblemente de entre el 95% y el 99,9%. Preferiblemente se supone un factor de confianza por defecto del 99%, pero pueden seleccionarse otros valores basándose en las condiciones del campo y la experiencia del operario. Debe entenderse que si se usa un factor de confianza del 100%, entonces las irregularidades de terreno ocasionales que se encuentren que provocan disminuciones pronunciadas o picos negativos en la señal de carga dominarán el establecimiento de la fuerza hacia abajo para todo el pase o para cualquier lapso de tiempo que esté usándose para decidir cuándo ajustar la fuerza hacia abajo complementaria.

A continuación en el presente documento se describe a modo de ejemplo un método para derivar un margen de carga que usa un factor de confianza. Se supone que un periodo de toma de muestras es de un segundo dividiéndose cada periodo de toma de muestras de un segundo en intervalos de tiempo de 100 milisegundos. Tal

como se identificó anteriormente, el lapso de tiempo para el que debe usarse este método es preferiblemente la cantidad de tiempo que es igual a un pase, pero puede ser cualquier periodo de tiempo más largo o más corto. En este ejemplo se supone un lapso de tiempo de tres minutos (es decir, 180 segundos). Como en el método estadístico anterior, se calcula un promedio de la señal de carga para cada periodo de toma de muestras (es decir, cada periodo de un segundo). Para determinar las señales de carga promedio para un periodo de toma de muestras, se almacenan los valores de carga reales detectados durante cada intervalo de tiempo preestablecido (es decir, cada 100 milisegundos) en una memoria intermedia o memoria de sistema. Después se suman los valores de carga detectados durante el periodo de toma de muestras y se divide la suma entre el número de intervalos de tiempo que comprenden el periodo de toma de muestras (que, en este ejemplo, es de diez intervalos de tiempo por periodo de toma de muestras de un segundo). Se almacenan en memoria los valores de carga calculados promedio para cada periodo de toma de muestras que comprende el lapso de tiempo para su posterior recuperación. A continuación, se determina un recuento a ignorar multiplicando el número de periodos de toma de muestras que comprende el lapso de tiempo (es decir, 180 periodos de toma de muestras) por el factor de confianza deseado (se supone un factor de confianza del 95%) y después restando el producto del recuento total de apariciones de periodo de toma de muestras (es decir, recuento a ignorar =  $180 - (0,95 \times 180) = 9$ ). Después se recuperan los valores de carga promedio calculados de la memoria y se ordenan por magnitud.

Por ejemplo, haciendo referencia a la figura 7, se ordena por magnitud un número de valores de carga promedio calculados a lo largo del eje horizontal. A continuación, comenzando con el de menor magnitud de los valores de carga promedio calculados ordenados, se cuenta el número de valores de carga promedio calculados ordenados de izquierda a derecha (es decir, comenzando con el de menor magnitud) hasta que se alcanza el recuento a ignorar. El margen de carga que es el siguiente de menor magnitud tras alcanzar el recuento a ignorar se selecciona como margen de carga. Haciendo referencia a la figura 7, se ignoran los nueve primeros valores de carga promedio calculados comenzando desde la izquierda. Por tanto, el margen de carga derivado será de aproximadamente 24 kg (52 libras) (es decir, el siguiente valor de carga promedio calculado más bajo tras cumplir el recuento a ignorar de 5). Si se selecciona un factor de confianza del 99%, siendo todas las demás suposiciones anteriores iguales, el recuento a ignorar será de 2 (es decir, recuento a ignorar =  $180 - (0,99 \times 180) = 2$ ). Por tanto, haciendo de nuevo referencia a la figura 7, el margen de carga derivado será de 8,6 kg (19 libras) (es decir, el siguiente valor de carga promedio calculado más bajo tras cumplir el recuento a ignorar de 2).

En aún otro método estadístico para derivar un margen de carga que usa un factor de confianza, y usando la misma suposición, se calcula de nuevo un promedio de la señal de carga para cada periodo de toma de muestras (es decir, cada periodo de un segundo). Como anteriormente, se detectan los valores de carga reales para cada intervalo de tiempo preestablecido (es decir, cada 100 milisegundos) y se almacenan en una memoria intermedia o memoria de sistema. Se suman los valores de carga detectados y se divide la suma entre el número de intervalos de tiempo que comprenden el periodo de toma de muestras (es decir, diez intervalos de tiempo por periodo de toma de muestras de un segundo). Se almacenan los valores de carga calculados promedio para cada periodo de toma de muestras en memoria para su posterior recuperación.

A continuación se emplea una escala de margen de carga, o histograma, tal como se ilustra en la figura 8. La escala de margen de carga se divide en incrementos sustancialmente iguales de intervalos de magnitud de valor de carga, por ejemplo intervalos de incremento de diez libras, de manera que el primer incremento es un intervalo de magnitud de desde 0 hasta 10 libras, el segundo incremento es de desde 10 hasta 20 libras, el tercer incremento es de desde 20 hasta 30 libras, etc. hasta el incremento de 64 a 68 kg (de 140 a 150 libras). Evidentemente, los intervalos de magnitud de valor de carga y la escala pueden variar según se necesite dependiendo de los márgenes de carga previstos y la precisión del margen de carga deseada. Después se clasifican los promedios calculados entre los intervalos de magnitud de valor de carga. Por ejemplo, haciendo referencia a la figura 8, sólo hubo una aparición de un promedio de carga calculado de diez libras durante todo el lapso de tiempo. Hubo dos apariciones de un promedio de carga calculado de veinte libras; una aparición de un promedio de carga calculado de 13,6 kg (treinta libras); cero apariciones de un promedio de carga calculado de 18 kg (cuarenta libras); una aparición a 22,7 kg (cincuenta libras); una aparición a 27,2 kg (sesenta libras); cero a 31,8 kg (setenta libras); tres a 36,3 (ochenta libras); diez apariciones de promedios de carga calculados de 40,8 kg (noventa libras); veintisiete a 45,4 kg (100 libras); etc.

A continuación se determina un recuento a ignorar multiplicando el recuento total de apariciones de periodo de toma de muestras por dicho factor de confianza y restando el producto de dicho recuento total de apariciones de periodo de toma de muestras (es decir, recuento a ignorar =  $180 - (180 \times 0,95) = 9$ ). Después, comenzando con un intervalo de magnitud de valor de carga incremental más bajo en el que se ha clasificado al menos una de las apariciones de periodo de toma de muestras, y contando de izquierda a derecha, se cuenta el número de apariciones de periodo de toma de muestras hasta que el recuento de apariciones de periodo de toma de muestras es igual al recuento a ignorar. El siguiente más bajo de los intervalos de magnitud de valor de carga incrementales en el que se ha clasificado al menos una de dichas apariciones de periodo de toma de muestras se selecciona como margen de carga.

Por ejemplo, haciendo referencia a la figura 8, con un factor de confianza del 95% que da como resultado un recuento a ignorar de nueve, el margen de carga derivado será de 40,8 kg (90 libras) (es decir, la siguiente magnitud de valor de carga incremental tras ignorar nueve apariciones). Con un factor de confianza del 97%, el recuento a

ignorar será igual a cinco (es decir,  $180 - (0,97 \times 180) = 5,4$ ), dando como resultado un margen de carga derivado de 27,2 kg (60 libras). Con un factor de confianza del 99%, el recuento a ignorar será igual a dos (es decir,  $180 - (0,99 \times 180) = 2$ ) dando como resultado un margen de carga derivado de 13,6 kg (30 libras). Basándose en los ejemplos anteriores, debe apreciarse que aumentando el factor de confianza, los picos de carga más negativos correspondientes a condiciones de terreno aberrantes se incluirán en el análisis estadístico, reduciendo así el margen de carga derivado.

Para que el operario pueda monitorizar lo cerca que se mantiene el margen de carga al umbral de carga mínima, el margen de carga (calculado o derivado mediante cualquiera de los métodos anteriores) se visualiza preferiblemente para el operario. El margen de carga puede visualizarse simplemente como un valor numérico y/o de manera gráfica, tal como mediante un gráfico de barras o flechas hacia arriba/hacia abajo, o similares. La visualización numérica o gráfica del margen de carga también puede usar un esquema de colores mediante el cual determinados colores se asocian con diferentes magnitudes. Por ejemplo, si el margen de carga está dentro de un intervalo aceptable, el color visualizado puede ser verde. Si el margen de carga está ligeramente fuera del intervalo deseado, pero todavía dentro de límites aceptables, el color visualizado puede ser amarillo. Sin embargo, si el margen de carga está fuera de los límites aceptables, el color visualizado puede ser rojo. Puede usarse cualquier combinación de lo anterior, tal como una barra con colores, flechas hacia arriba o hacia abajo con colores, valores numéricos con colores, etc.

Un parámetro adicional que puede proporcionar confianza adicional al operario de que está manteniéndose una profundidad adecuada al tiempo que se minimiza la compactación del terreno es mediante la monitorización de los porcentajes de contacto con el suelo. Por ejemplo, si el porcentaje de contacto con el suelo es alto (por ejemplo, superior al 95%), entonces puede suponerse que está ejerciéndose una fuerza hacia abajo complementaria adecuada pero no excesiva sobre la unidad de hilera para garantizar que está manteniéndose la profundidad de surco deseada. Sin embargo, si el porcentaje de contacto con el suelo es bajo (por ejemplo, inferior al 90%), puede suponerse que la fuerza hacia abajo complementaria que está ejerciéndose es inadecuada para garantizar la profundidad de surco deseada. Evidentemente, los porcentajes de contacto con el suelo deseados que diferentes operarios consideran que son indicativos de fuerza hacia abajo complementaria excesiva o inadecuada pueden variar. Como tal, el porcentaje de contacto con el suelo es preferiblemente un parámetro seleccionable por el operario.

La figura 9 ilustra una representación gráfica de una serie de valores de carga detectados a intervalos de tiempo de dos milisegundos a lo largo de un periodo de toma de muestras de 300 milisegundos, dando como resultado un total de 150 puntos de datos. Se muestra un umbral de carga preestablecido mínimo 104 de veinte libras en relación con estos 150 puntos de datos. Se supone que valores de carga inferiores al umbral de carga mínima 104 indican una pérdida de contacto con el suelo, mientras que valores de carga superiores al umbral de carga mínima 104 indican que el contacto con el suelo estaba presente o se mantenía.

Conociendo el número total de puntos de datos a lo largo del periodo de toma de muestras y conociendo el número de esos puntos de datos que se encuentran por debajo del umbral de carga mínima 104, puede calcularse fácilmente el porcentaje de contacto con el suelo. Haciendo referencia a la figura 9, el primer conjunto de valores de carga que están por debajo del umbral de carga mínima 104 se produce durante el periodo de toma de muestras entre 35 y 96 milisegundos, y representa 21 puntos de datos. El segundo conjunto de valores de carga que están por debajo del umbral de carga mínima 104 se produce durante el periodo de toma de muestras entre 222 y 258 milisegundos y representa 13 puntos de datos. Por tanto, un total de 34 puntos de datos de los 150 puntos de datos son inferiores al umbral de carga mínima 104, dando como resultado un porcentaje de contacto con el suelo de tan sólo el 77,3% (es decir,  $(150-34)/150$ ). Si el operario ve que el porcentaje de contacto con el suelo es inferior al deseado, entonces el operario puede aumentar la fuerza hacia abajo sobre la unidad de hilera aumentando la fuerza hacia abajo complementaria 30.

Tal como se comentó anteriormente, suponiendo que la sembradora está desplazándose a 8 kph (5 mph), si se pierde contacto con el suelo durante menos de cuarenta milisegundos, la pérdida resultante de la profundidad en el terreno del disco de abresurcos será inferior a 3,2 kg (1/8 pulgada) (una cantidad insignificante desde el punto de vista agrónomo). Por consiguiente, en una realización preferida, la determinación del contacto con el suelo usa preferiblemente la duración  $T_{\text{crítico}}$  de cuarenta milisegundos anteriormente mencionada, mediante lo cual, si el valor de carga detectado se encuentra por debajo del umbral de carga mínima 104 durante menos de  $T_{\text{crítico}}$ , los puntos de datos no se tienen en cuenta en el cálculo del porcentaje de contacto con el suelo. Por tanto, en el ejemplo anterior de la figura 9, no se cuentan los trece puntos de datos que se encuentran por debajo del umbral de carga mínima 104 durante el periodo de toma de muestras entre 222 y 258 milisegundos (es decir 36 milisegundos). Usando este método alternativo, el porcentaje de contacto con el suelo calculado es del 86% (es decir,  $(150-21)/150$ ). Si la sembradora está equipada para ajustar automáticamente la fuerza hacia abajo complementaria, el controlador de fuerza hacia abajo complementaria puede programarse para aumentar o reducir la fuerza hacia abajo complementaria según se necesite para garantizar que el porcentaje de contacto con el suelo es al menos igual a un porcentaje de contacto con el suelo deseado. Debe apreciarse que aunque el ejemplo anterior describe el parámetro de contacto con el suelo como porcentaje, en lugar de eso puede restarse el parámetro de contacto con el suelo del 100% y el resultado puede notificarse en su lugar como parámetro de "pérdida de profundidad" en el que un porcentaje de pérdida de profundidad del 5% es análogo a un porcentaje de contacto con el suelo del 95%. Por

tanto, para fines de esta descripción y las reivindicaciones adjuntas, debe entenderse que cualquier referencia al parámetro de contacto con el suelo también incluye o significa pérdida de profundidad o contacto con el suelo ya se exprese como porcentaje o de cualquier otra forma.

- 5 Debe apreciarse que si están monitorizándose tanto el parámetro de contacto con el suelo como el margen de carga ( $m$ ), el operario tendrá incluso más confianza de que está manteniéndose la profundidad de surco al tiempo que se minimiza la compactación del terreno. Por ejemplo, si el margen de carga ( $m$ ), calculado mediante cualquiera de los métodos anteriores, es o está cerca de cero, pero el parámetro de contacto con el suelo disminuye de manera apreciable por debajo del 100%, entonces el operario sabrá que debe aplicarse fuerza hacia abajo complementaria adicional con el fin de mantener la profundidad de surco deseada. Si la sembradora está equipada para ajustar automáticamente la fuerza hacia abajo complementaria, esta lógica también puede programarse en el controlador de fuerza hacia abajo complementaria para aumentar o reducir la fuerza hacia abajo complementaria para equilibrar el margen de carga y el parámetro de contacto con el suelo deseado para garantizar que está cumpliéndose tanto el parámetro de contacto con el suelo mínimo así como el umbral de carga mínima.
- 10

**REIVINDICACIONES**

1. Método de determinación de cuándo ajustar una fuerza hacia abajo complementaria (30) sobre una unidad de hilera (10) de una sembradora agrícola para garantizar la profundidad de surco deseada al tiempo que se minimiza la compactación del terreno, comprendiendo el método:
- 5 (a) disponer un sensor de carga para generar una señal de carga (100) correspondiente a la carga sobre un elemento de regulación de la profundidad (42) de la unidad de hilera;
- (b) monitorizar dicha señal de carga generada (100) para identificar un valor de carga mínima que se produce durante un periodo de toma de muestras; y
- (c) calcular un margen de carga (m) basándose en dicho valor de carga mínima.
- 10 2. Método según la reivindicación 1, en el que dicho valor de carga mínima es un valor de carga correspondiente a la magnitud de señal más baja durante dicho periodo de toma de muestras.
3. Método según la reivindicación 1, en el que dicho valor de carga mínima es un valor de carga correspondiente a la magnitud de señal más baja durante dicho periodo de toma de muestras que tiene una duración al menos igual a una duración de tiempo crítica.
- 15 4. Método según la reivindicación 1, en el que dicho valor de carga mínima es un valor de carga correspondiente a la magnitud de señal más baja durante dicho periodo de toma de muestras tras aplicar un filtro de paso bajo a dicha señal monitorizada.
5. Método según la reivindicación 2, 3 ó 4, en el que dicha etapa de calcular un margen de carga (m) incluye restar un umbral de carga mínima (104) de dicho valor de carga mínima.
- 20 6. Método según la reivindicación 5, que comprende además:
- (d) visualizar dicho margen de carga calculado (m) en una pantalla visual.
7. Método según la reivindicación 5, que comprende además:
- (d) ajustar una fuerza hacia abajo complementaria (30) que actúa sobre dicha unidad de hilera (10) para llevar dicho margen de carga calculado (m) hacia cero.
- 25 8. Método según la reivindicación 7, en el que dicho umbral de carga mínima (104) es una entrada de operario o entrada recibida a través de una interfaz de mapa de GPS.
9. Método según la reivindicación 1, que comprende además:
- (d) visualizar dicho margen de carga calculado (m) en una pantalla visual.
10. Método según la reivindicación 9, en el que dicha visualización de dicho margen de carga calculado (m) es una visualización gráfica de dicho margen de carga calculado (m).
- 30 11. Método según la reivindicación 10, en el que dicha visualización gráfica incluye un gráfico de barras de dicho margen de carga calculado (m).
12. Método según la reivindicación 10 u 11, en el que dicha visualización gráfica usa un esquema de colores en el que se visualizan diferentes colores predefinidos que corresponden a intervalos de magnitud predefinidos de dicho margen calculado.
- 35 13. Método según la reivindicación 1, en el que dicha etapa de monitorizar dicha señal de carga generada (100) incluye además detectar magnitudes de dicha señal de carga generada (100) a intervalos de tiempo preestablecidos que comprende dicho periodo de toma de muestras.
14. Método según la reivindicación 13, que comprende además:
- 40 (d) calcular un parámetro de contacto con el suelo mediante: (1) identificación de apariciones consecutivas en las que dichos valores de carga detectados son inferiores a un umbral de carga mínima (104) o (2) recuento de apariciones de dichos valores de carga detectados que son inferiores a un umbral de carga mínima (104) y división de dichas apariciones contadas entre el número de intervalos de tiempo preestablecidos que comprende dicho periodo de toma de muestras;
- 45 (e) determinar una duración de dichas apariciones consecutivas identificadas en las que dichos valores de carga detectados son inferiores a dicho umbral de carga mínima (104);
- (f) comparar dicha duración con una duración de tiempo crítica;

(g) contar todas las apariciones que comprenden dichas apariciones consecutivas identificadas en las que dicha duración es al menos igual a dicha duración de tiempo crítica;

(h) dividir dichas apariciones contadas entre el número de intervalos de tiempo preestablecidos que comprende dicho periodo de toma de muestras.

- 5 15. Método según la reivindicación 14, que comprende además:
- (i) visualizar dicho parámetro de contacto con el suelo calculado como porcentaje en una pantalla visual o ajustar una fuerza hacia abajo complementaria (30) que actúa sobre dicha unidad de hilera (10) de modo que dicho parámetro de contacto con el suelo calculado al menos cumple con un parámetro de contacto con el suelo mínimo deseado.
- 10 16. Método según la reivindicación 1, en el que monitorizar dicha señal de carga generada (100) incluye detectar una magnitud de valor de carga a intervalos de tiempo preestablecidos que comprende dicho periodo de toma de muestras.
17. Método según la reivindicación 16, que comprende además:
- (d) definir un factor de desviación; y,
- 15 en el que dicha etapa (c) de derivar dicho margen de carga (m) incluye:
- (i) calcular un valor de carga promedio para dicho periodo de toma de muestras a partir de dichos valores de carga detectados a dichos intervalos de tiempo preestablecidos;
- (ii) calcular una desviación estándar de dichos valores de carga detectados durante dicho periodo de toma de muestras;
- 20 (iii) multiplicar dicha desviación estándar por dicho factor de desviación y restar el producto de los mismos de dicho valor de carga promedio calculado.
18. Método según la reivindicación 17, en el que dicho factor de desviación es de entre aproximadamente uno y aproximadamente cinco.
19. Método según la reivindicación 16, que comprende además:
- 25 (d) definir un factor de confianza, siendo dicho factor de confianza, cuando se presenta en forma decimal, inferior a uno;
- en el que dicha etapa (c) de derivar dicho margen de carga (m) incluye:
- (i) para un lapso de tiempo que comprende un número presente de periodos de toma de muestras, calcular un valor de carga promedio para cada uno de dichos periodos de toma de muestras a partir de dichos valores de carga detectados a dichos intervalos de tiempo preestablecidos;
- 30 (ii) almacenar en memoria dicho valor de carga promedio calculado para cada uno de dicho periodo de toma de muestras que comprende dicho lapso de tiempo;
- (iii) determinar un recuento total de dichas apariciones de periodo de toma de muestras que comprende dicho lapso de tiempo;
- 35 (iv) determinar un recuento a ignorar multiplicando dicho recuento total de apariciones de periodo de toma de muestras por dicho factor de confianza y restando el producto de dicho recuento total de apariciones de periodo de toma de muestras;
- (v) ordenar dichos valores de carga promedio calculados por magnitud;
- (vi) comenzando con el de menor magnitud de dichos valores de carga promedio calculados ordenados, contar en un sentido de magnitud creciente el número de valores de carga promedio calculados ordenados hasta que dicho recuento es igual a dicho recuento a ignorar;
- 40 (vii) seleccionar como dicho margen de carga derivado (m) el siguiente de menor magnitud de dichos valores de carga promedio calculados ordenados tras cumplir dicho recuento a ignorar.
20. Método según la reivindicación 16, que comprende además:
- 45 (d) definir un factor de confianza, siendo dicho factor de confianza, cuando se presenta en forma decimal, inferior a uno;

en el que dicha etapa de derivar dicho margen de carga (m) incluye:

- (i) para un lapso de tiempo que comprende un número presente de periodos de toma de muestras, calcular un valor de carga promedio para cada uno de dichos periodos de toma de muestras a partir de dichos valores de carga detectados a dichos intervalos de tiempo preestablecidos;
- 5 (ii) determinar un recuento total de dichas apariciones de periodo de toma de muestras que comprende dicho lapso de tiempo;
- (iii) definir una escala de margen de carga (m) dividida en incrementos sustancialmente iguales de intervalos de magnitud de valor de carga;
- 10 (iv) clasificar dichas apariciones de periodo de toma de muestras por magnitud asignando cada uno de dichos valores de carga promedio calculados a uno correspondiente de dichos intervalos de magnitud de valor de carga incrementales de dicha escala de margen de carga (m);
- (v) determinar un recuento a ignorar multiplicando dicho recuento total de apariciones de periodo de toma de muestras por dicho factor de confianza y restando el producto de dicho recuento total de apariciones de periodo de toma de muestras;
- 15 (vi) comenzando con el más bajo de dichos intervalos de magnitud de valor de carga incrementales en el que se ha clasificado al menos una de dichas apariciones de periodo de toma de muestras, contar cada una de dichas apariciones de periodo de toma de muestras clasificadas dentro de cada uno de dichos intervalos de magnitud de valor de carga incrementales hasta que dicho recuento de apariciones de periodo de toma de muestras es igual a dicho recuento a ignorar;
- 20 (vii) seleccionar como dicho margen de carga derivado (m) el siguiente más bajo de dichos intervalos de magnitud de valor de carga incrementales en el que se ha clasificado al menos una de dichas apariciones de periodo de toma de muestras tras cumplir dicho recuento a ignorar.
21. Método según la reivindicación 17, 19 ó 20, que comprende además:
- (e) visualizar dicho margen de carga derivado (m) en una pantalla visual.
- 25 22. Método según la reivindicación 17, 19 ó 20, que comprende además:
- (e) ajustar una fuerza hacia abajo complementaria (30) que actúa sobre dicha unidad de hilera (10) para llevar dicho margen de carga derivado (m) hacia cero.
23. Método según la reivindicación 19 ó 20, en el que dicho factor de confianza es de entre aproximadamente el noventa y cinco por ciento y el noventa y nueve por ciento.

30

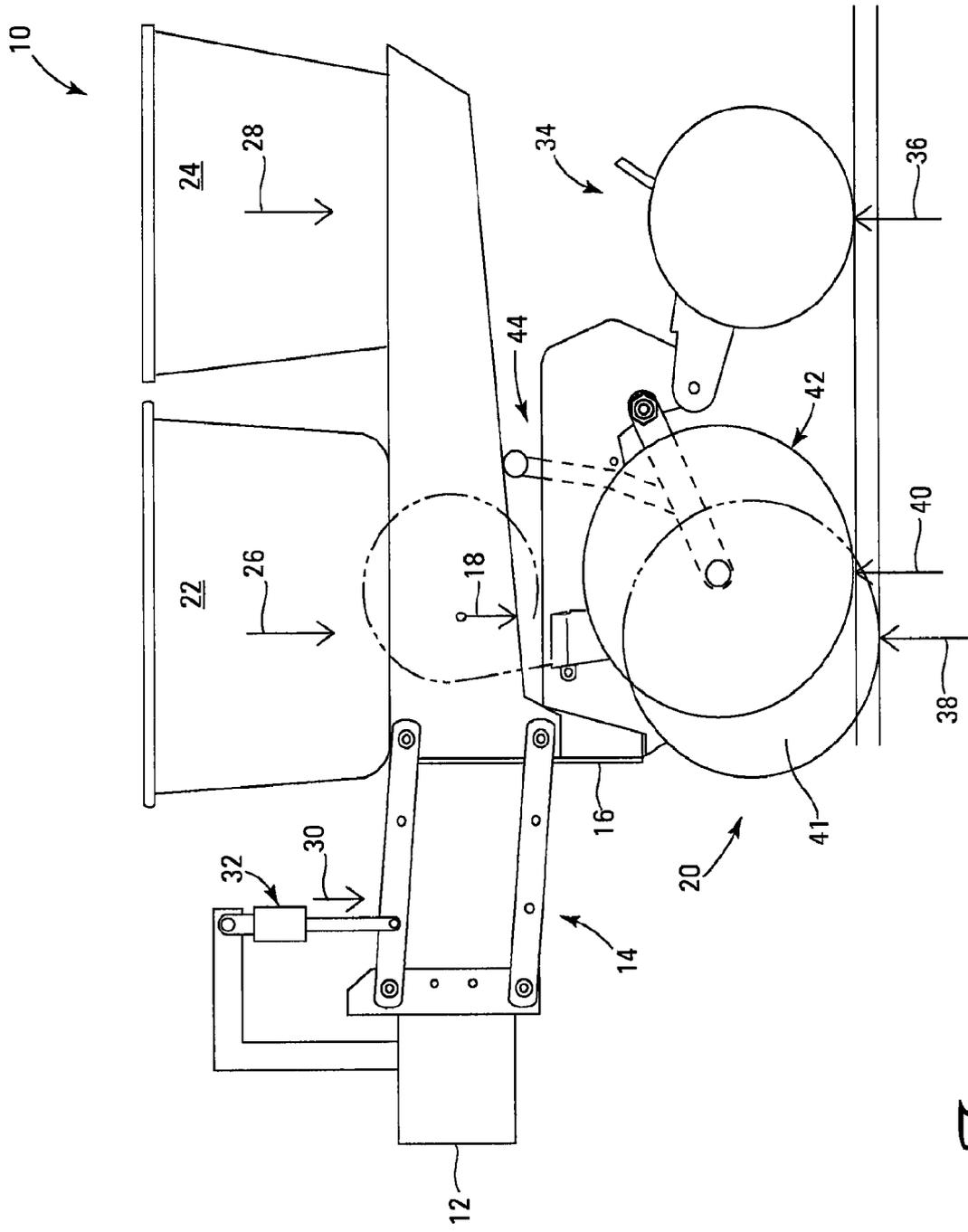
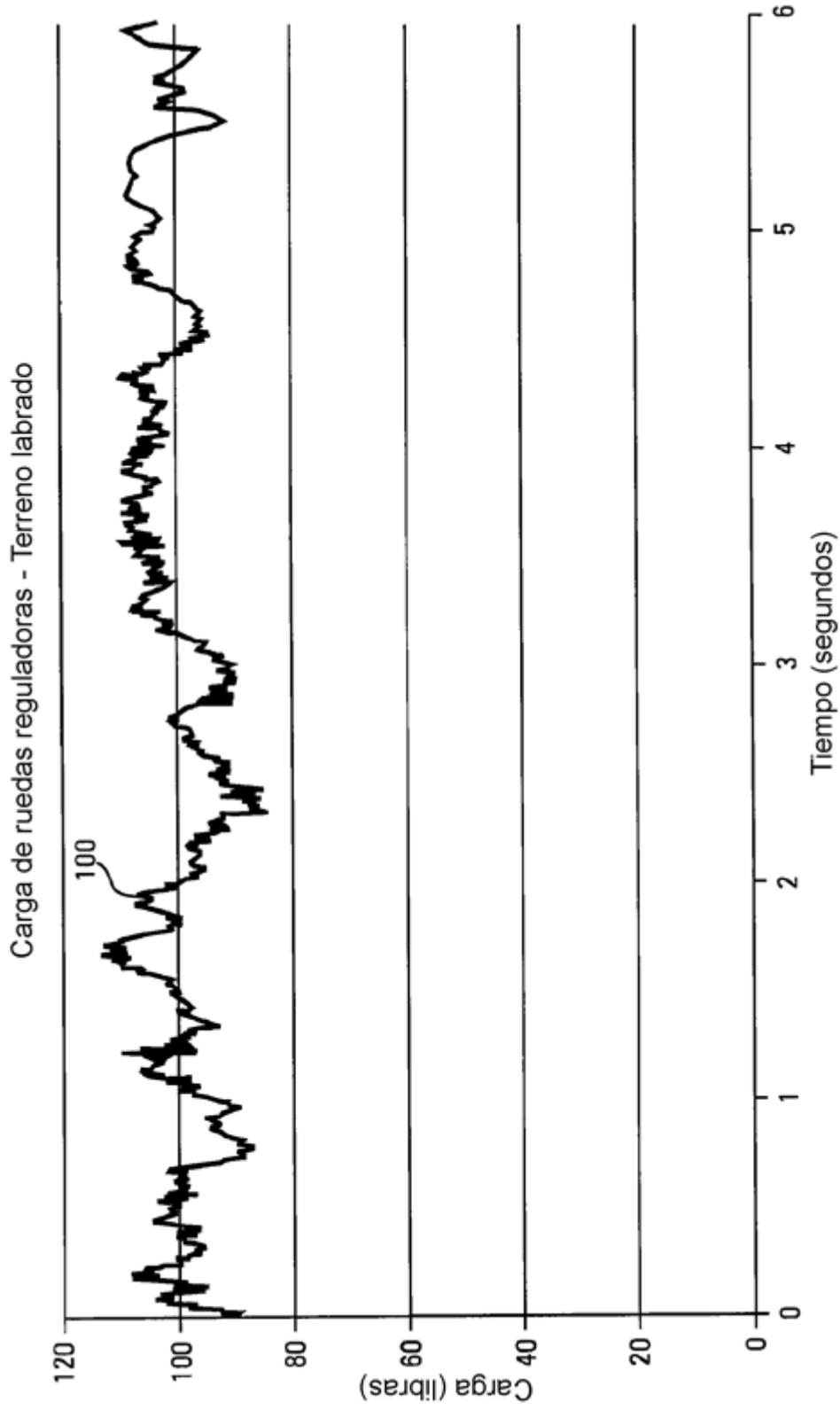


Fig. 1



*Fig. 2*

Carga de ruedas reguladoras - Labrado mínimo

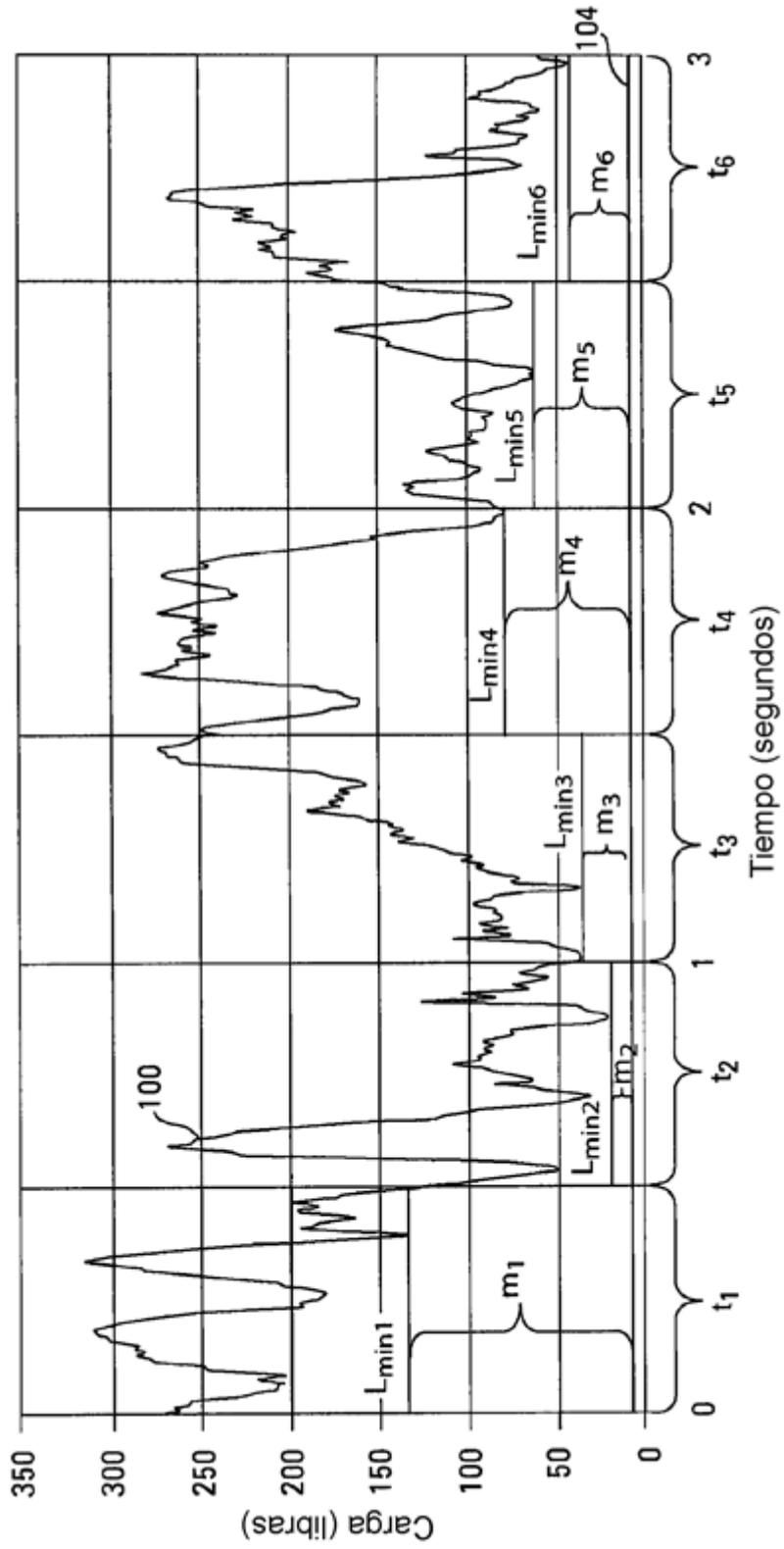


Fig. 9

Carga de ruedas reguladoras - Labrado mínimo

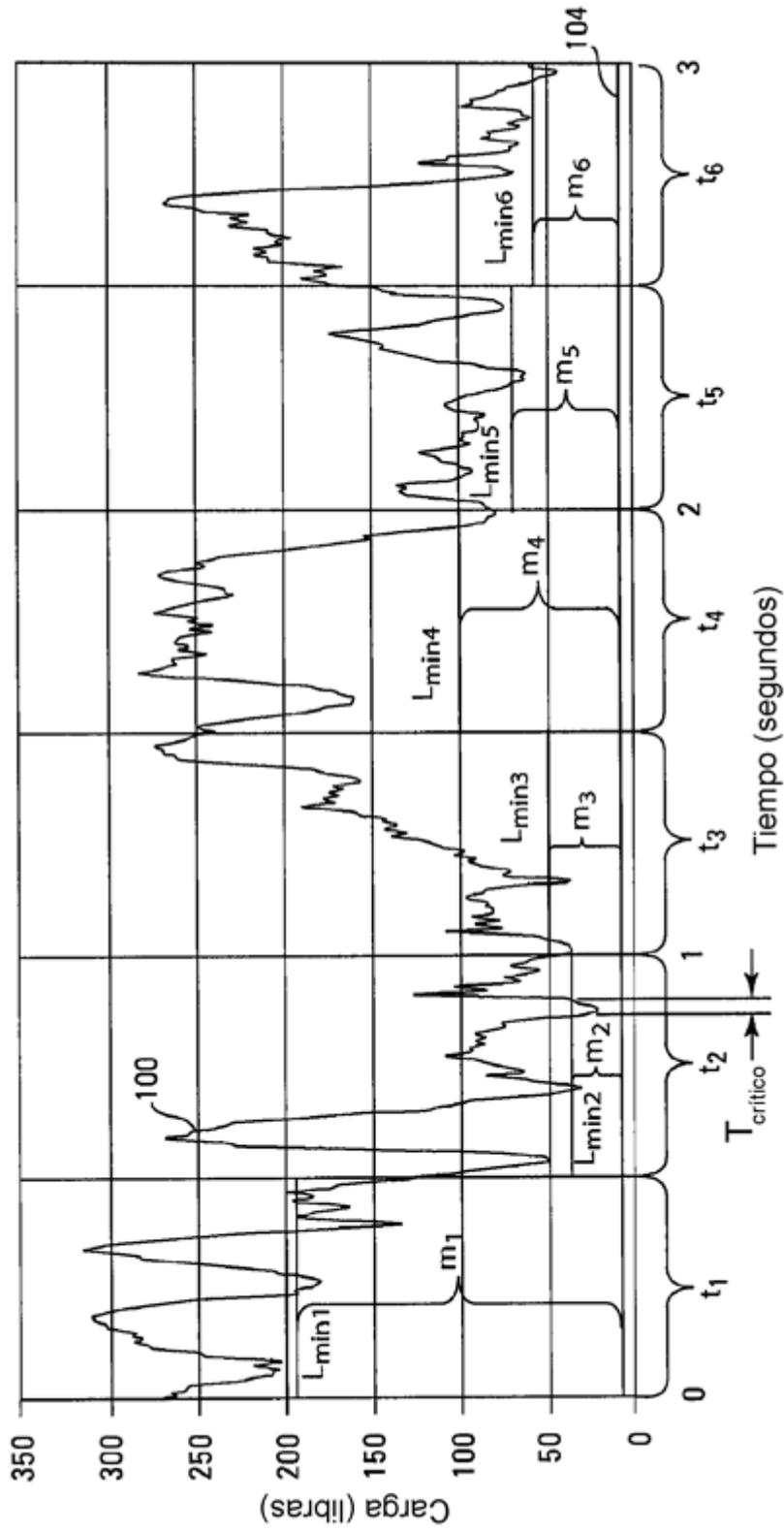


Fig. 4

Carga de ruedas reguladoras - Labrado mínimo

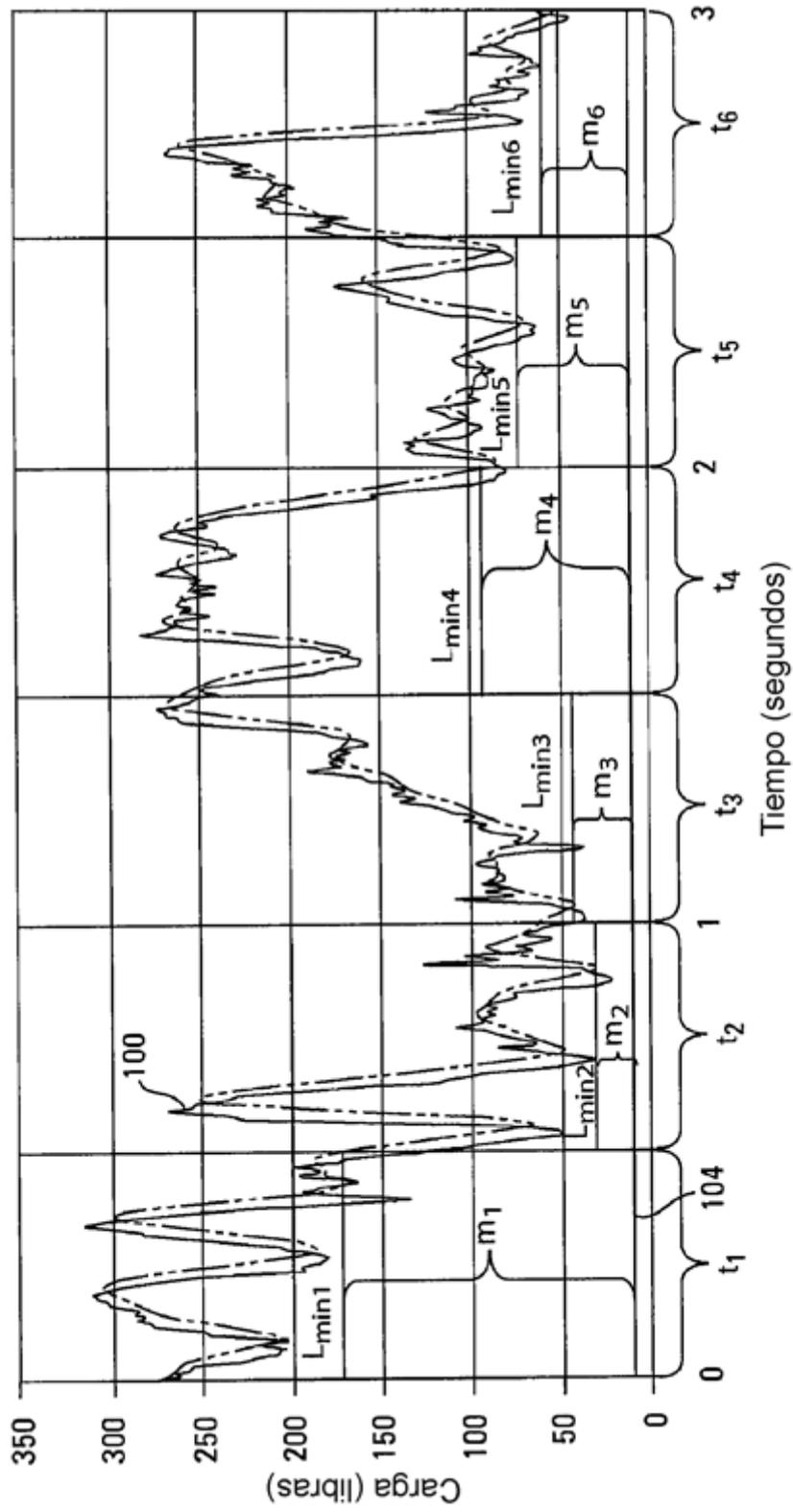
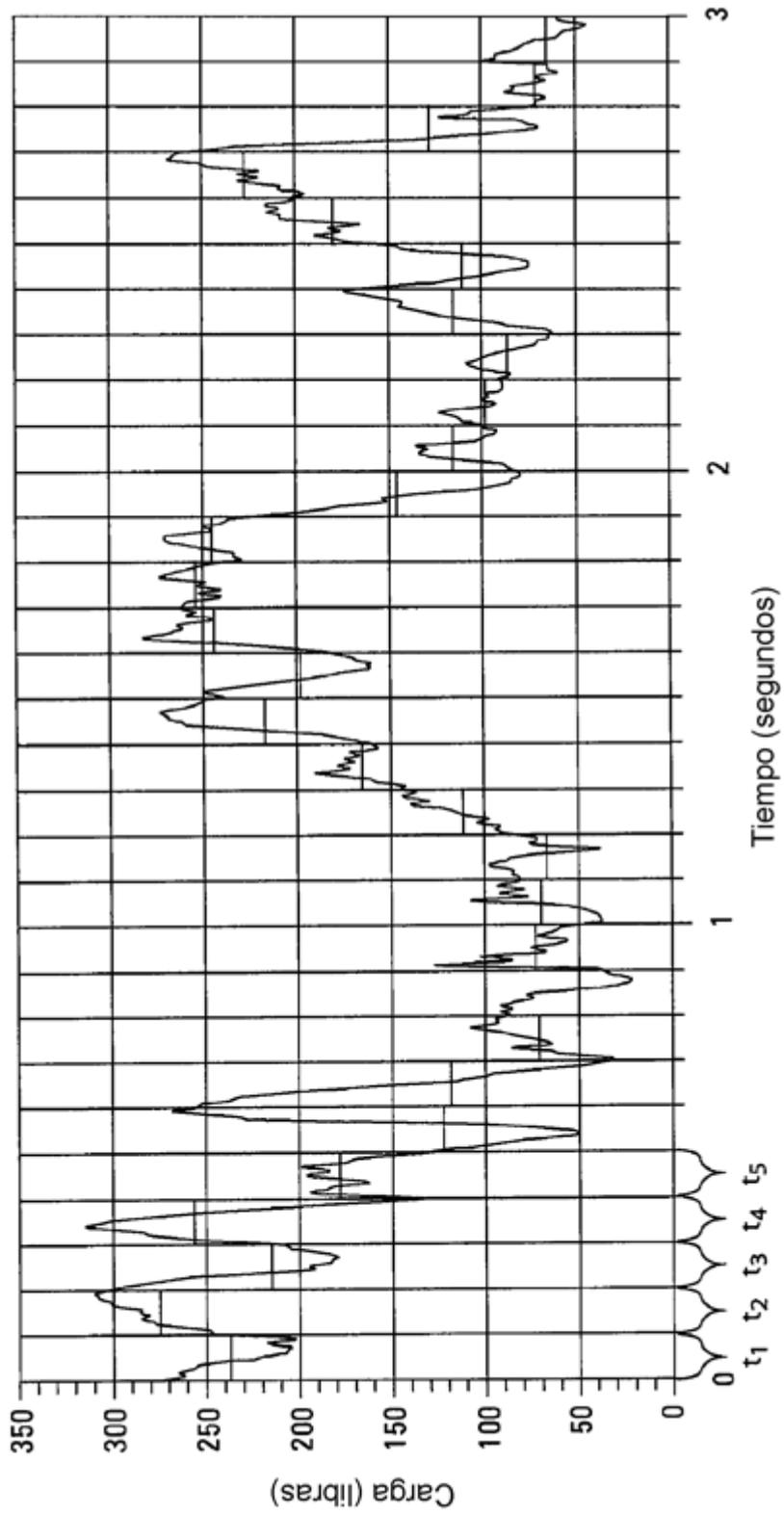
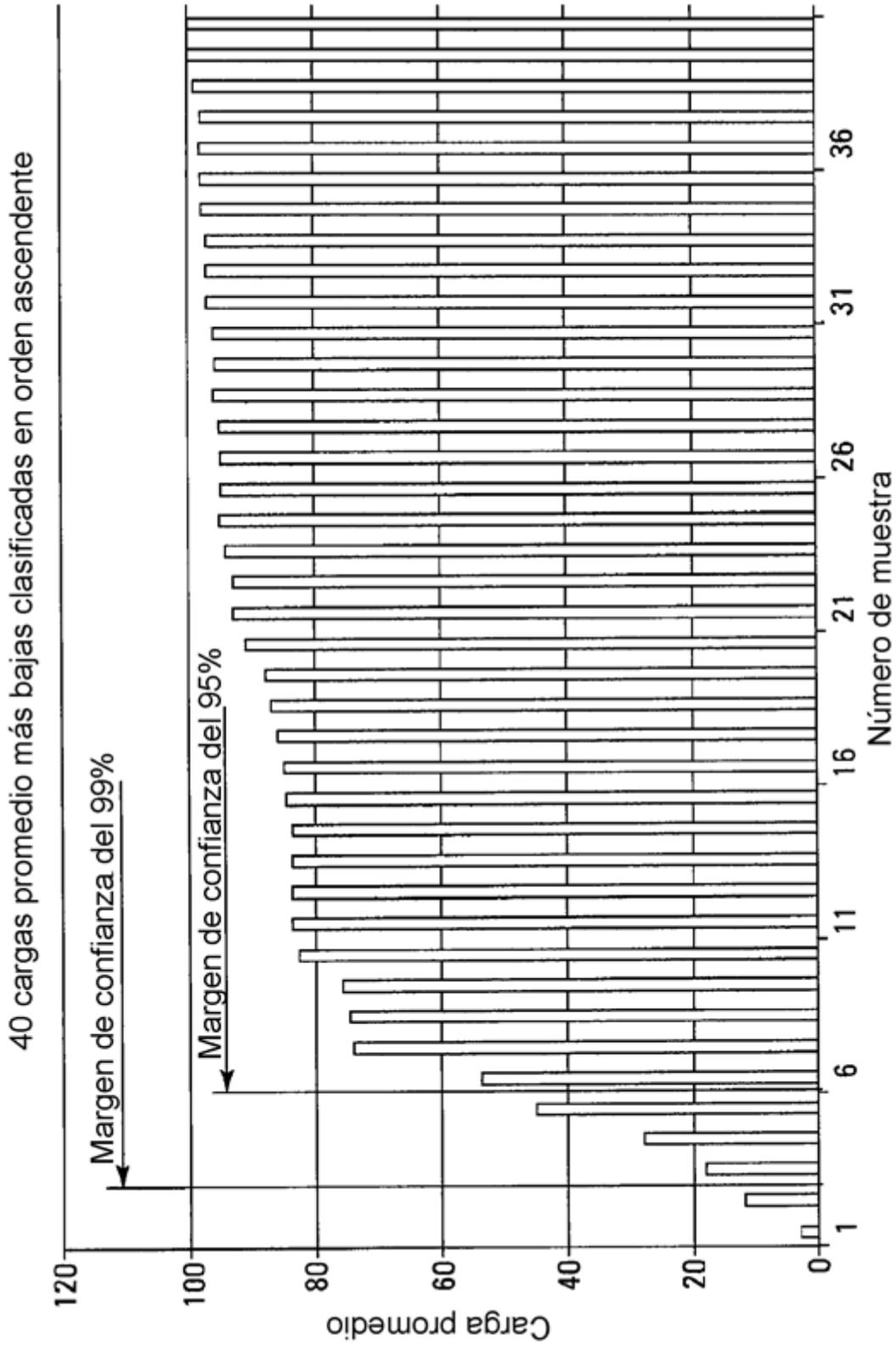


Fig. 5

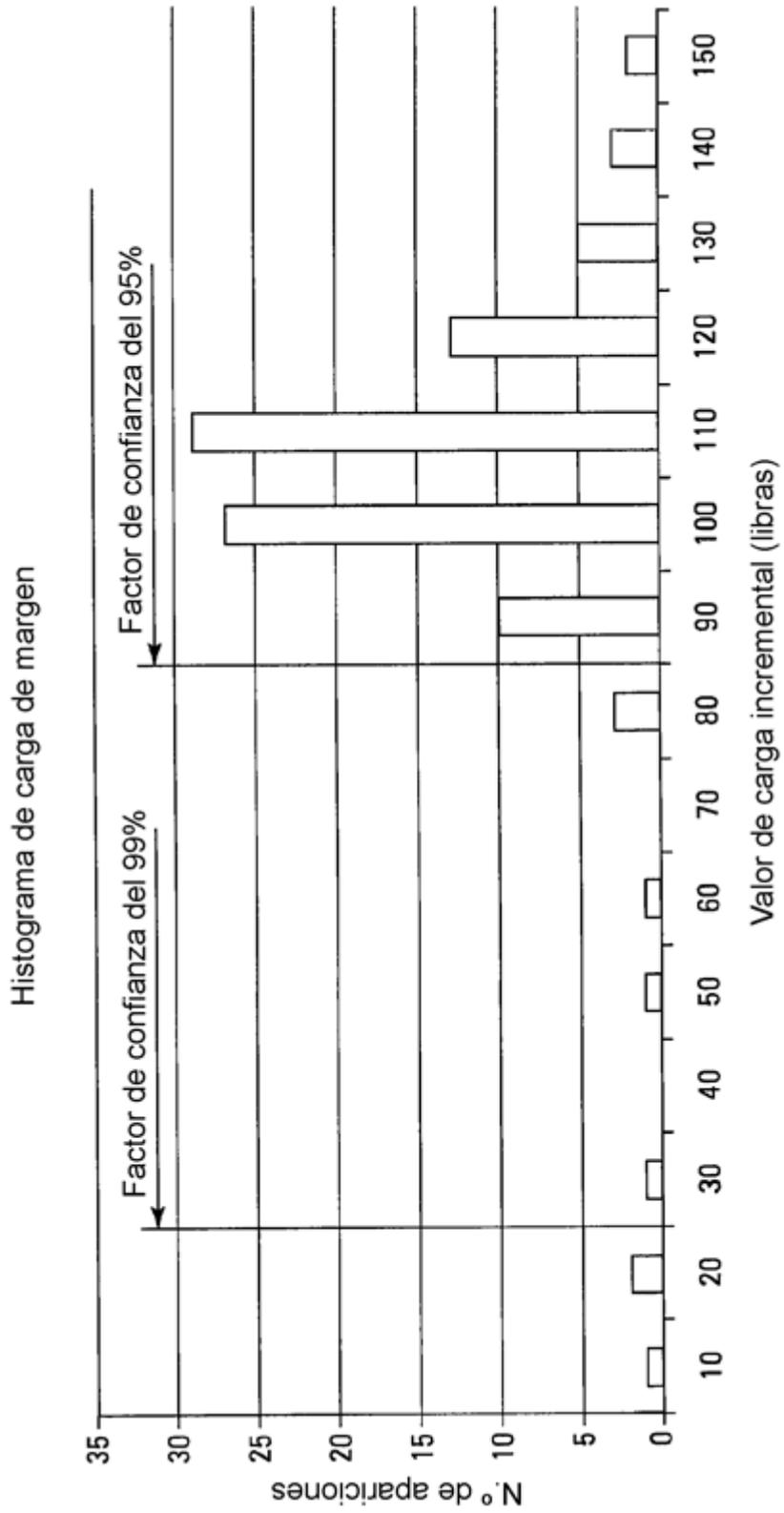
Carga de ruedas reguladoras - Labrado mínimo



*Fig. 6*



*Fig. 7*



*Fig. 8*

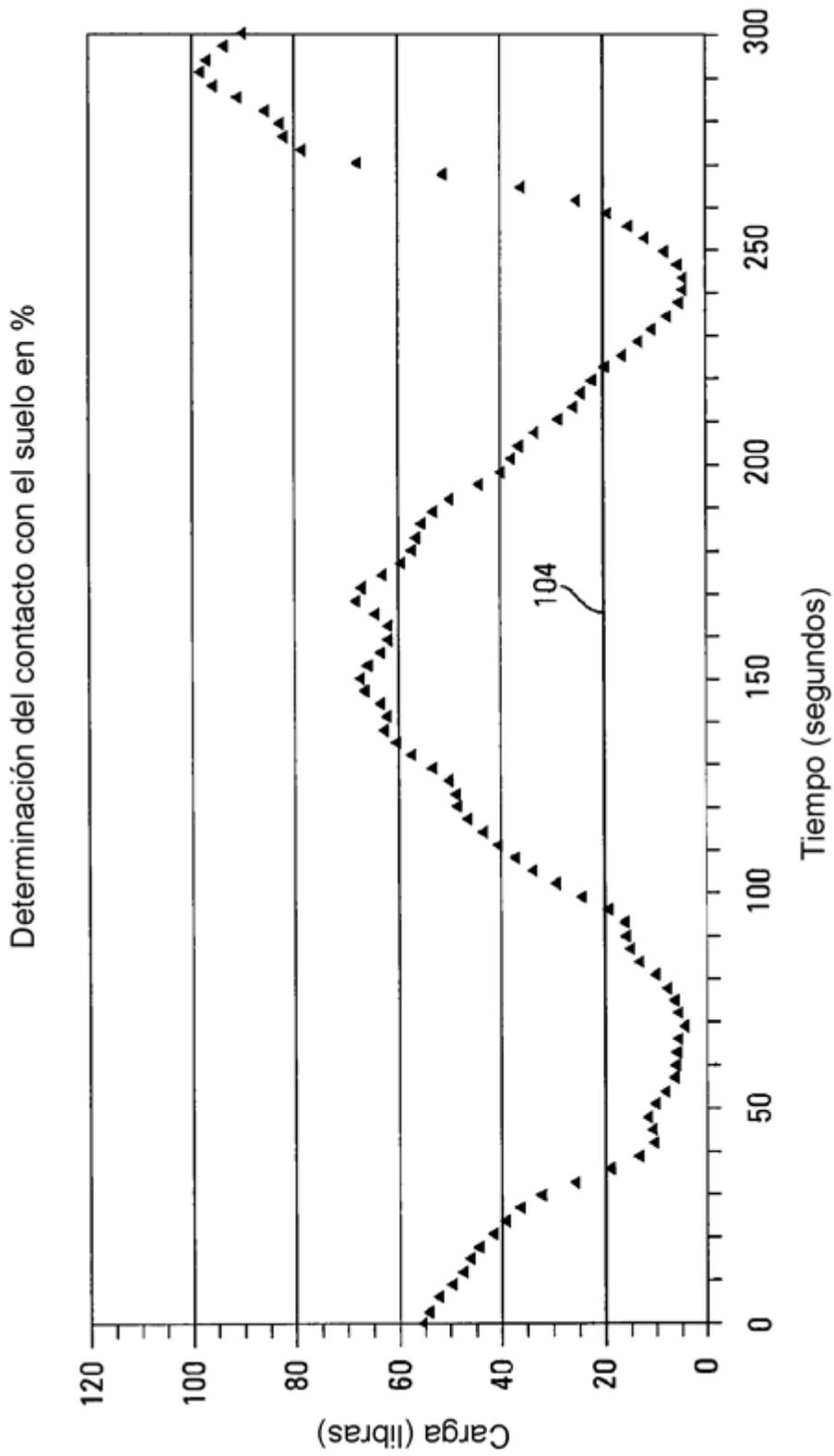


Fig. 9