

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 817 757**

51 Int. Cl.:

**B60G 11/50** (2006.01)

**B60G 17/027** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.01.2017 PCT/US2017/012588**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.07.2017 WO17120509**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.01.2017 E 17701236 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2020 EP 3400142**

54 Título: **Sistema de suspensión de vehículo de doble constante elástica**

30 Prioridad:

**08.01.2016 US 201662276499 P**

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

**08.04.2021**

73 Titular/es:

**MULTIMATIC, INC. (100.0%)  
8688 Woodbine Avenue, Suite 200  
Markham, Ontario L3R 8B9, CA**

72 Inventor/es:

**HOLT, LAURENCE J. y  
O'FLYNN, DAMIAN**

74 Agente/Representante:

**FLORES DREOSTI, Lucas**

ES 2 817 757 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 de suspensión de vehículo de doble constante elástica

**ANTECEDENTES**

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un sistema de suspensión para vehículos de ruedas y, de forma concreta, a un sistema de suspensión que ofrece dos modos distintos de funcionamiento. Para superar el compromiso inherente que debe hacerse entre la optimización del confort de conducción y la optimización de la capacidad de manejo de un vehículo de carretera, la presente invención proporciona un sistema de suspensión de modo dual en el que la constante elástica del resorte primario de carretera puede cambiarse entre un ajuste óptimo de manejo y un ajuste óptimo de confort de conducción.
- 10 **[0002]** La suspensión del vehículo es anterior al automóvil motorizado y se introdujo originalmente en los transportes tirados por caballos para aislar al ocupante de las alteraciones de la carretera. La premisa básica de la suspensión del vehículo es permitir que las ruedas de un vehículo se muevan independientemente por encima de los baches en lugar de todo el vehículo y sus ocupantes. Esta disposición proporciona los siguientes beneficios importantes:
- 15 a) los pasajeros ya no están sometidos directamente al efecto de la alteración de la carretera, por lo que se mejora considerablemente lo que la industria denomina «confort de conducción».
- b) la energía asociada al movimiento de las ruedas sobre la alteración de la carretera es mucho menor que la que se necesitaría para levantar todo el vehículo sobre ella, por lo que se lleva a cabo una eficiencia energética considerable; y
- 20 c) se mejora considerablemente el control de la dirección del vehículo a medida que aumenta la velocidad, ya que no se inclina toda la masa del vehículo sobre las alteraciones de la carretera.
- [0003]** La suspensión del vehículo puede configurarse de muchas maneras, pero en general está dispuesta de forma que aisle la carrocería principal del vehículo, que se denomina «masa suspendida», de los sistemas de ruedas, que se denominan «masas no suspendidas», mediante un medio de almacenamiento de energía, normalmente un resorte de algún tipo. El resorte almacena energía a medida que se permite que el sistema de ruedas, que incluye un buje, freno y varillaje de control de movimiento, se mueva en relación con la carrocería principal del vehículo en respuesta a las alteraciones de la carretera. Una vez se ha superado una alteración, entonces el resorte libera su energía almacenada para devolver el sistema de ruedas a su estado sin alteraciones. El resorte genera una fuerza en proporción a su desplazamiento, pero no disipa energía. Desafortunadamente, un sistema de suspensión que está configurado con solo un elemento de almacenamiento de energía muestra una respuesta oscilatoria no controlada que se conoce en la física de los sistemas simples de masa-resorte. Sin alguna forma de amortiguación, un sistema de masa-resorte alterado continuará oscilando a menos que se apliquen fuerzas externas. En un sistema de suspensión de vehículos, estas fuerzas calmantes son generadas normalmente por algún tipo de dispositivo de amortiguación, principalmente, un componente de base hidráulica que genera una fuerza proporcional a la velocidad. De esta manera, el amortiguador proporciona una fuerza de resistencia en ambas direcciones del movimiento del resorte y, por lo tanto, fija el resorte a velocidad cero en la posición sin alteraciones. Es importante observar que el amortiguador es estrictamente un componente secundario de la suspensión, ya que no puede soportar la carrocería del vehículo; es el resorte el que proporciona esta función principal.
- 35 **[0004]** A medida que se acercan los límites de la respuesta dinámica de un vehículo, el sistema de suspensión, que incluye el varillaje de control de movimiento y el almacenamiento de energía y los componentes del amortiguador, se convierte en un factor limitante para alcanzar niveles óptimos de rendimiento. Si los resortes y los amortiguadores se ajustan con relativa suavidad, con el fin de proporcionar un nivel alto de aislamiento de los ocupantes de las alteraciones de la carretera, entonces la masa suspendida tiende a moverse en exceso en respuesta a las fuerzas laterales y longitudinales generadas por las demandas de dirección, aceleración y frenado del conductor. Estas demandas dan como resultado lo que generalmente se conoce como «respuesta de manejo», mientras que la calidad del aislamiento de los ocupantes se denomina «respuesta de conducción».
- 45 **[0005]** Al cambiar las constantes elásticas del resorte y los coeficientes de amortiguación en cada una de las cuatro esquinas de las ruedas, aunque los pares cruzados del vehículo coinciden normalmente de manera exacta, se puede optimizar el rendimiento de conducción y de manejo del vehículo. En general, una constante elástica de resorte más rígida, medida en fuerza por unidad de desplazamiento, devuelve una conducción más firme y un control superior de la carrocería del vehículo, mientras que una constante elástica de resorte más suave proporciona una conducción más suave pero menos control. Los coeficientes de amortiguación normalmente se ajustan directamente a su constante elástica de resorte relacionada. Desafortunadamente, la respuesta de conducción óptima ocurre con constantes elásticas de resorte más bajas y la respuesta de manejo óptima ocurre con constantes elásticas de resorte más altas. Históricamente, esto ha dado lugar a que los vehículos se ajusten a un compromiso de respuesta de conducción y de manejo.
- 50 **[0006]** Se han producido numerosos intentos de proporcionar un ajuste de la suspensión del vehículo menos comprometido mediante la introducción de regímenes variables. La patente US3083034 concedida a Hollowell ilustra un enfoque temprano para este tipo de suspensión variable, ya que describe un método para proporcionar una constante

elástica de resorte variable y una altura de conducción utilizando una disposición ajustable para cambiar la longitud efectiva de un resorte de ballesta. De esta manera, se puede elegir el ajuste de suspensión óptimo para adaptarse a la condición de una masa suspendida con carga pesada o ligera. En el momento de la patente US3083034 (1960), el resorte de ballesta era el medio de almacenamiento de energía predominante en el eje de carga de los vehículos de carretera, pero a medida que las suspensiones de los vehículos adoptaron los resortes helicoidales y de torsión, ahora más predominantes, también evolucionó el cambio de constante adaptable.

**[0007]** La patente US5722645 concedida a Reitter describe un método para ajustar manualmente la longitud libre de un resorte helicoidal dentro de una disposición de puntal de suspensión fija del vehículo. Por lo general, se entiende que el acortamiento de la longitud libre de un resorte helicoidal aumenta su constante elástica y, por el contrario, el alargamiento la reduce. El elemento de separación descrito en la patente US5722645 permite ajustar la longitud efectiva de un resorte helicoidal enganchando selectivamente un extremo en una ranura receptora cooperativa y reteniéndolo con un dispositivo de bloqueo. De esta manera, la longitud libre del resorte se puede acortar manualmente, lo que aumenta su constante elástica y reduce la altura de conducción del vehículo. En cambio, la longitud libre se puede alargar para reducir su constante elástica y aumentar la altura de conducción del vehículo.

**[0008]** Generalmente, se ha reconocido que es preferible tener una constante elástica más rígida cuando un vehículo tiene una carga pesada que cuando tiene una carga ligera, puesto que la frecuencia natural del sistema de masa/resorte puede mantenerse relativamente constante. La frecuencia natural es la entrada física que siente realmente el pasajero y se describe como  $\omega = \sqrt{k/m}$  donde  $k$  es la rigidez o constante de elasticidad del resorte, y  $m$  es la masa. Si la masa aumenta, entonces la constante elástica del resorte también debe aumentar proporcionalmente para mantener la misma frecuencia natural y mantener similar la entrada de alteraciones al pasajero. Se han concebido una serie de disposiciones de resorte no lineales que, básicamente, proporcionan dos constantes elásticas de resorte con un punto de cruce a una carga predeterminada, que por razones prácticas se implementa físicamente mediante un desplazamiento de resorte. La patente US3773346 concedida a Scheublein *et al.* describe un sistema de suspensión de vehículo que incorpora resortes helicoidales que proporcionan un cambio de constante a un desplazamiento predeterminado de manera que se modifica la frecuencia natural a medida que aumenta o disminuye la carga. De forma similar, la patente US6357771 concedida a Clements *et al.* ofrece un método alternativo para conseguir una característica de suspensión de doble constante elástica utilizando un elemento de barra de torsión primaria en serie con un elemento tensionador de resorte helicoidal que proporciona una resistencia elástica a la rotación de la barra de torsión hasta que se excede una fuerza predeterminada. La patente US7549658 concedida a Kunert *et al.* describe una disposición de barra de torsión y resorte helicoidal similar a la de la patente US6357771, pero estando la barra de torsión dispuesta en el interior de la masa suspendida principal operada por una varilla de presión. También se han empleado sistemas de suspensión de doble constante elástica pasivos en los que los elementos de barra de torsión están dispuestos coaxialmente en serie entre sí, como se describe en la patente US6945522 concedida a Eschelman y la patente US5687960 concedida a Moon. La patente US5 839742 concedida a Holt describe un enfoque adicional para proporcionar una suspensión de doble constante elástica utilizando una disposición operada por leva que emplea dos superficies en ángulo distintas en la leva del impulsor de resorte. La patente US5 839742 también añade un aspecto adaptable utilizando un actuador para alterar la relación entre el recorrido de la rueda y la leva del impulsor de resorte, de manera que el cambio de la doble constante elástica se pueda controlar activamente.

**[0009]** Se han implementado sistemas de suspensión de modo múltiple, adaptables y totalmente activos, y la mayoría no son más que el control de válvulas electrónicas de los amortiguadores. Como se ha descrito anteriormente, el amortiguador es un componente secundario de la suspensión y realmente no ofrece una opción entre constantes elásticas del resorte suaves y rígidas y el cambio relativo en la frecuencia natural que resulta. La patente US4913457 concedida a Häfner *et al.* reivindica un sistema de suspensión adaptable que monitoriza de forma continua la carga de la rueda y regula el nivel de la carrocería del vehículo y/o las características de amortiguación de los amortiguadores. Este sistema es un enfoque adaptable sofisticado, pero de nuevo no controla la constante elástica del resorte real y, por lo tanto, la frecuencia natural de la masa suspendida. La patente US5725239 concedida a de Molina describe un sistema de suspensión adaptable para vehículos de motor que incorpora una disposición de neumática que conecta resortes neumáticos con amortiguadores de fluido y proporciona circuitos de presión elevada y baja que dan como resultado dos constantes elásticas de resorte y frecuencias de conducción diferentes. Aunque este es el objetivo final de un sistema de suspensión de modo dual selectivo, el uso de resortes neumáticos no es deseable para un vehículo de alto rendimiento debido a su peso, complejidad, dificultad para lograr la ley de Hooke de respuesta de constante lineal y poca fiabilidad en relación con los dispositivos de almacenamiento de energía metálicos. La patente US6923434 concedida a Schisler describe de forma similar un resorte neumático que proporciona un ajuste de la altura de conducción y de la constante elástica del resorte utilizando cámaras de manguito de goma que se pueden presurizar de forma ajustable. Por lo tanto, el resorte neumático está adaptado, para proporcionar una constante elástica del resorte relativamente baja a una altura inferior y una constante elástica del resorte relativamente alta a una altura mayor. Además de las deficiencias asociadas a los resortes neumáticos anteriormente descritos, la configuración de la patente US6923434 proporciona la relación opuesta de lo que se requiere en un vehículo de alto rendimiento, que es una constante elástica del resorte baja en una altura de conducción alta y una constante elástica del resorte alta en una altura de conducción baja.

**[0010]** Del mismo modo, la patente FR1153797 concedida Kraus proporciona un medio para mantener una altura de conducción estable para un coche de carreras utilizando una barra de torsión y un resorte helicoidal en serie, junto con un cilindro neumático y un pistón en paralelo con el resorte helicoidal. Para compensar el peso cambiante del combustible,

el sistema comienza con una presión alta en el cilindro neumático descargando efectivamente el resorte helicoidal. Esto crea la mayor masa del vehículo que soporta la fuerza del resorte de la suspensión y la rigidez total de la suspensión, sosteniendo de esta manera el vehículo a la altura de conducción correcta con el depósito lleno. A medida que se agota el combustible, la presión en el cilindro neumático se reduce gradualmente alterando de esta manera la constante elástica del resorte neumático de modo que la rigidez combinada del resorte helicoidal y el cilindro neumático desciende, incluso con el resorte helicoidal que se acopla de forma progresiva.

[0011] En la técnica se describen otros muchos sistemas de suspensión de doble constante elástica adaptables y manuales, pero ninguno capaz de proporcionar la característica requerida de un vehículo de rendimiento que utiliza dispositivos metálicos de almacenamiento de energía como resortes de torsión, helicoidales o de ballesta.

## 10 SUMARIO

[0012] En un ejemplo de modo de realización, un sistema de suspensión de vehículo de doble constante elástica conmutable selectivamente que comprende una configuración de resorte interior accionado por una varilla de empuje, orientada convencionalmente entre la masa no suspendida y la masa suspendida de una esquina del vehículo, que comprende un resorte de barra de torsión de una primera constante elástica predeterminada, K1, y un resorte helicoidal de una segunda constante elástica predeterminada, K2, dispuestos en serie para proporcionar una constante elástica del resorte total combinada KT. Un actuador de bloqueo está dispuesto en paralelo con el resorte helicoidal y está configurado de manera que, en un primer modo, permite el movimiento libre del resorte helicoidal y, en un segundo modo, evita el movimiento del resorte helicoidal de manera que, cuando el actuador de bloqueo se encuentra en un primer modo desbloqueado, la constante elástica del resorte total de la suspensión del vehículo se define por la ecuación de serie  $1/KT = 1/K1 + 1/K2$ , y cuando el actuador de bloqueo se encuentra en un segundo modo bloqueado, la constante elástica del resorte total de la suspensión del vehículo es sustancialmente superior según se define por  $KT = K1$ , proporcionando de esta manera de forma selectiva un ajuste óptimo de confort de conducción de constante elástica baja y un ajuste óptimo de manejo de constante elástica alta.

[0013] En otro modo de realización de cualquiera de los anteriores, el actuador de bloqueo comprende un cilindro hidráulico y un circuito hidráulico que abre y cierra selectivamente una conexión entre dos volúmenes dentro del cilindro hidráulico para proporcionar un primer modo desbloqueado y un segundo modo bloqueado.

[0014] En otro modo de realización de cualquiera de los anteriores, el actuador de bloqueo comprende un cilindro hidráulico y un circuito hidráulico que abre y cierra selectivamente una conexión entre dos volúmenes dentro del cilindro hidráulico para proporcionar un primer modo desbloqueado y un segundo modo bloqueado, adicionalmente, el circuito hidráulico está configurado para accionar el actuador hidráulico para que impulse el resorte helicoidal a una posición predeterminada de manera que se pueda prescribir la altura de conducción del vehículo, en el modo de constante elástica del resorte K1.

[0015] En otro modo de realización de cualquiera de los anteriores, el actuador de bloqueo comprende un cilindro hidráulico y un circuito hidráulico que abre y cierra selectivamente una conexión entre dos volúmenes dentro del cilindro hidráulico para proporcionar un primer modo desbloqueado y un segundo modo bloqueado, adicionalmente, el circuito hidráulico está configurado para accionar el actuador hidráulico para que impulse el resorte helicoidal a una posición predeterminada de manera que la altura de conducción del vehículo, en el modo de constante elástica del resorte K1, pueda ser relativamente menor que en el modo de constante elástica del resorte  $1/K1 + 1/K2$ .

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0016] La exposición puede entenderse en mayor profundidad en referencia a la siguiente descripción detallada cuando se tiene en cuenta con los dibujos adjuntos en los cuales:

La figura 1 es una vista esquemática de un modo de realización de suspensión dado a conocer en una esquina de un vehículo.

La figura 2 es una vista en perspectiva ampliada de un actuador de bloqueo hidráulico utilizado en la suspensión mostrada en la figura 1.

La figura 3 es una vista transversal del actuador de bloqueo hidráulico mostrado en la figura 2.

La figura 4 es un esquema de un ejemplo de modo de realización de un circuito de control hidráulico utilizado con la suspensión mostrada en la figura 1.

La figura 5 es una vista esquemática de un ejemplo de modo de realización de un circuito de control hidráulico utilizado para proporcionar una altura de conducción inferior deseada para proporcionar un ajuste de manejo deseado.

[0017] Los modos de realización, ejemplos y alternativas de los párrafos anteriores, las reivindicaciones o la siguiente descripción y dibujos, incluyendo cualquiera de sus diversos aspectos o sus respectivas funciones individuales, se pueden

considerar de manera independiente o en cualquier combinación. Las funciones descritas en relación con un modo de realización se pueden aplicar a todos los modos de realización, a menos que dichas funciones sean incompatibles.

**DESCRIPCIÓN DETALLADA**

5 **[0018]** Por consiguiente, en vista de las limitaciones de los sistemas de suspensión adaptables de la técnica anterior y, de forma más específica, de los que utilizan resortes de doble constante elástica, sería ventajoso proporcionar una disposición seleccionable completamente automática que permita cambiar la constante elástica del resorte y la altura de conducción entre dos modos de funcionamiento distintos independientemente de la altura de conducción o la carga del vehículo. Este tipo de enfoque proporciona un método para elegir entre un ajuste óptimo de manejo del vehículo, caracterizado por una frecuencia natural relativamente superior y una altura de conducción baja, y un ajuste óptimo de confort de conducción, caracterizado por una frecuencia natural relativamente inferior y una altura de conducción alta.

10 **[0019]** La presente invención utiliza el principio simple de la mecánica en el que dos resortes, que obedecen la ley de respuesta de constante lineal de Hooke, cuando se colocan en serie, actúan como un solo resorte de Hooke con una constante lineal más baja que cualquiera de los resortes individuales. Dos resortes de constante  $K_1$  y  $K_2$  colocados extremo con extremo en serie devolverán una constante elástica del resorte total,  $K_T$ , descrita por la siguiente ecuación simple:

15 
$$1/K_T = 1/K_1 + 1/K_2 \quad \text{(Ecuación 1)}$$

**[0020]** En un modo de realización primario de la presente invención, el medio de almacenamiento de energía de una esquina de un vehículo comprende un resorte de barra de torsión de una primera constante elástica predeterminada,  $K_1$ , y un resorte helicoidal de una segunda constante elástica predeterminada,  $K_2$ , dispuestos en serie y orientados convencionalmente entre la masa no suspendida y la masa suspendida. De esta manera, en un primer modo de funcionamiento, la constante elástica del resorte total de la suspensión es  $K_T$  como se describe por la ecuación de serie. También se incluye un actuador hidráulico, con una función de bloqueo, en paralelo con el resorte helicoidal de manera que, a demanda, la constante  $K_2$  se pueda bloquear y de esta manera la constante elástica del resorte total de la suspensión se convierta en  $K_1$ . De forma adicional, el actuador hidráulico puede accionarse para impulsar el resorte helicoidal a una posición predeterminada de manera que se pueda prescribir la altura de conducción del vehículo, en el modo de constante elástica del resorte  $K_1$ .

20 **[0021]** La figura 1 ilustra el modo de realización primario de la presente invención instalado en una esquina de un vehículo que utiliza suspensión de doble horquilla para el control del movimiento y un medio de almacenamiento de energía accionado por una varilla de empuje interior. Un resorte de barra de torsión **10** es accionado convencionalmente por una disposición de varilla de empuje **100** y balancín **101**. El resorte de barra de torsión **10** es impulsado desde el centro de rotación del balancín **101** y la varilla de empuje **100** está conectada a un eje de suspensión **107** en el extremo opuesto a su unión al balancín **101**. Una rueda **105**, neumático **106**, conjunto de frenos **108** y el eje **107** forman una esquina no suspendida de un vehículo que está unida a la estructura del vehículo mediante una serie de varillajes de control de movimiento **110**, **111**, **112** y **113** que han sido configurados para limitar el movimiento de la esquina no suspendida a un único grado de libertad, a lo largo de una trayectoria de movimiento predeterminada y funcionalmente deseable. Cuando la esquina no suspendida se mueve a través de su trayectoria de movimiento, hace girar el balancín **101** mediante la varilla de empuje **100** e induce un par motor en el resorte de barra de torsión **10**. Un amortiguador **13**, como un amortiguador de choques convencional, está conectado entre la estructura de soporte del vehículo y el balancín **101**, alejado del eje longitudinal del resorte de barra de torsión **10**, para amortiguar el movimiento de la esquina no suspendida. Debe entenderse que el amortiguador **13** puede incorporarse en el sistema en una configuración diferente si se desea.

30 **[0022]** En un primer modo de funcionamiento, el movimiento giratorio del balancín **101** almacena o libera energía de deformación en la combinación del resorte de barra de torsión **10** y el resorte helicoidal **11** dispuestos en serie de manera que el resorte helicoidal **11** es desplazado por el movimiento giratorio en el extremo distal del resorte de barra de torsión **10** mediante un brazo de accionamiento **12**. El resorte helicoidal **11** está anclado a la estructura del vehículo en el extremo opuesto al brazo de accionamiento **12** mediante una junta esmerilada **16**. En un primer modo de funcionamiento, la constante elástica del resorte combinada que actúa en la esquina no suspendida del vehículo,  $K_{cr}$ , se define mediante la siguiente ecuación:

40 
$$1/K_{cr} = 1/K_{bt} + 1/K_{rh} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

45 **[0023]** Donde  $K_{bt}$  es la constante elástica del resorte de barra de torsión **10** y  $K_{rh}$  es la constante elástica del resorte helicoidal **11**. Esta ecuación devuelve una constante elástica del resorte combinada ( $K_{cr}$ ) que es menor que cualquiera de las constantes individuales y, por lo tanto, una frecuencia natural más baja da como resultado un ajuste óptimo del confort de conducción.

50 **[0024]** En un segundo modo de funcionamiento, un actuador de bloqueo hidráulico **15**, configurado coaxialmente con el resorte helicoidal **11**, se activa para que se comporte como una conexión sólida y evita la compresión del resorte helicoidal **11**. De esta manera, el movimiento giratorio del balancín **101** almacena o libera energía de deformación solo en el resorte de barra de torsión **10** ya que su extremo distal ahora está anclado a la estructura del vehículo mediante el actuador de bloqueo activo **15**. En este segundo modo de funcionamiento, la constante elástica del resorte en la esquina no suspendida del vehículo,  $K_{cr}$ , se define de la siguiente manera:

$$K_{cr} = K_{bt}$$

(Ecuación 3)

[0025] En este segundo modo de funcionamiento, la constante elástica del resorte que actúa sobre la esquina no suspendida del vehículo aumenta sustancialmente con respecto al primer modo de funcionamiento, lo que aumenta la frecuencia natural y proporciona un ajuste de manejo óptimo.

5 [0026] El actuador de bloqueo hidráulico **15** se ilustra con más detalle en la figura **2**, y se construye a partir de un cuerpo **22**, un árbol **20**, una horquilla de árbol **21**, una junta esmerilada **16**, una placa de resorte superior **24**, una percha de resorte inferior **27** y una tapa de colector hidráulico **26**. Se proporciona una arandela de retención **23** entre el árbol **20** y la placa de resorte superior **24**, como se muestra mejor en la figura 3. La junta esmerilada **16** se monta en la estructura del vehículo mediante un perno o elemento de fijación similar y la horquilla de árbol **21** está unida de forma giratoria al punto exterior del brazo de accionamiento **12**. El resorte helicoidal **11** está colocado coaxialmente alrededor del árbol **20** y el cuerpo **22** del actuador de bloqueo **15**, con un extremo soportado por la percha de resorte inferior **27** y el otro sujeto en precarga por la placa de resorte superior **24**. En la figura 3 se muestra un detalle adicional de cómo el árbol **20** del actuador de bloqueo hidráulico **15** está unido rígidamente a un pistón cilíndrico **25**, que está adaptado para desplazarse dentro de un agujero cilíndrico **29**. De esta manera, el agujero cilíndrico **29** está dividido en dos volúmenes operativos variables **30** y **35** que se llenan con un fluido hidráulico adecuado. La tapa de colector hidráulico **26** está dispuesta internamente para proporcionar una trayectoria hidráulica **31** entre el volumen hidráulico superior **30** y un primer orificio externo **32** y el volumen hidráulico inferior **35** y un segundo orificio externo **36**.

10 [0027] En el primer modo de funcionamiento, los dos orificios externos **32** y **36** están conectados directamente entre sí y, por lo tanto, el fluido hidráulico puede fluir libremente entre los dos volúmenes hidráulicos **30** y **35**. De esta manera, el pistón cilíndrico **25** puede moverse libremente dentro del agujero cilíndrico **29** y, por lo tanto, no se impide el movimiento del resorte helicoidal **11**, lo que le permite actuar en serie con el resorte de barra de torsión **10**.

15 [0028] En el segundo modo de funcionamiento, los dos orificios externos **32** y **36** están bloqueados entre sí y, por lo tanto, el fluido hidráulico no puede fluir entre los dos volúmenes hidráulicos **30** y **35**. De esta manera, el pistón cilíndrico **25** no puede moverse dentro del agujero cilíndrico **29** y, por lo tanto, el resorte helicoidal **11** está bloqueado y, por consiguiente, solo el resorte de barra de torsión **10** puede almacenar la energía impartida por el movimiento de suspensión.

20 [0029] En la figura 4 se ilustra un esquema del circuito de control hidráulico utilizado para abrir y cerrar la conexión entre los dos orificios externos, **32** y **36**, del actuador de bloqueo hidráulico **15**. Una válvula hidráulica **40** controlada eléctricamente de dos orificios y dos posiciones se conecta entre el primer orificio externo **32** y el segundo orificio externo **36** mediante conductos hidráulicos **33** y **37** respectivamente. La válvula hidráulica **40** está configurada para estar normalmente abierta de manera que los conductos hidráulicos **33** y **37** estén conectado directamente sin bloqueo. En esta configuración, el fluido hidráulico puede fluir libremente entre los dos volúmenes hidráulicos **30** y **35**. De esta manera, el pistón cilíndrico **25** puede moverse libremente dentro del agujero cilíndrico **29**.

25 [0030] Cuando se imparte una señal eléctrica adecuada en la válvula hidráulica **40**, cambia a una posición cerrada, o bloqueada, y el fluido hidráulico no puede fluir entre los dos conductos hidráulicos **33** y **37** y, por consiguiente, los volúmenes hidráulicos **30** y **35**, respectivamente. De esta manera, el pistón cilíndrico **25** no puede moverse dentro del agujero cilíndrico **29**. Además, por motivos de funcionamiento práctico, se introduce un compensador **50** en el circuito hidráulico dentro del conducto hidráulico **33** para proporcionar un volumen para el fluido hidráulico desplazado por el árbol **20** que entra en el actuador de bloqueo hidráulico **15** para almacenarse. El compensador **50** consta de un volumen de almacenamiento hidráulico **51**, un pistón flotante **53** y un volumen de gas presurizado **52** configurado para que cuando el árbol **20** entra en el actuador de bloqueo hidráulico **15**, cuando la válvula hidráulica **40** se encuentra en su posición normalmente abierta, el fluido hidráulico desplazado por el árbol **20** se almacene en el volumen de almacenamiento hidráulico **51**. Cuando el árbol **20** sale del actuador de bloqueo hidráulico **15**, cuando la válvula hidráulica **40** se encuentra en su posición normalmente abierta, el fluido hidráulico en el volumen de almacenamiento **51** es forzado de vuelta al actuador de bloqueo hidráulico **15** por el volumen de gas presurizado **52**. Cuando se indica eléctricamente que la válvula hidráulica **40** se cierre, entonces el pistón **25** se bloquea para evitar que se mueva hacia dentro según se requiera para anular el resorte helicoidal **11**.

30 [0031] De esta manera, el resorte helicoidal **11** puede bloquearse de forma seleccionable y, por lo tanto, la constante elástica del resorte total que actúa en la esquina del vehículo,  $K_{cr}$ , cambiarse activamente entre dos modos distintos de funcionamiento, independientemente de la altura de conducción o la carga del vehículo. Esta disposición proporciona un método para elegir entre un ajuste óptimo de manejo, caracterizado por una frecuencia natural relativamente superior y un ajuste óptimo de confort de conducción, caracterizado por una frecuencia natural relativamente inferior. Como una cuestión de aplicación práctica en un vehículo de cuatro ruedas, se puede implementar un sensor de posición en cada uno de los cuatro actuadores de bloqueo **15** de cada esquina de suspensión, de manera que las cuatro válvulas hidráulicas **40** asociadas puedan cambiarse a sus posiciones cerradas, o bloqueadas, de forma coordinada para mantener las alturas de conducción coincidentes.

35 [0032] En otro modo de realización de la presente invención, se introduce una fuente de presión hidráulica, como una bomba o acumulador, que permite impulsar el pistón cilíndrico **25** del actuador de bloqueo hidráulico **15** hasta una posición

predeterminada para asegurar que las cuatro esquinas del coche está a una altura de conducción coincidente y optimizada para los requisitos de conducción y manejo del vehículo.

**[0033]** Haciendo referencia a la figura 1, cuando el resorte helicoidal **11** y el resorte de barra de torsión **10** actúan en serie, en el primer modo de funcionamiento, la altura de conducción de la esquina del vehículo está determinada por su masa de esquina y la constante elástica del resorte en serie total combinada. La configuración inicial de la altura de conducción se ajusta normalmente extendiendo o retrayendo la varilla de empuje **100** mediante un manguito de rosca o una disposición similar. Cuando se activa el actuador de bloqueo hidráulico **15** y se bloquea el resorte helicoidal **11**, la altura de conducción media aumenta de forma natural, sin intervención adicional, ya que la masa de esquina permanece igual, pero la constante elástica del resorte total aumenta sustancialmente. Esta mayor altura de conducción es lo opuesto a lo que se desea para conseguir un manejo óptimo, puesto que una mayor frecuencia natural y una altura de conducción inferior ofrece una combinación superior. La figura 5 muestra un esquema de un circuito hidráulico que proporciona una altura de conducción inferior predeterminada ideal cuando el resorte helicoidal **11** está bloqueado y se ha aumentado la frecuencia natural para proporcionar un ajuste de manejo óptimo. Una válvula hidráulica **40** controlada eléctricamente de dos orificios y dos posiciones está conectada entre el primer orificio externo **32** y el segundo orificio externo **36** del actuador de bloqueo hidráulico **15** mediante conductos hidráulicos **33** y **37**, respectivamente. La válvula hidráulica **40** está configurada para estar normalmente abierta de manera que los conductos hidráulicos **33** y **37** estén conectados directamente sin bloqueo. En esta configuración, el fluido hidráulico puede fluir libremente entre los dos volúmenes hidráulicos **30** y **35**. De esta manera, el pistón cilíndrico **25** puede moverse libremente dentro del agujero cilíndrico **29**. Como se ha descrito anteriormente, por motivos de funcionamiento práctico, se introduce un compensador **50** en el circuito hidráulico dentro del conducto hidráulico **37** para proporcionar un volumen para el fluido hidráulico desplazado por el árbol **20** que entra en el actuador de bloqueo hidráulico **15** para almacenarse. De manera adicional, se proporciona una bomba hidráulica **62**, o fuente de presión similar, que extrae fluido hidráulico de baja presión de un reservorio **63** y lo suministra a un conducto hidráulico **38**. Una segunda válvula hidráulica **60** controlada eléctricamente de dos orificios y dos posiciones está conectada entre los conductos hidráulicos **38** y **33**. La válvula hidráulica **60** está configurada para estar normalmente cerrada de manera que la presión creada por la bomba hidráulica **62** no entra en el conducto hidráulico **33**. Una tercera válvula hidráulica **61** controlada eléctricamente de dos orificios y dos posiciones está conectada entre el conducto hidráulico **37** y el reservorio **63**. La válvula hidráulica **61** está configurada para estar normalmente cerrada de manera que el conducto hidráulico **37** normalmente está bloqueado desde el reservorio. De forma adicional, se introduce una válvula de descarga de presión **200** controlada automáticamente entre la válvula hidráulica **61** y el reservorio **63** para mantener una presión mínima predeterminada en el conducto hidráulico **37** y los volúmenes hidráulicos **35** y **51**. Cuando se imparte de forma simultánea una señal eléctrica adecuada en las válvulas hidráulicas **40**, **60** y **61**, cambian todas de estado y la válvula hidráulica **40** cambia a una posición cerrada, o bloqueada, y el fluido hidráulico no puede fluir entre los dos conductos hidráulicos **33** y **37** y, por consiguiente, los volúmenes hidráulicos **30** y **35**, respectivamente. De forma adicional, la válvula hidráulica **60** cambia a una posición abierta y el fluido hidráulico de alta presión puede fluir directamente hacia el volumen hidráulico **30** mediante el conducto hidráulico **33**, y la válvula hidráulica **61** también cambia a una posición abierta y el fluido hidráulico en el volumen **35** puede fluir al reservorio **63** mediante el conducto hidráulico **37** y la válvula de descarga de presión **200**. La válvula de descarga de presión **200** está configurada para mantener una presión en el conducto hidráulico **37** que evita que el compensador **50** descargue su volumen de almacenamiento hidráulico **51** cuando la válvula hidráulica **61** cambia a una posición abierta. De esta manera, el pistón cilíndrico **25** es impulsado a una posición totalmente retraída dentro del agujero cilíndrico **29** del actuador de bloqueo hidráulico **15** mediante una presión prescrita para ser considerablemente mayor que la generada por las cargas de suspensión del vehículo. Se proporciona además un tope ajustable **39** para que la posición retraída del actuador de bloqueo hidráulico **15** se pueda adaptar para adecuar la altura de conducción correcta del vehículo en su segundo modo de funcionamiento con el resorte helicoidal **11** bloqueado.

**[0034]** De esta manera, el resorte helicoidal **11** se puede bloquear de manera seleccionable y, por lo tanto, la constante elástica del resorte total que actúa en la esquina del vehículo,  $K_{cr}$ , cambiarse activamente entre dos modos de funcionamiento distintos, con alturas de conducción predeterminadas de manera independiente. Esta disposición proporciona un método para elegir entre un ajuste óptimo de manejo, caracterizado por una frecuencia natural relativamente superior y una altura de conducción baja, y un ajuste óptimo de confort de conducción, caracterizado por una frecuencia natural relativamente inferior y una altura de conducción superior. El sistema accionado hidráulicamente descrito también asegura que las cuatro esquinas alcancen adecuadamente sus alturas de conducción correctas a una velocidad y sincronización predeterminadas para no alterar la estabilidad del vehículo.

**[0035]** De forma adicional, el amortiguador **13** puede disponerse simplemente para ser accionado por el balancín **101** de manera convencional. El amortiguador también se puede configurar para ser adaptable, como se conoce en la técnica, de modo que, como la acción de la constante elástica del resorte total en la esquina del vehículo,  $K_{cr}$ , se cambia activamente entre dos modos, las características de amortiguación puedan adaptarse de forma adecuada a la frecuencia natural seleccionada.

**[0036]** Debe entenderse que, aunque se ha dado a conocer una disposición de sistema concreta en los modos de realización ilustrados, otras disposiciones se beneficiarán de ello. Por ejemplo, el sistema de suspensión de vehículo descrito podría alterarse de manera que se utilice una segunda barra de torsión en lugar del resorte helicoidal **11**, estando el actuador de bloqueo colocado entre las dos barras de torsión. El actuador de bloqueo podría ser una máquina eléctrica en lugar del dispositivo hidráulico que se ha descrito. A pesar de que los distintos ejemplos presentan componentes

específicos representados en las ilustraciones, los modos de realización de la presente invención no están limitados a esas combinaciones concretas. A pesar de que se ha dado a conocer un modo de realización de ejemplo, un experto en esta materia reconocerá que pueden realizarse determinadas modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones. Por dicho motivo, las siguientes reivindicaciones deben estudiarse con el fin de determinar su verdadero alcance y contenido.

5

**[0037]** Asimismo, debe entenderse que, a pesar de que se da a conocer una disposición de componentes concreta en el modo de realización ilustrado, otras disposiciones se beneficiarán de ello. Aunque se muestran, se describen y se reivindican secuencias de etapas concretas, debe entenderse que las etapas se pueden llevar a cabo siguiendo cualquier orden, separadas o combinadas a no ser que se indique lo contrario, y aun así se beneficiarán de la presente invención sin alejarse del alcance de las reivindicaciones.

10

**[0038]** A pesar de que los distintos ejemplos presentan componentes específicos representados en las ilustraciones, los modos de realización de la presente invención no están limitados a esas combinaciones concretas. Resulta posible utilizar algunos de los componentes o funciones de uno de los ejemplos combinados con funciones o componentes de otro de los ejemplos sin alejarse del alcance de las reivindicaciones.

15

**[0039]** A pesar de que se ha dado a conocer un ejemplo de modo de realización, un experto en esta materia reconocerá que pueden realizarse determinadas modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones. Por dicho motivo, las siguientes reivindicaciones deben estudiarse con el fin de determinar su verdadero alcance y contenido.

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema de suspensión de vehículo de doble constante elástica conmutable selectivamente que comprende:

5

una configuración de resorte interior accionado por una varilla de empuje (100), orientada convencionalmente entre la masa no suspendida y la masa suspendida de una esquina del vehículo, que comprende un resorte de barra de torsión (10) de una primera constante elástica predeterminada,  $K_1$ , y un resorte helicoidal (11) de una segunda constante elástica predeterminada,  $K_2$ , dispuestos en serie para proporcionar una constante elástica del resorte total combinada  $K_T$ ;

10

un actuador de bloqueo (15), dispuesto en paralelo con el resorte helicoidal (11) y configurado de manera que, en un primer modo, permite el movimiento libre del resorte helicoidal (11) y, en un segundo modo, evita el movimiento del resorte helicoidal (11); y

15

de manera que, cuando el actuador de bloqueo (15) se encuentra en un primer modo desbloqueado, la constante elástica del resorte total de la suspensión del vehículo se define por la ecuación de serie  $1/K_T = 1/K_1 + 1/K_2$ , y cuando el actuador de bloqueo (15) se encuentra en un segundo modo bloqueado, la constante elástica del resorte total de la suspensión del vehículo es sustancialmente superior según se define por  $K_T = K_1$ , proporcionando de esta manera de forma selectiva y conmutable un ajuste óptimo de confort de conducción de constante elástica baja y un ajuste óptimo de manejo de constante elástica alta.

2. Sistema de suspensión de vehículo de doble constante elástica conmutable selectivamente de la reivindicación 1, donde el actuador de bloqueo (15) comprende un cilindro hidráulico (29) y un circuito hidráulico que abre y cierra selectivamente una conexión entre dos volúmenes (30, 35) dentro del cilindro hidráulico (29) para proporcionar un primer modo desbloqueado y un segundo modo bloqueado.

20

3. Sistema de suspensión de vehículo de doble constante elástica conmutable selectivamente de la reivindicación 1, donde el actuador de bloqueo (15) comprende un cilindro hidráulico (29) y un circuito hidráulico que abre y cierra selectivamente una conexión entre dos volúmenes (30, 35) dentro del cilindro hidráulico (29) para proporcionar un primer modo desbloqueado y un segundo modo bloqueado, adicionalmente, el circuito hidráulico está configurado para accionar el actuador hidráulico (15) para que impulse el resorte helicoidal (11) a una posición predeterminada de manera que se pueda prescribir la altura de conducción del vehículo, en el modo de constante elástica del resorte  $K_1$ .

25

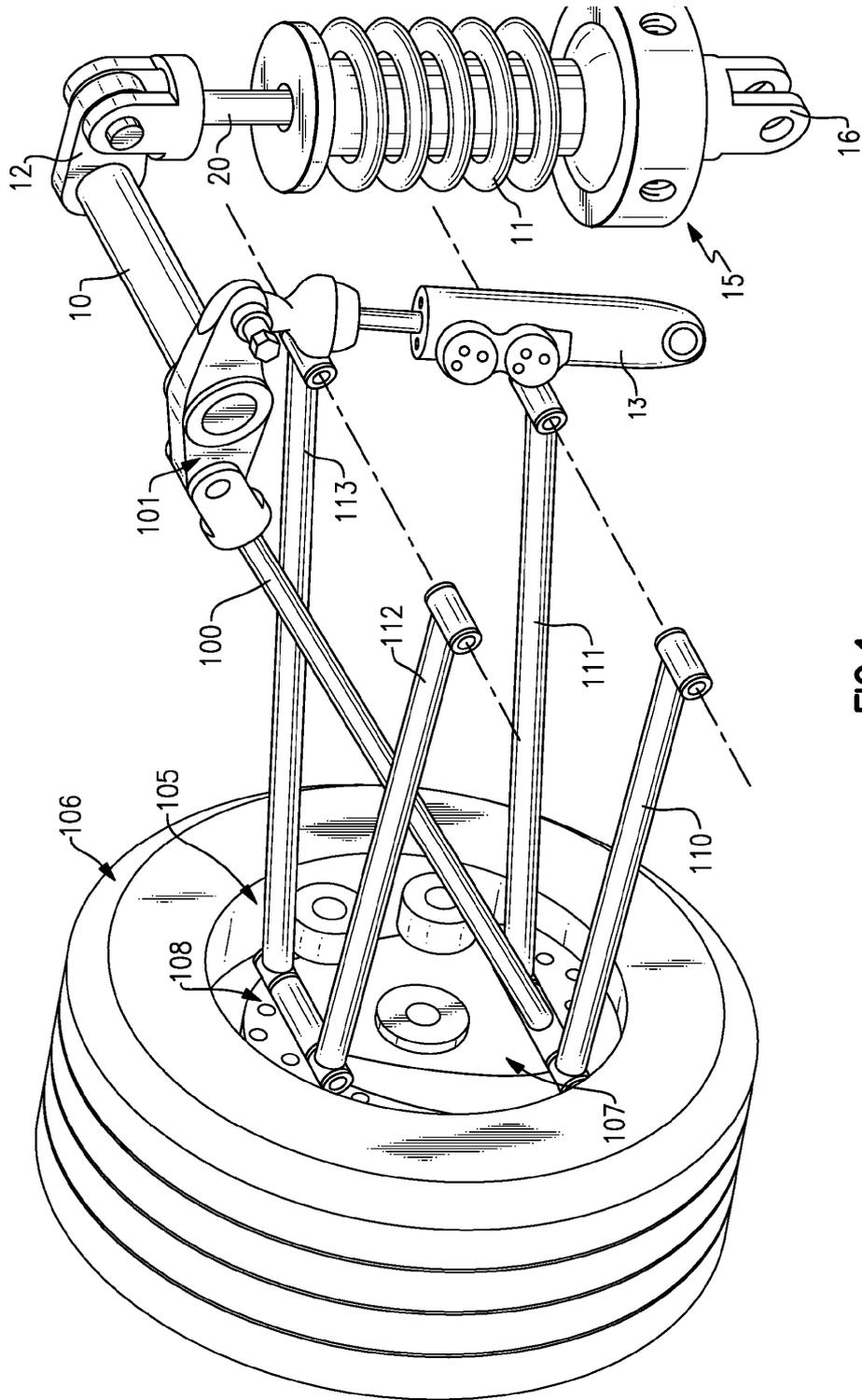
4. Sistema de suspensión de vehículo de doble constante elástica conmutable selectivamente de la reivindicación 1, donde el actuador de bloqueo (15) comprende un cilindro hidráulico (29) y un circuito hidráulico que abre y cierra selectivamente una conexión entre dos volúmenes (30, 35) dentro del cilindro hidráulico (29) para proporcionar un primer modo desbloqueado y un segundo modo bloqueado, adicionalmente, el circuito hidráulico está configurado para accionar el actuador hidráulico (15) para que impulse el resorte helicoidal (11) a una posición predeterminada de manera que la altura de conducción del vehículo, en el modo de constante elástica del resorte  $K_1$ , pueda ser relativamente menor que en el modo de constante elástica del resorte  $1/K_1 + 1/K_2$ .

30

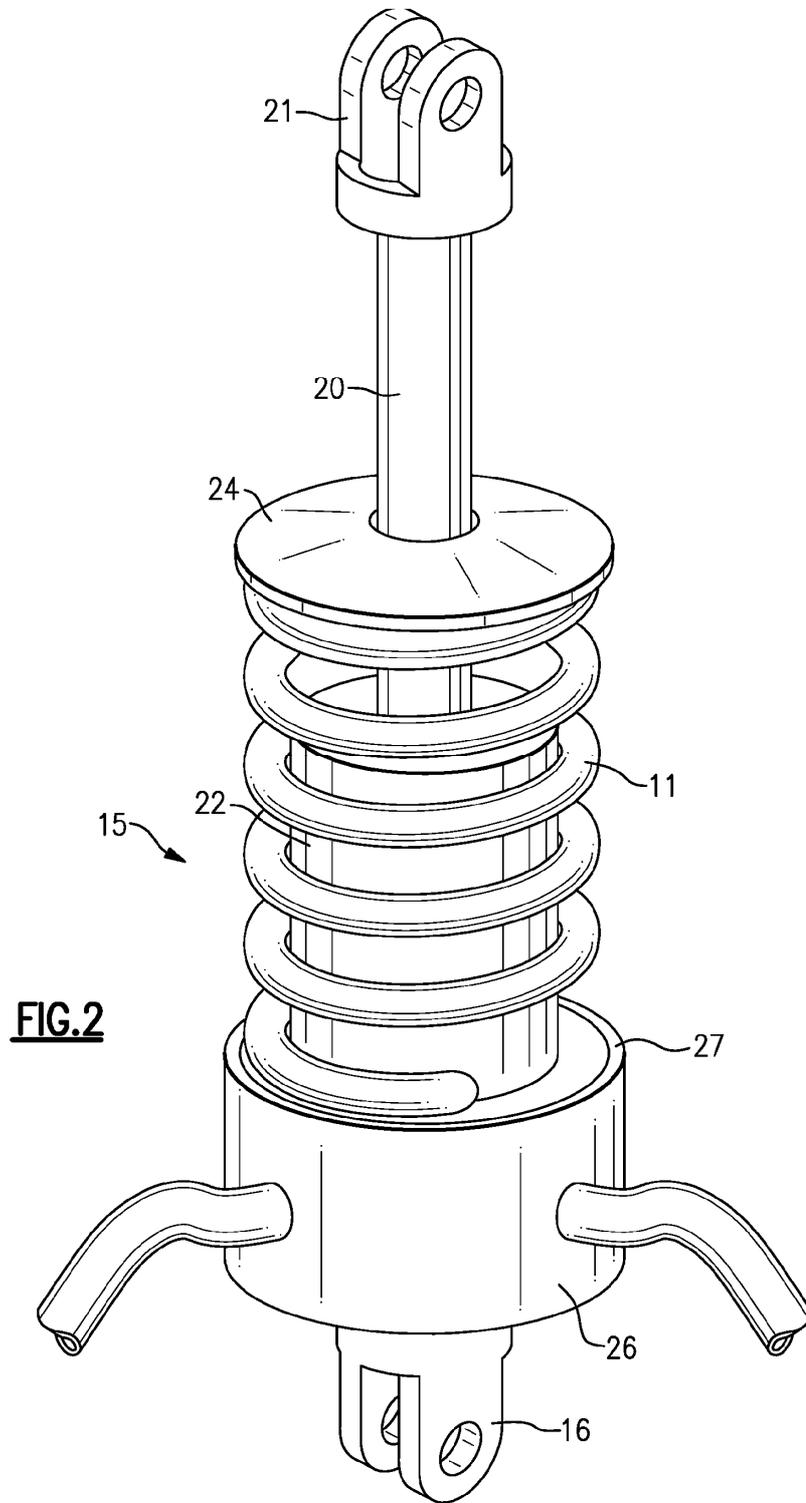
35

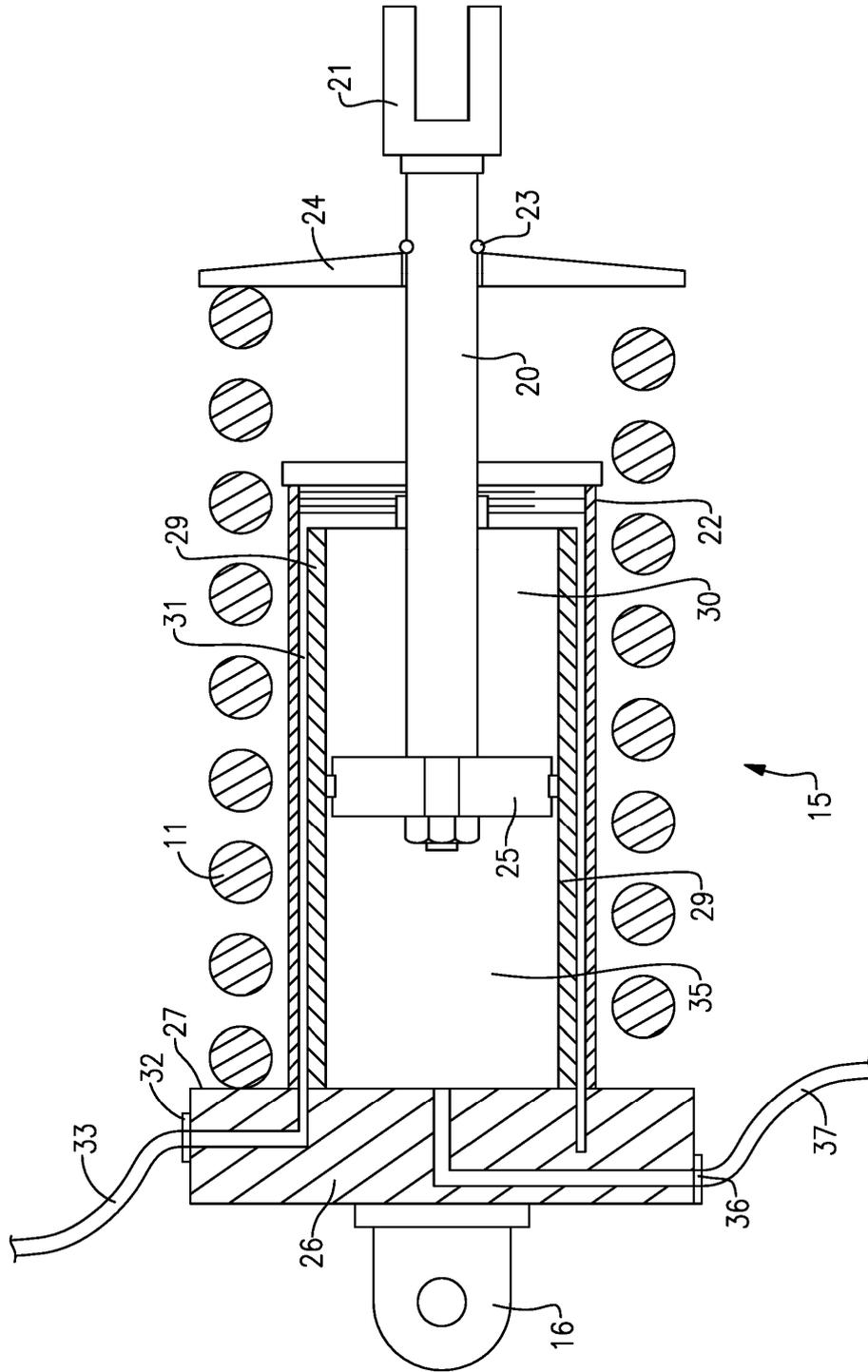
5. Sistema de suspensión de doble constante elástica conmutable selectivamente de la reivindicación 4, donde el resorte helicoidal (11) está comprimido en la posición predeterminada para hacer que la altura de conducción sea relativamente inferior.

40

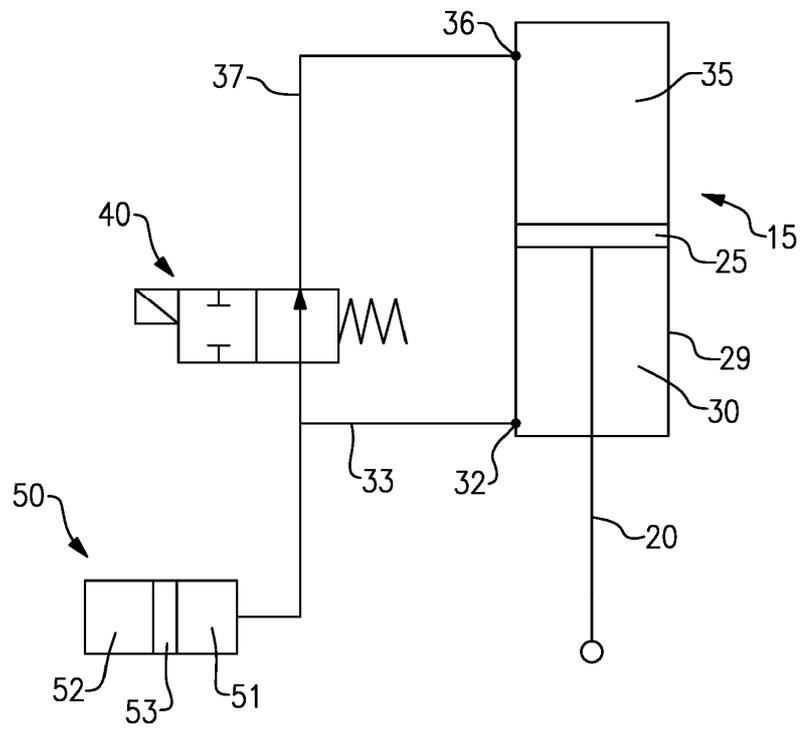


**FIG.1**





**FIG. 3**



**FIG.4**

